

NATALIA MARIA DE SOUZA

**TOLERÂNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS NA FASE DE
MICROSPOROGÊNESE EM GENÓTIPOS DE ARROZ
IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Luis Sangoi

**LAGES, SC
2015**

Souza, Natalia Maria de
Tolerância a baixas temperaturas na fase de
microsporogênese em genótipos de arroz irrigado /
Natalia Maria de Souza. - Lages, 2015.

93 p.: il.; 21 cm

Orientador: Luis Sangoi
Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. *Oryza sativa*. 2. Emborrachamento. 3.
Frio. 4. Esterilidade. I. Souza, Natalia Maria
de. II. Sangoi, Luis. III. Universidade do Estado
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal. IV. Tolerância a baixas
temperaturas na fase de microsporogênese em
genótipos de arroz irrigado

Ficha catalográfica elaborada pela aluna.

NATALIA MARIA DE SOUZA

**TOLERÂNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS NA FASE DE
MICROSPOROGÊNESE EM GENÓTIPOS DE ARROZ
IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador:

Ph.D. Luis Sangoi
CAV – UDESC

Membros:

Dr. Clovis Arruda de Souza
CAV - UDESC

Ph.D. Paulo Regis Ferreira da Silva
UFRGS

Dr. Ronaldir Knoblauch
EEI – EPAGRI

Lages, SC, 30/07/2015

Aos meus avós, Nair e Arminho (*in memoriam*). Aos meus pais, Ivonete e Daniel, que sempre acreditaram em mim. Aos meus irmãos, Daniela e Ricardo, ao meu afilhado Mateus, à minha sobrinha Thayna e ao meu noivo James, fonte de amor, carinho, apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela presença constante na minha vida, por guiar meus passos, me auxiliar nas decisões e escolhas, pela proteção sempre dada e pelas oportunidades colocadas em meu caminho.

Aos meus pais Ivonete e Daniel, os melhores pais do mundo, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e me deram forças para que eu continuasse, apesar de qualquer dificuldade. A eles agradeço pelo dom da vida e pelo amor incondicional. Obrigada por serem meus pais, obrigada por serem meu exemplo, obrigada por tudo. Eu amo muito vocês!

Aos meus irmãos Daniela e Ricardo, por todo o carinho, compreensão, apoio, companheirismo, presença na minha vida e por terem me proporcionado a honra de ser madrinha e tia. Eu amo vocês!

Ao meu sobrinho e afilhado Mateus e a minha sobrinha Thayna, por cada abraço, beijo, demonstração de carinho e amor e por cada vez que me chamaram de “dindinha” e “tia Naty”. Eu amo vocês meus lindos anjinhos.

Ao meu noivo James, por ter entrado na minha vida no momento em que eu mais precisava, por ser uma pessoa tão especial, pelo apoio, carinho, amor e dedicação em todo momento, e por somar e planejar nossas vidas e nosso futuro juntos. Eu te amo, meu amor!

Ao professor e ‘pai’ Luis Sangoi pela oportunidade de trabalhar juntos e principalmente pela excelência na orientação, no incentivo e dedicação durante todo o curso.

Aos membros do grupo de trabalho *Zea mays* e *Oryza sativa*, sob orientação do pai Luis Sangoi, os quais são como irmãos, irmãos científicos. Obrigada pela convivência, amizade e oportunidade de trabalhar juntos.

À Epagri – Estação Experimental de Itajaí (EEI) pela parceria, disponibilidade e ajuda no desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Aos pesquisadores e funcionários do Projeto Arroz, especial ao Dr. Rubens Marschalek, pela co-orientação durante o mestrado, e por todo conhecimento transmitido. À Dra. Gabriela, Dr. Ronaldir, Dr. Alexander, Dra. Ester, Samuel, Geovani, Gildo, a todos os funcionários de campo e estagiários, pela amizade, disponibilidade, atenção e transmissão de conhecimentos.

Ao CAV-UDESC, onde concluí minha graduação e estou concluindo o mestrado, bem como aos professores e funcionários que fizeram parte da minha formação acadêmica.

À equipe do Laboratório de Análise de Sementes e a professora Cileide, pelo empréstimo de aparelhos para realização de análises.

A todos os amigos que fiz durante meus estudos no CAV: Aline, Milton, Angélica, Luciele, Allan, Fernando, Murilo, Lilian, Beatriz, Patrícia, Mylene, Talita, Jaqueline, Renata M., Giselle, Renata C., Danielle, Cíntia e Rúbia. Obrigada pela companhia e amizade sempre!

A todos que de alguma forma me incentivaram e apoiaram nestes dois anos de mestrado, que talvez não tenham sido citados, mas que quero que recebam minha gratidão.

Muito obrigada!

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde à maioria não chega, faça aquilo que a maioria não faz.”

Bill Gates

RESUMO

O arroz é muito sensível a baixas temperaturas na fase reprodutiva, principalmente na microsporogênese. Nesta etapa fenológica, temperaturas abaixo de 17°C podem esterilizar as espiguetas, causando grandes decréscimos de produtividade. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de baixas temperaturas na fase de microsporogênese sobre o aumento da esterilidade de espiguetas e a produção de grãos de genótipos de arroz irrigado. O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da Epagri em Itajaí, SC, durante o ano agrícola de 2013/14. O trabalho foi implantado em baldes e conduzido em casa de vegetação e câmara de crescimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram dispostos num fatorial 5 x 5 x 2, com três repetições. O primeiro fator correspondeu aos genótipos. Foram avaliadas as linhagens SC 681, SC 491 e SC 676 e as cultivares Epagri 109 e SCS116 Satoru. O segundo fator correspondeu às temperaturas. Cada genótipo foi submetido por três dias na fase de microsporogênese a cinco temperaturas: 9, 12, 15, 18 e 21°C. Para cada temperatura, houve também uma testemunha mantida a temperatura ambiente na casa de vegetação, correspondente ao terceiro fator. Após a colheita, realizou-se a contagem e a pesagem de espiguetas cheias e vazias, determinando-se a percentagem de esterilidade, a produção de grãos e a massa de 1.000 grãos. Os dados foram avaliados através da análise de variância, usando o teste F. Quando os valores de F foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e pela análise de regressão polinomial, ambos ao nível de significância de 5%. As maiores taxas de esterilidade e a menor produção de grãos e massa de 1.000 grãos foram observadas quando os genótipos foram submetidos à faixa de temperatura de 9 a 12°C na fase da

microsporogênese. A temperatura de 15°C apresentou efeito menos significativo que as menores temperaturas testadas. Na faixa de temperatura de 18 a 21°C, o comportamento das variáveis foi similar ao denotado pelas testemunhas mantidas em casa de vegetação, evidenciando que estas temperaturas não ocasionaram estresse significativo. A linhagem SC 676 apresentou menores taxas de esterilidade, maior produção de grãos e maior massa de 1.000 grãos nas menores temperaturas avaliadas no trabalho. Portanto, esta linhagem apresentou maior tolerância às baixas temperaturas na fase da microsporogênese, mostrando-se promissora para gerar uma cultivar que tenha adequado desempenho agrônômico em regiões brasileiras onde é comum a ocorrência de frio na fase reprodutiva da cultura.

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

ABSTRACT

Rice is very sensitive to low temperatures during the reproductive phase, especially in microsporogenesis. At this phenological stage, temperatures below 17°C can sterilize the spikelets, causing great productivity decrease. This study was carried out aiming to evaluate the effect of low temperatures during microsporogenesis on spikelet sterility and grain production of irrigated rice genotypes. The experiment was set in the Experimental Station of Epagri, Itajaí, SC, during the 2013/14 growing season. The trial was set in buckets placed in greenhouse and growth chamber. A completely randomized experimental design was used. Treatments were arranged in a 5 x 5 x 2 factorial design with three replications. The first factor corresponded to the genotypes. The inbreeds SC 681, SC 491 and SC 676 and the cultivars Epagri 109 and SCS 116 Satoru were tested. Each genotype was submitted for three days during microsporogenesis to five temperatures: 9, 12, 15, 18 and 21°C, corresponding to the second factor. For each temperature, there was also a control maintained at ambient temperature in the greenhouse, corresponding to the third factor. After harvesting, full and empty spikelets were counted and weighted in order to determine the percentage of spikelet sterility, grain production and grain mass. Data were evaluated by the Variance Analysis, using the F test. When the F values were significant, averages were compared by the Tukey's test and regression analysis, both at the 5% significance level. The highest spikelet sterility percentage, lower grain production and smaller 1.000 grain mass were observed when the genotypes were submitted temperatures of 9 and 12°C during microsporogenesis. Temperature of 15°C showed less significant effects on these variables than lower temperatures tested. At temperatures of 18 and 21°C, the behavior of most

variables was similar to the control kept in the greenhouse, showing that these temperatures did not stress the plants. The inbred SC 676 presented lower percentage of spikelet sterility, higher productivity and the greater mass of 1.000 grains at the lower temperatures evaluated in the trial. Therefore, this inbred had higher tolerance to low temperatures at microsporogenesis, presenting good perspective to generate a future cultivar capable of showing an adequate agronomic performance at production regions where is common to have cold problems hampering rice growth and development.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Epagri.....	30
Figura 2 – Espécies de arroz.....	32
Figura 3 – Evolução da área, produção e produtividade de arroz irrigado no RS, SC e Brasil.....	35
Figura 4 – Características das plantas de <i>Oryza sativa</i>	37
Figura 5 – Estádios fenológicos da cultura do arroz.....	37
Figura 6 – Estádios de desenvolvimento da plântula de arroz.....	38
Figura 7 – Estádios de desenvolvimento vegetativo de arroz.....	39
Figura 8 – Estádios de desenvolvimento reprodutivo de arroz.....	41
Figura 9 – Estabilização das plantas de arroz irrigado por balde em quatro momentos: da semeadura ao segundo desbaste.....	51
Figura 10 – Ponto de marcação dos perfilhos de arroz irrigado na fase da microsporogênese.....	52
Figura 11 – Plantas de arroz irrigado submetidas ao frio na câmara de crescimento.....	53
Figura 12 – Plantas de arroz irrigado, em desenvolvimento, na casa de vegetação.....	54
Figura 13 – Soprador de grãos com ar forçado.....	54
Figura 14 – Contador de grãos.....	55
Figura 15 – Escala de gessamento de grãos de arroz.....	56
Figura 16 – Efeito da temperatura sobre a percentagem de espiguetas estéreis dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	61
Figura 17 – Efeito da temperatura sobre a percentagem de espiguetas estéreis das panículas marcadas, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	64

Figura 18 –Efeito da temperatura sobre a produção de grãos dos bulks na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	65
Figura 19 –Efeito da temperatura sobre a produção de grãos das panículas marcadas, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	68
Figura 20 –Efeito da temperatura sobre a massa de 1.000 grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	70
Figura 21 –Efeito da temperatura sobre a massa de 1.000 grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperaturas críticas e ótimas para o desenvolvimento do arroz.....	44
Tabela 2 – Datas das aplicações de fertilizantes/ agroquímicos e estágio fenológico da cultura, na primeira época de semeadura....	57
Tabela 3 – Percentagem de esterilidade de espiguetas dos bulks em cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas na fase da microsporogênese, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.....	59
Tabela 4 – Percentagem de esterilidade de espiguetas das panículas marcadas em cinco genótipos de arroz irrigado em relação à testemunha, na média de cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.....	62
Tabela 5 – Percentagem de esterilidade de espiguetas das panículas marcadas submetidas a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	63
Tabela 6 – Produção de grãos dos bulks submetidos a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	64
Tabela 7 – Produção de grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado em relação à testemunha, na média de cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.....	66
Tabela 8 – Produção de grãos das panículas marcadas submetidas a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.....	67

Tabela 9 – Massa de 1.000 grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.....	69
Tabela 10 – Massa de 1.000 grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado submetidas a cinco temperaturas, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.....	71
Tabela 11 – Relação de grãos inteiros dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014..	74
Tabela 12 – Gessamento de grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014..	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAPSA	Associação Catarinense de Produtores de Sementes de Arroz Irrigado
CIAT	Centro Internacional da Agricultura Tropical
EEI	Estação Experimental de Itajaí
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IRGA	Instituto Rio Grandense de Arroz
IRRI	International Rice Research Institute
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SINDARROZ	Sindicato das Indústrias de Arroz de Santa Catarina
SOSBAI	Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1	A EPAGRI.....	26
2.1.1	Considerações gerais.....	26
2.1.2	Estação Experimental de Itajaí.....	27
2.1.3	Programa de melhoramento genético de arroz irrigado.....	28
2.2	A CULTURA DO ARROZ.....	31
2.2.1	Histórico.....	31
2.2.2	Importância do arroz.....	33
2.2.3	Crescimento e desenvolvimento.....	36
2.2.3.1	Desenvolvimento da plântula.....	38
2.2.3.2	Desenvolvimento vegetativo.....	38
2.2.3.3	Desenvolvimento reprodutivo.....	40
2.2.4	Colheita e beneficiamento.....	42
2.2.5	Exigências climáticas e tolerância ao frio.....	43
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1	ESTERILIDADE DE ESPIGUETAS.....	59
4.2	PRODUÇÃO DE GRÃOS.....	63
4.3	MASSA DE 1.000 GRÃOS.....	67
4.4	RELAÇÃO DE GRÃOS INTEIROS.....	73
4.5	GESSO DOS GRÃOS.....	74
5	CONCLUSÕES.....	78
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
	ANEXOS.....	90

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos alimentos mais importantes do mundo, sendo cultivado em vários países e consumido por bilhões de pessoas, incluindo-se na agricultura como um dos cereais de maior importância e mais cultivados. Pertence ao grupo dos alimentos energéticos, os quais são os principais fornecedores de calorias para que as funções do organismo sejam realizadas. É um alimento presente na base da pirâmide alimentar e deve ser consumido em maior quantidade em relação aos demais alimentos. Em função disto, o arroz é considerado o alimento com maior potencial para aumento de produção e combate à fome no mundo (EMBRAPA, 2002). Seu cultivo é feito em todo território brasileiro, ocupando posição de destaque do ponto de vista socioeconômico na comparação com outras culturas anuais cultivadas (SOSBAI, 2014). Por ser o arroz uma cultura de extrema importância, o melhoramento vegetal busca desenvolver cultivares com maior potencial produtivo e com características agrônômicas desejáveis.

A temperatura é um dos elementos meteorológicos de maior importância para crescimento, desenvolvimento e produtividade do arroz. Considerando o ciclo completo da cultura, a fase da microsporogênese é a mais sensível às baixas temperaturas, podendo causar esterilidade de espiguetas e, por consequência, diminuição da produtividade (SOSBAI, 2014).

A ocorrência de baixas temperaturas durante o desenvolvimento do arroz é comum no sul do Brasil, que alberga os dois maiores produtores deste cereal, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Como não há alternativas plausíveis para exercer o controle sobre as condições meteorológicas, e sabendo-se da ocorrência de baixas temperaturas durante o cultivo do arroz, é necessário encontrar formas de escape para que não haja perda de produtividade devido à ocorrência do

frio indesejado. Entre as alternativas existentes está a obtenção de cultivares tolerantes ao frio.

A ocorrência de baixas temperaturas coincidindo com a fase da microsporogênese em arroz é 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, tendo a fase da microsporogênese ocorrendo entre meados de janeiro até o final de fevereiro.

As altas produtividades obtidas atualmente se devem ao melhoramento genético realizado na cultura. Neste contexto, a Epagri é uma das empresas responsáveis por isso. Pode-se perceber a importância do melhoramento para o agricultor e a eficiente atuação da Epagri no processo. Para isso, é necessária a criação de cultivares mais produtivas, resistentes a pragas, doenças e acamamento, alta capacidade de perfilhamento, grande quantidade e qualidade de grãos e que sejam adaptadas aos diversos ambientes de cultivo e aos estresses ambientais que podem surgir durante o desenvolvimento da cultura. Tais características contribuem para a sustentabilidade econômica da cultura, garantindo a oferta de arroz a preços mais baixos para o consumidor, mas com maior lucro ao produtor.

É importante conduzir experimentos que forneçam subsídios para que sejam identificados genótipos com tolerância às baixas temperaturas na fase da microsporogênese, mitigando a redução da produtividade com a ocorrência do frio nesta fase crítica para temperatura, principalmente nas regiões do Alto Vale do Itajaí, onde é comum a ocorrência de baixas temperaturas durante o cultivo de arroz irrigado. Este tipo de trabalho permitirá que se estabeleça a temperatura que mais causa diminuição de produtividade para a cultura.

Os estudos e a busca de materiais mais tolerantes a estresses bióticos e abióticos devem ser intensificados para o desenvolvimento da cultura e para encontrar melhores cultivares para cada situação ambiental e de campo.

As hipóteses deste trabalho foram que a ocorrência de temperaturas abaixo de 18°C durante a fase de microsporogênese aumenta a esterilidade de espiguetas e reduz a produção de grãos do arroz irrigado, e que existem diferenças entre genótipos de arroz irrigado quanto à tolerância às baixas temperaturas na fase de microsporogênese.

Com base nisto, o trabalho foi conduzido tendo por objetivo avaliar o efeito da redução da temperatura na fase da microsporogênese sobre a esterilidade de espiguetas e produção de grãos em genótipos de arroz irrigado produzidos pela Epagri. Além disto, objetivou-se também determinar a temperatura mínima que os genótipos suportam sem que haja redução significativa de rendimento, identificando materiais com maior tolerância a baixas temperaturas na fase da microsporogênese.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A EPAGRI

2.1.1 Considerações gerais

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) é vinculada ao governo do estado por meio da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca e foi criada em 1991, após serem incorporadas em apenas uma instituição a Empasc, Acaresc, Acarpesc e o Iasc (EPAGRI, 2015). A empresa é estruturada por:

- Uma sede administrativa, localizada em Florianópolis;
- 23 gerências regionais, distribuídas por todo o estado, que administram 293 escritórios municipais;
- 14 unidades de pesquisa e dois campos experimentais;
- Nove estações experimentais;
- Um Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar – Cepaf;
- Um Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola – Cepa;
- Um Centro de Excelência em Informação de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia – Ciram;
- Um Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca – Cedap;
- Um Parque Ecológico Cidade das Abelhas – Peca;
- Três unidades de beneficiamento de sementes;
- 12 centros de treinamento.

Os objetivos da Epagri são promover a preservação, recuperação, conservação e a utilização sustentável dos recursos naturais, buscar a competitividade da agricultura catarinense no mercado mundial, além de promover melhoria da qualidade de vida do meio rural e pesqueiro.

2.1.2 Estação Experimental de Itajaí

A Estação Experimental de Itajaí (EEI) teve suas bases lançadas em 1975. Em 1976 já existiam trabalhos de pesquisa sendo desenvolvidos na área de 121,57 ha, às margens da Rodovia Antônio Heil, km 6. Em 1979 deu-se o início da construção da sede atual da EEI que ficou concluída em 1981, comportando administração, escritórios de pesquisadores, laboratórios e auditório. Em 1991, com a incorporação das empresas, formando a Epagri, a EEI passou a abrigar técnicos e o pessoal administrativo ligado à extensão rural. Atualmente o corpo técnico da EEI é constituído por 20 pesquisadores (informação verbal fornecida pelo Dr. Rubens Marschalek). Os trabalhos realizados estão concentrados em quatro programas: Projeto Arroz, Fruticultura Tropical, Hortaliças e Flora Catarinense (REBELO, 2011).

As pesquisas realizadas na EEI têm gerado centenas de publicações científicas e técnicas, tendo reconhecimento nacional e internacional pela excelência desta unidade, que executa um terço das atividades de pesquisa científica da Epagri. São desenvolvidas na EEI atividades de pesquisa, difusão de tecnologia, formação de capital intelectual, cursos profissionalizantes e palestras.

A EEI apresenta importante papel também na formação de estudantes, pela visitação anual de mais de mil alunos e por apresentar ambiente favorável ao desenvolvimento de estágios e trabalhos de pesquisa para acad micos de diversos cursos superiores e de p s-graduação, mantendo vínculo de trabalho com diversas instituições, empresas e universidades com as quais possui parceria para desenvolver projetos e trabalhos (REBELO, 2011).

2.1.3 Programa de melhoramento genético de arroz irrigado

Na Epagri – EEI são desenvolvidos vários projetos e trabalhos com arroz irrigado. Entre eles, destaca-se o Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado, que é um dos principais programas relacionados à cultura no Brasil.

Este programa iniciou em 1976 e desde então lançou 21 cultivares para o cultivo em Santa Catarina, o que foi decisivo para aumentar a produtividade no estado. Estas cultivares são plantadas em 85% da área correspondente à produção orizícola catarinense, além de serem utilizadas em outras regiões do Brasil e em países como o Paraguai, Argentina e Bolívia. Nas décadas de 70 e 80, as variedades cultivadas em SC, que haviam sido trazidas da Europa pelos imigrantes, foram sendo substituídas por cultivares modernas, vindas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), International Rice Research Institute (IRRI) e Centro Internacional da Agricultura Tropical (CIAT) (MARSCHALEK et al., 2008).

O conhecimento, por parte do produtor, das exigências das cultivares contribui para elevar a lucratividade, fazendo com que o produtor saiba das necessidades da cultivar e, por consequência, obtenha alta produtividade. Baseado nisto, o objetivo do programa é desenvolver cultivares do tipo “moderno”, ou seja, que apresentem grãos longo-finos de alta qualidade, tolerantes às doenças e pragas, alta produtividade e adaptadas ao sistema pré-germinado (NUNES, 2015b).

Inicialmente, o programa dependia quase totalmente da introdução de materiais advindos de instituições como o IAC, IRGA, IRRI, Embrapa, entre outros. Com o passar dos anos e a quantidade de genótipos obtidos pela Epagri, atualmente, a hibridação e a mutação são as principais formas de obtenção de linhagens e cultivares.

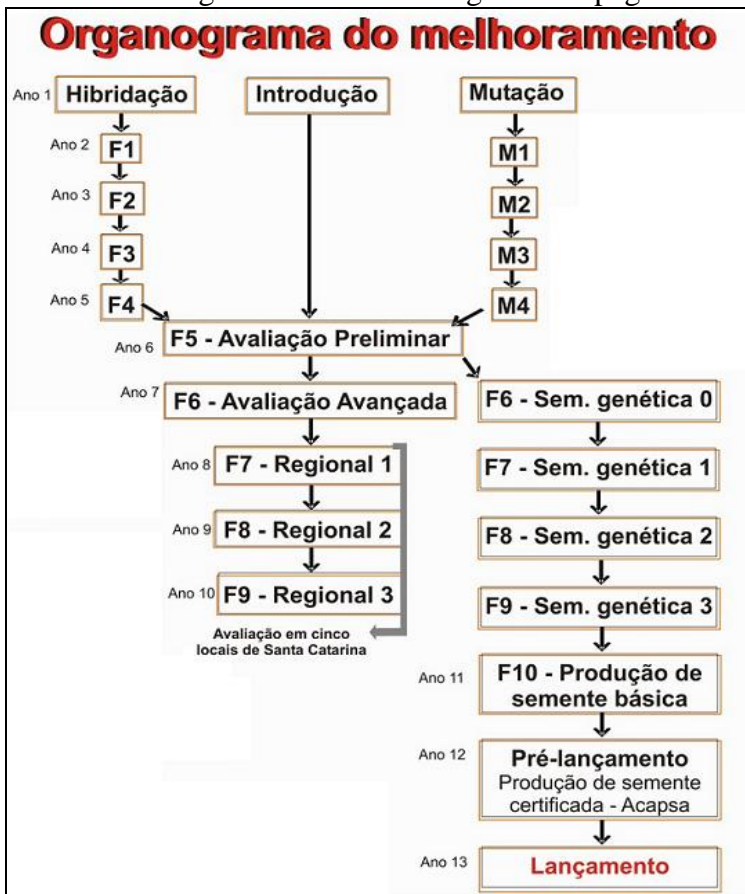
Marschalek et al. (2008) descreveram o organograma do melhoramento genético realizado na Epagri (Figura 1). Neste fluxograma estão representadas todas as etapas no desenvolvimento de uma cultivar melhorada na EEI. É relevante ressaltar que mais importante do que desenvolver uma tecnologia é tê-la claramente organizada com os passos a serem seguidos até obtenção do produto final. Isso evita perdas de matéria-prima e tempo ao longo do processo, bem como aumenta as chances de sucesso do resultado do empreendimento. Quando se trata de melhoramento genético, esta organização deve ser mais criteriosa, pois o caminho para obtenção de uma nova cultivar é longo e trabalhoso.

Atualmente, a hibridação é a principal fonte de variabilidade genética neste programa de melhoramento, que origina os recombinantes desejáveis, através de aproximadamente 350 cruzamentos e retrocruzamentos feitos anualmente (VIEIRA et al., 2007; MARSCHALEK et al., 2008). As sementes oriundas dos cruzamentos dão origem a geração F1, a partir das quais são geradas, anualmente, cerca de 50.000 a 150.000 plantas F2 e F3, ou seja, aproximadamente 300 famílias em F2 e 400 famílias em F3. As plantas selecionadas em F3 compõem os ensaios subsequentes, que incluem, anualmente, aproximadamente 300 famílias F4. Numa fase seguinte, 200 famílias F5 são geradas e irão compor o experimento preliminar. Posteriormente, de 30 a 50 linhagens F6 formam, a cada ano, o experimento avançado. Destas, aproximadamente 20 linhagens promissoras formam a geração F7, sendo testadas por três anos em cinco regiões produtoras de arroz em Santa Catarina.

Nesta fase, a parceria com o Sindicato das Indústrias de Arroz em Santa Catarina (Sindarroz) é de grande importância, pois é o Sindarroz que avalia as linhagens promissoras. Estas só podem ser lançadas como cultivares se apresentarem produtividade superior às cultivares atualmente em uso. Caso seja aprovada para lançamento, inicia-se a produção de

sementes certificadas pela Associação Catarinense de Produtores de Sementes de Arroz Irrigado (Acapsa). O lançamento da cultivar só é realizado quando há sementes certificadas disponíveis para o cultivo das áreas comerciais, o que geralmente demora de 12 a 13 anos após a hibridação (MARSCHALEK et al., 2008).

Figura 1 – Organograma do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Epagri.



Fonte: Marschalek et al., 2008.

2.2 A CULTURA DO ARROZ

O arroz é considerado um dos alimentos de maior importância na nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. Além disso, é o segundo cereal mais cultivado no mundo, apresentando área de produção de, aproximadamente, 158 milhões de hectares (SOSBAI, 2014). Cerca de 90% do arroz no mundo é produzido e consumido por países asiáticos. Essa produção concentrada na Ásia destaca a China e a Índia, responsáveis respectivamente por 30 e 22% da produção mundial (NUNES, 2015c). O Brasil é o 8º produtor mundial, com 1,8% da produção global (AGOSTINI, 2014).

2.2.1 Histórico

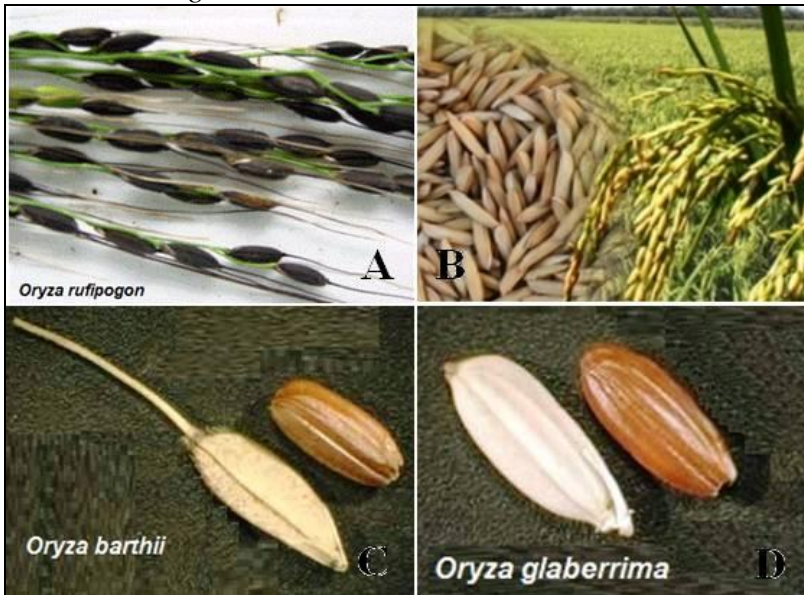
É provável que o arroz tenha sido o principal alimento e a primeira espécie cultivada na Ásia. Os registros mais antigos sobre a cultura do arroz foram encontrados na literatura chinesa há aproximadamente 5.000 anos. Nos dias atuais, o arroz está disseminado por todo mundo, sendo cultivado em todos os continentes e em cerca de 120 países. O Brasil está entre os dez maiores produtores e consumidores de arroz no mundo (FEDERARROZ, 2015).

Geneticistas e pesquisadores identificaram duas formas silvestres como precursores do arroz cultivado atualmente: a espécie *Oryza rufipogon*, derivada da Ásia, que deu origem a espécie *Oryza sativa*, sendo esta a principal espécie produzida e consumida no Brasil, e a espécie *Oryza barthii*, procedente da África Ocidental, que originou a espécie *Oryza glaberrima* (WANG et al., 2014). A Figura 2 apresenta os grãos produzidos por estas espécies.

Desde o Brasil Colônia, o arroz apresenta importância política, social e econômica, pois este cereal era utilizado na subsistência de colonizadores e escravos (NUNES, 2015d). Além disso, em 1766 a coroa portuguesa permitiu que fosse

instalada a primeira descascadora de arroz no Brasil, na capitania do Rio de Janeiro. Porém, em 1781, para proteger a produção local, os portugueses proibiram que o arroz consumido no Brasil fosse importado de outros países. Somente com a abertura dos portos, em 1808, é que o Brasil passou a receber maiores quantidades de arroz, contribuindo com a modificação dos hábitos alimentares da população. Com o passar dos anos, a produção brasileira de arroz foi aumentando para que suprisse as necessidades dos consumidores, reduzindo, conseqüentemente, a dependência na importação.

Figura 2 – Espécies de Arroz: **A** – *Oryza rufipogon*, **B** – *Oryza sativa*, **C** – *Oryza barthii*, **D** – *Oryza glaberrima*.



Fonte: Nunes, 2015c.

2.2.2 Importância do arroz

O arroz é o segundo cereal mais produzido no mundo, constituindo-se na cultura mais importante para a segurança alimentar (NEVES, 2010). É considerado alimento básico para mais da metade da população mundial, com aproximadamente 90% da sua produção na Ásia. Desconsiderando o continente asiático, o Brasil é o principal produtor de arroz do ocidente, seguido pelos Estados Unidos.

Este cereal sempre fez parte dos hábitos alimentares dos seres humanos, sendo considerado um alimento básico e essencial para uma dieta saudável, pois é fonte de energia advinda de proteínas e carboidratos.

O arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção, além de suprir 20% das calorias consumidas na alimentação humana (SOSBAI, 2014). Mesmo sendo um produto com grande volume produzido, possui pequeno comércio internacional.

Com relação à área cultivada, Santa Catarina obteve contínuo acréscimo em produção e produtividade até o início deste século. No entanto, nos últimos 10 anos a produtividade de arroz em Santa Catarina se manteve estável. Santa Catarina cultiva aproximadamente 150 mil hectares de arroz irrigado, sendo que esta área fica localizada em mais de 11 mil propriedades inclusas em 85 municípios (SOSBAI, 2014).

Santa Catarina destaca-se ainda na produção de sementes de alta qualidade. Além disso, a quantidade de sementes certificadas produzidas em Santa Catarina é suficiente para atender toda a demanda catarinense, sendo o excedente exportado para outros estados, principalmente para Rio Grande do Sul, Tocantins, Goiás e São Paulo (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

A produtividade obtida nas lavouras de arroz irrigado do sul do Brasil é similar ao de países tradicionais no cultivo desse cereal, mas fica abaixo do desempenho obtido nos EUA,

na Austrália e no Japão (SOSBAI, 2014). A produtividade média obtida em Santa Catarina é de 7.000 kg ha⁻¹, estando entre as maiores do Brasil. Porém, alguns produtores alcançam produtividade de até 14.000 kg ha⁻¹ em apenas um cultivo. O cultivo da soca é realizado em aproximadamente 26.000 ha e possui produtividade média de 1.600 kg ha⁻¹ (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

No Brasil, o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado, com aproximadamente 55% da produção nacional (MAPA, 2015). Na safra 2014/2015, o Rio Grande do Sul apresentou produtividade média de 7.500 kg ha⁻¹, enquanto Santa Catarina obteve produtividade média de 7.150 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). O arroz irrigado por inundação controlada produzido no RS e SC apresenta as maiores produtividades de lavoura e o grão com maior aceitabilidade no mercado consumidor (SINDARROZ, 2015). Em SC, onde predominam lavouras menores que no RS, o sistema empregado é o pré-germinado, cujas sementes previamente germinadas são semeadas em solo alagado.

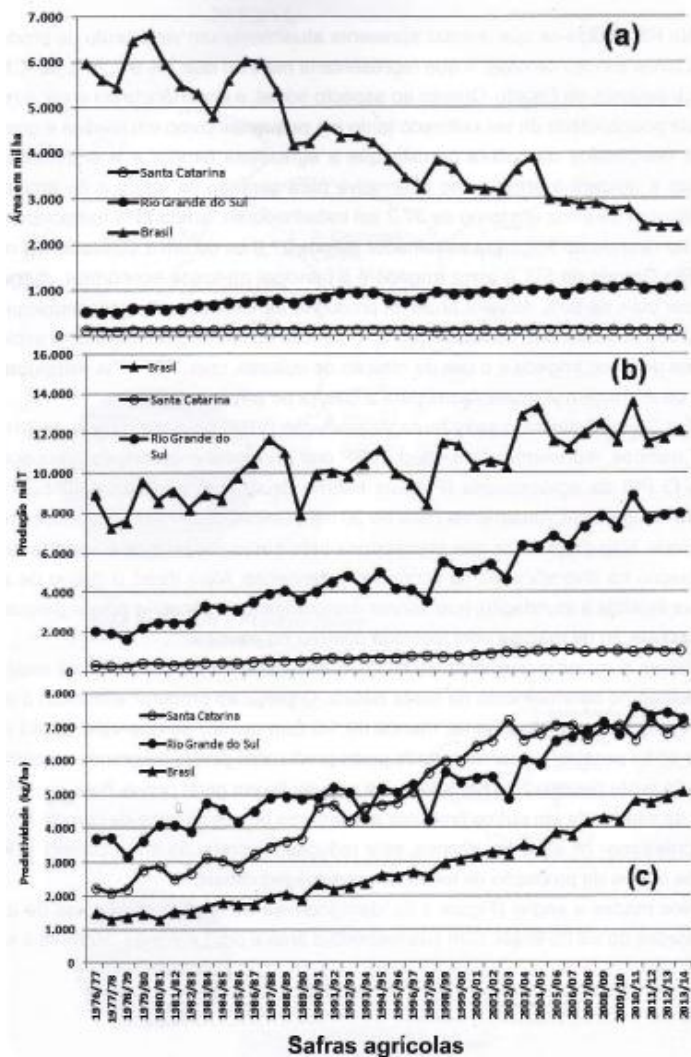
A área de cultivo do arroz tem diminuído no Brasil, mas está estável nos estados de SC e RS (SOSBAI, 2014). Com exceção de algumas safras atípicas, tem sido observado aumento, tanto na produção como na produtividade de arroz no sul do Brasil (Figura 3).

Quase todo arroz produzido pelos maiores produtores brasileiros deste cereal (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) apresenta grãos classificados como longo-fino e com alta qualidade de cocção, características que são exigidas no mercado brasileiro, principalmente nas regiões Sul e Sudeste (SOSBAI, 2014).

O arroz é uma cultura que se encontra presente em todas as regiões brasileiras e é consumida por todas as classes sociais. Ele possui grande importância sócio-econômica, sendo responsável por suprir à população brasileira com um considerável aporte de calorias e proteínas na sua dieta. Neste

sentido, o arroz fornece 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem (EMBRAPA, 2002).

Figura 3 – Evolução da área, produção e produtividade de arroz irrigado no RS, SC e Brasil.



Fonte: Sosbai, 2014.

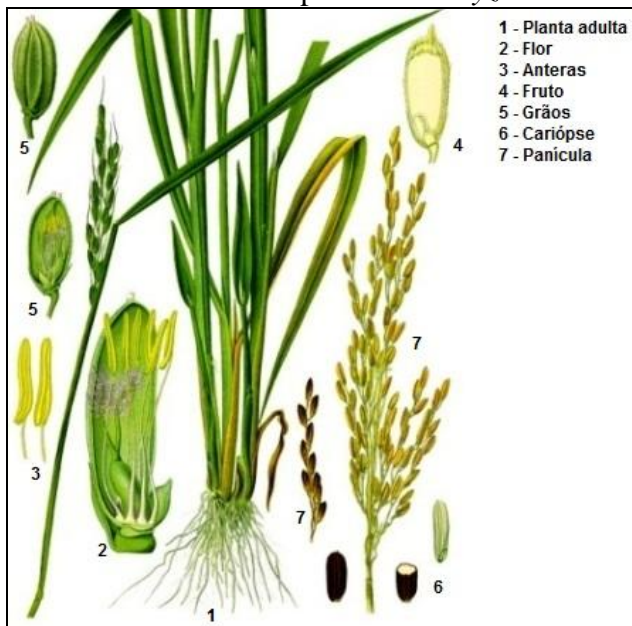
2.2.3 Crescimento e desenvolvimento

O arroz é uma *Poaceae* anual que apresenta mecanismo de fixação de carbono do tipo C_3 . Para expressar seu potencial produtivo, ele necessita de temperaturas entre 24 e 30°C e elevada radiação solar, desde que a disponibilidade hídrica não seja um fator limitante (EMBRAPA, 2015).

A planta de arroz é caracterizada por possuir entrenós ocos em função do parênquima aerenquimatoso que compõem o colmo, flores reduzidas de cor verde e cariopses, como frutos (PINHEIRO; HEINEMANN, 2015; SOSBAI, 2014). Morfologicamente, esses autores destacam que a planta de arroz possui radícula que persiste por um curto período de tempo após a germinação até ser substituída pelo sistema secundário de raízes adventícias, produzidas a partir dos nós inferiores de caules jovens. A primeira folha produzida pela planta (coleóptilo) é diferente das outras, por ser cilíndrica e não apresentar lâmina. A segunda folha e as demais são dispostas de forma alternada no colmo e surgem a partir das gemas dos nós. O caule tem composição de um colmo principal e um número variável de perfilhos. A panícula fica localizada no último entrenó do caule e é subtendida pela folha-bandeira (Figura 4).

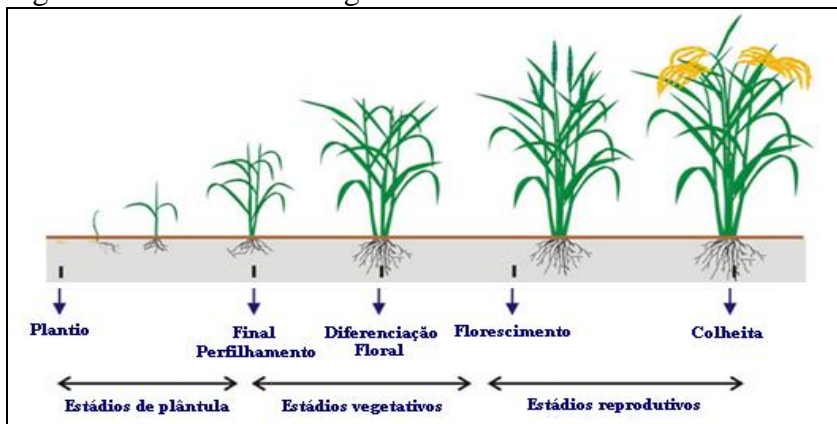
O desenvolvimento da planta pode ser dividido em três fases: plântula, vegetativa e reprodutiva (Figura 5). A duração de cada fase depende da cultivar, época de semeadura, região de cultivo e condições de fertilidade do solo. A duração do ciclo varia entre 100 e 140 dias para a maioria das cultivares em sistema inundado (NUNES, 2015a).

Figura 4 – Características das plantas de *Oryza sativa*.



Fonte: Nunes, 2015a.

Figura 5 – Estádios fenológicos da cultura do arroz.







Fonte: Pinheiro e Heinemann, 2013.

2.2.3.1 Desenvolvimento da plântula

A semente de arroz precisa absorver água para que ocorra a germinação. Quando as sementes são submetidas a condições ambientais de baixa umidade, normalmente a radícula é a primeira a emergir. Porém, em condições de semeadura em água, o coleóptilo pode ser o primeiro a emergir (Figura 6). Nesta etapa, a plântula se mantém a custa das reservas presentes no grão por 10 a 14 dias, já que as raízes seminais, originadas da semente, são responsáveis apenas por sua sustentação e absorção de água. Este sistema radicular é temporário e se degenera assim que surgem as raízes adventícias dos nós inferiores do colmo. Este sistema radicular passa a ser o principal mecanismo de fixação da planta ao solo e extração de nutrientes e água até o final do ciclo de desenvolvimento do arroz (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

Figura 6 – Estádios de desenvolvimento da plântula de arroz.

Estádio	S0	S1	S2	S3
Indicador morfológico	Semente não embebida	Emergência do coleóptilo ²	Emergência da radícula ¹	Emergência do perfilo do coleóptilo ²
Ilustração				














Fonte: Adaptado de Counce et al., 2000.

2.2.3.2 Desenvolvimento vegetativo

Após o estabelecimento da plântula, ela começa a desenvolver sua estrutura foliar, formando em cada nó uma

folha, de maneira alternada no colmo (Figura 7). Após a formação do colar da quarta folha do colmo principal, a planta começa a emitir perfilhos, que surgem dos nós do colmo de forma alternada.

Figura 7 – Estádios de desenvolvimento vegetativo de arroz.

Estádio	V1	V2	V3	V4	V5
Colmo principal	Formação do colar na 1ª folha	Formação do colar na 2ª folha	Formação do colar na 3ª folha	Formação do colar na 4ª folha	Formação do colar na 5ª folha
Ilustração					
Estádio	V6	V7	V8	V9 (VF - 4) ²	
Colmo principal	Formação do colar na 6ª folha	Formação do colar na 7ª folha	Formação do colar na 8ª folha	Formação do colar na 9ª folha	
Ilustração					
Estádio	V10 (VF - 3) ²	V11 (VF - 2) ²	V12 (VF - 1) ²	V13 (VF) ²	
Colmo principal	Formação do colar na 10ª folha	Formação do colar na 11ª folha	Formação do colar na 12ª folha	Formação do colar na 13ª folha	
Ilustração					

Fonte: Adaptado de Counce et al., 2000.

A capacidade de emitir perfilhos faz com que o arroz tenha plasticidade em relação às variações na densidade de semeadura, compensando populações baixas com maior número de perfilhos emitidos por planta. A capacidade de perfilhar depende da cultivar, densidade de semeadura, temperatura do solo, disponibilidade de nutrientes no solo e altura da lâmina de água de irrigação (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).











2.2.3.3 Desenvolvimento reprodutivo

Após ocorrência da diferenciação do primórdio da panícula, os entrenós iniciam a alongação rapidamente e a planta cresce a taxas muito elevadas (Figura 8). Este momento é crítico no desenvolvimento da planta, pois estão sendo formadas as espiguetas que definirão o número potencial de grãos por panícula. Por este motivo, é importante que a planta não sofra estresses nesse período, principalmente os causados por baixas temperaturas e deficiência nutricional.

O emborrachamento é o período que antecede a floração e onde ocorre a divisão das células-mães dos grãos de pólen. Este é o período mais crítico à ocorrência de temperaturas baixas. Por este motivo, 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 com autofecundação, cuja polinização ocorre primeiramente nas espiguetas superiores e segue para as espiguetas da base da panícula. Ventos quentes, úmidos ou secos afetam a fecundação dos estigmas, reduzindo, assim, o número de grãos formados (NUNES, 2015a). Isto também pode ocorrer se houver baixas temperaturas da água e do ar.

Figura 8 – Estádios de desenvolvimento reprodutivo de arroz.

	R0	R1	R2	R3	R4
identificador morfológico	Início da alongação dos internós	Ponto de algodão	Ponto de emborrachamento	Ponta da panícula está acima do colar da folha bandeira	Uma ou mais espiguetas atingiram a antese
Ilustração					
	R5	R6	R7	R8	R9
identificador morfológico	Pelo menos uma cariopse da panícula está alongando até a extremidade da casca	Início do aparecimento do grão leitoso	Início do aparecimento do grão pastoso	Início do aparecimento do grão duro	Todos os grãos que atingiram o R6 apresentam grão duro
Ilustração					

Fonte: Adaptado de Counce et al., 2000.

Os períodos correspondentes à formação e enchimento de grão variam de 30 a 40 dias, sendo essa diferença relacionada principalmente à variação de temperatura do ar. Os grãos passam pelas etapas de grão leitoso, pastoso e massa dura até que atinjam a maturação fisiológica quando possuem o maior acúmulo de massa seca. Até a maturidade de colheita, o grão sofre um processo físico de perda de umidade. 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).

2.2.4 Colheita e beneficiamento

Na fase de colheita, a grão está fisiologicamente maduro e apresenta uma umidade de 18 a 22%, permitindo uma colheita fácil e segura (NUNES, 2015e). Após a colheita ele sofre um processo de secagem para que a umidade final seja de aproximadamente 13%..

O ponto de colheita é determinado pela umidade do grão. Quando a lavoura tem produção de grãos destinados ao consumo, o teor de água no grão, na média da lavoura, deve ser próximo a 20% independente da cultivar. Porém, quando a produção é destinada a sementes, o recomendado é que a colheita seja iniciada quando os grãos apresentarem umidade de 22% (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

Após a colheita, a secagem dos grãos até 13% de umidade deve ser imediata. O atraso na colheita pode reduzir o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento para arroz branco, por aumentar o trincamento dos grãos na lavoura e durante o processo da trilha. Colheitas tardias também promovem perdas na qualidade das sementes (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

O beneficiamento é caracterizado pelo conjunto de operações na qual a semente é submetida desde a entrada na unidade de beneficiamento até a embalagem e distribuição, tendo objetivo de melhorar a aparência e pureza dos lotes, bem como proteger contra pragas e doenças. O processo do beneficiamento é compreendido basicamente pelas etapas de pré-limpeza, limpeza e classificação de sementes (EMBRAPA, 2001).

Os grãos de arroz são divididos nos subgrupos: integral, polido e parboilizado. Para obter o arroz branco polido clássico, o processo consiste na retirada da casca e do farelo, que representam, respectivamente, 22% e 10% do grão. Este grão de arroz representa aproximadamente 75% do arroz consumido no Brasil e no mundo. O integral é obtido pela simples retirada da casca, sendo a primeira forma de consumo do arroz. Por fim, o arroz parboilizado é obtido através de um tratamento somente com água e calor, gerando um grão de arroz mais rico em vitaminas e sais minerais, quando comparado ao grão de arroz branco (MAPA, 2015).

2.2.5 Exigências climáticas e tolerância ao frio

O arroz é uma cultura com ampla adaptação, podendo ser cultivado em regiões com características climáticas muito diversificadas. O cultivo é realizado em todos os continentes, com exceção da Antártica. De maneira geral, o arroz se comporta bem em regiões com temperaturas médias entre 20 e 35°C durante o ciclo vegetativo da cultura (PEDROSO, 1982).

O melhor desenvolvimento da cultura ocorre sob climas quentes e úmidos, tendo maior adaptação em regiões com alta umidade relativa do ar, grande intensidade de radiação solar e garantia de suprimento de água (CRUZ, 2010). Com base nisso, os fatores climáticos de maior importância para a cultura do arroz irrigado são a radiação solar, a água e a temperatura. Esses fatores influenciam a produtividade, pois afetam diretamente os processos fisiológicos envolvidos na produção de grãos e indiretamente a presença de plantas daninhas, pragas e doenças. Na Tabela 1, podem ser observadas as temperaturas ótimas e críticas em algumas fases de desenvolvimento da cultura.

A ocorrência de baixas temperaturas durante as fases críticas afetam a produtividade final. Na germinação, pode causar atraso e diminuição no percentual de germinação.

Ocorrendo nas fases iniciais, pode causar atraso no desenvolvimento, redução de estatura, amarelecimento de folhas e falha de estande. Baixas temperaturas na fase reprodutiva afetam a produtividade através da esterilidade de espiguetas (TORO, 2006). Os danos causados pela incidência de frio estão relacionados com diversos fatores, além da duração e intensidade do estresse térmico, como o manejo cultural, a cultivar implantada (SOUZA, 1990), a nutrição de plantas (OKABE; TORIYAMA, 1972), mas, principalmente, o estágio de desenvolvimento da planta.

Considerando a escala de Counce et al. (2000), o estágio R2, denominado microsporogênese, é considerado o mais sensível à ocorrência de baixas temperaturas (ROZZETO et al., 2013). Esta fase, também chamada de emborrachamento, ocorre de 7 a 14 dias antes da emissão de panículas.

Tabela 1 – Temperaturas críticas e ótimas para o desenvolvimento do arroz.

FASES DE DESENVOLVIMENTO	TEMPERATURA CRÍTICA (°C)*		
	MÍNIMA	MÁXIMA	ÓTIMA
Germinação	10	45	20 - 35
Emergência estabelecimento	12 - 13	35	25 - 30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25 - 28
Alongamento da folha	7 - 12	45	31
Perfilhamento	9 - 16	33	25 - 31
Diferenciação do primórdio floral	15	35	25 - 30
Emergência da panícula	15 - 20	38	25 - 28
Antese	22	35	30 - 33
Maturação	12 - 18	30	20 - 25

*Refere-se à temperatura média diária do ar, com exceção da fase de germinação

Fonte: Yoshida, 1981.

O aumento na esterilidade de espiguetas é o principal efeito da ocorrência de frio nesse período (EMBRAPA, 2001; LARROSA, 2008). Porém, podem ser observadas também má exserção da panícula e manchas nas espiguetas (FAGUNDES, 2009). Além disso, o frio pode reduzir a taxa fotossintética e a taxa de respiração de vários órgãos, prejudicando, conseqüentemente, a absorção de nutrientes (GARCIA et al., 2013).

Considerando genótipos tolerantes ao frio, a faixa crítica de temperatura para indução de esterilidade é de 15 a 17°C, enquanto que para genótipos sensíveis é de 17 a 19°C. Os genótipos respondem de maneira diferente em relação à tolerância ao frio, sendo que, geralmente, a subespécie *Japonica* apresenta maior tolerância quando comparada à subespécie *Indica* (SOSBAI, 2014). Devido a isso, regiões com maior ocorrência de baixas temperaturas geralmente utilizam cultivares da subespécie *Japonica* (MACKILL; LEI, 1997).

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 (PEDROSO, 1982). Trabalhos desenvolvidos por Rozzeto et. al. (2013), Kaw (1991) e Khan et. al. (1986) utilizaram temperaturas entre 15 e 20°C durante três a cinco dias.

A ocorrência de temperaturas baixas nos países produtores de arroz é um dos principais empecilhos para o desenvolvimento da cultura (CASTILLO; ALVARADO, 2002; KIM; TAI, 2011). A temperatura instável é um dos problemas enfrentados para seleção a campo de genótipos tolerantes ao frio. Este fator tem contribuído para um avanço lento nas pesquisas que visam identificar genótipos tolerantes às baixas temperaturas (CABREIRA; CRUZ, 2009). Estresses causados pelo frio afetam negativamente o crescimento e o

desenvolvimento de plantas de estação quente, como o arroz (BEVILACQUA et al., 2013).

Para se obter cultivares tolerantes ao frio é necessário tempo e mão de obra. Este é um processo demorado e com dificuldades e limites. O melhoramento para tolerância ao frio em arroz não é fácil. Somente a partir da caracterização precisa dos genótipos será possível obter avanços no melhoramento de arroz para tolerância ao frio no sul do Brasil (CRUZ; MILACH, 2000) e em outros países produtores (KANEDA; BEACHELL, 1972). A seleção de genótipos tolerantes ao frio nos estádios iniciais pode então proporcionar ganho de tempo, por não haver necessidade de chegar às fases finais da cultura (BEVILACQUA et al., 2011). Na Epagri, experimentos de campo são realizados desde 2007/2008 no período do outono/inverno, expondo esses materiais aos efeitos ambientais. Porém, mesmo assim, a ocorrência do frio é imprevisível, não podendo ser determinada em intensidade nem duração (SCHMIDT, 2009).

A avaliação da tolerância ao frio nos programas de melhoramento geralmente se baseia em observações visuais em condições de campo, pois a temperatura é um fator de natureza abiótica de difícil previsão quanto à intensidade e à duração. Desta forma, a avaliação se sujeita a interação genótipo/ambiente e a variações ambientais diárias ao longo do cultivo e dos anos, pois o efeito causado pela temperatura dificilmente é isolado, dependendo da fase exata em que a planta se encontra no momento da ocorrência do frio (CRUZ; MILACH, 2000). Com isso, avaliações em condições controladas podem apresentar vantagens em relação à observação no campo (PACHECOY, 2011).

No sul do Brasil, onde estão os dois maiores estados produtores de arroz irrigado do país, a presença de baixas temperaturas é o principal fator que reduz a produtividade da cultura. O arroz é um cereal estival e a ocorrência de frio pode prejudicá-lo em todas as suas fases, da germinação à

emergência, até na fase reprodutiva e maturação de grãos (FAGUNDES, 2009; LUZ et al., 2011; MARSCHALEK et al., 2011; UHLMANN et al., 2013). Baixas temperaturas podem reduzir drasticamente a produtividade (PACHECOY; MARÍN; PONTAROLI, 2011), sendo um grande limitante para a cultura (ADAMSKI et al., 2013). A tolerância do arroz ao frio no período reprodutivo é importante para garantir alta produtividade em ambientes com temperatura baixa (CRUZ; MILACH; FEDERIZZI, 2006; CRUZ et al. 2013; SARTORI et al.; 2013).

A semeadura antecipada, em períodos de baixas temperaturas, é um método de escape para que a floração do arroz não ocorra em condições de temperatura do ar inferior à 15°C, não ocasionando decréscimo na produtividade final de grãos (FREITAS, 2009). Para que se tenham altas produtividades, há necessidade de que o período reprodutivo coincida com a época de maior radiação solar, temperatura do ar mais elevada e menor umidade relativa. Porém, com semeadura antecipada, a percentagem e a velocidade de germinação são dificultadas, o período de emergência é alongado, o que reduz o desenvolvimento das plantas (FAGUNDES et al., 2011). Com isto, a cultura apresentará clorose nas folhas jovens e ficará submetida à ação de fatores adversos do ambiente, como pragas, insetos, fungos e plantas daninhas, que competirão por água, luz e nutrientes (MAIALE et al., 2011).

Streck et al. (2006) verificaram que nas semeaduras tardias, a cultivar Epagri 109 não conseguiu atingir a fase de floração devido às baixas temperaturas (menores que 15°C) a partir de maio, as quais ocasionaram a morte de plantas antes da emissão da folha bandeira. As demais cultivares avaliadas no trabalho emitiram a folha bandeira, mas muitas não atingiram a maturação fisiológica.

Outra alternativa para minimizar os estresses ocasionados por temperaturas baixas nos estádios iniciais de

desenvolvimento da cultura é o uso do sistema de cultivo pré-germinado. Isto ocorre porque a lâmina de água, pelas suas propriedades de alto calor específico e calor latente, contribui com a diminuição de flutuação da temperatura (SARTORI et al., 2013).

Trabalhos conduzidos por Bevilacqua et al. (2013), Cabreira e Cruz (2009), Cruz; Duarte e Cabreira (2010), Cruz e Milach (2000), Fagundes et al. (2011), Fonseca et al. (2013), Garcia et al. (2013), Luz et al. (2011), Pachecoy (2011), Sartori et al. (2013), Nanculao et al. (2013) e Shinada et al. (2013) ressaltaram a importância da obtenção de genótipos tolerantes ao frio nas fases iniciais de implantação da cultura. No entanto, também é relevante 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, pois este é um problema recorrente em regiões orizícolas importantes do sul do Brasil, tais como no Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina, e na maior parte do estado do Rio Grande do Sul (MARSCHALEK et al., 2011; MARSCHALEK et al., 2013).

Além das perdas de produtividade, os custos de produção também devem ser considerados, uma vez que com a ocorrência desse estresse os insumos aplicados deixam de ser traduzidos em rendimento de grãos (FONSECA et al., 2013).

O ideal seria obter materiais tolerantes à ocorrência de estresses térmicos em todas as fases de desenvolvimento, porém, Datta e Siddiq (1983) perceberam que falta correlação na tolerância às baixas temperaturas nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura do arroz, tornando difícil a obtenção de um material tolerante em todos os períodos de crescimento e desenvolvimento. A existência de correlação positiva seria vantajosa, pois facilitaria a obtenção de materiais tolerantes já nos estádios iniciais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da Epagri em Itajaí, SC, no ano agrícola 2013/2014. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é do tipo Cfa, quente e temperado, com pluviosidade significativa durante todo o ano, tendo como médias anuais 1596 mm de precipitação pluviométrica e 20,2°C de temperatura atmosférica.

A implantação do ensaio foi realizada em baldes, onde cada balde corresponde a uma repetição, utilizando-se casa de vegetação e câmara de crescimento para realização do experimento.

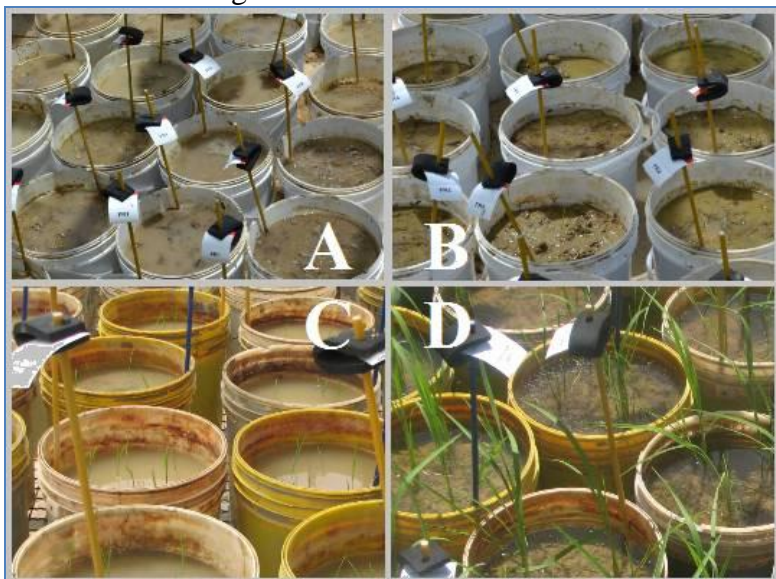
O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema multifatorial (5 x 5 x 2), e três repetições. O primeiro fator correspondeu aos genótipos utilizados no experimento. Foram avaliados cinco genótipos de ciclo tardio, produzidos pela Epagri, sendo três linhagens (SC 681, SC 491 e SC 676) e duas cultivares (Epagri 109 e SCS116 Satoru). As linhagens foram escolhidas por terem apresentado comportamento promissor frente à ocorrência de baixas temperaturas em trabalhos conduzidos por Marschalek et al. (2011; 2013) no município de Rio do Campo, localizado no Alto Vale do Itajaí. As cultivares foram escolhidas em função da sua grande área de cultivo no Estado de Santa Catarina e da sensibilidade ao frio demonstrada pela cultivar SCS116 Satoru. Na fase da microsporogênese, cada genótipo foi submetido por três dias a cinco temperaturas: 9, 12, 15, 18 e 21°C, correspondente ao segundo fator. Para cada temperatura e genótipo avaliado, uma testemunha ficou mantida à temperatura ambiente, fora da câmara de crescimento, o que correspondeu ao terceiro fator. Portanto, o experimento foi composto por 150 unidades experimentais (5 x 5 x 2 x 3).

A semeadura foi realizada em cinco épocas, correspondente às cinco temperaturas aplicadas durante a fase da microsporogênese. Este procedimento foi necessário porque só havia disponibilidade de uma câmara de crescimento, com espaço suficiente para acondicionar 15 baldes (cinco genótipos x três repetições). Cada época de semeadura teve uma testemunha correspondente, semeada na mesma data. As datas de semeadura dos cinco genótipos foram 13/09/2013, 04/10/2013, 21/10/2013, 01/11/2013, 02/12/2013, para as temperaturas de 12, 15, 18, 21 e 9°C, respectivamente.

As unidades experimentais foram compostas por baldes com dimensão de 22 cm de diâmetro, 20 cm de altura e capacidade de acondicionar 7 kg de solo. Em cada balde foram semeadas de 10 a 15 sementes. Após a emergência, quando as plantas estavam no estágio V2 da escala de Counce et al. (2000), foi feito o primeiro desbaste, deixando-se quatro plântulas por balde. Quando as plantas alcançaram o estágio V6, realizou-se um segundo desbaste, deixando-se apenas duas plantas por balde (Figura 9).

Os baldes ficaram acondicionados na casa de vegetação da semeadura até o emborrachamento, correspondentes ao estágio S0 até o estágio R2 da escala de Counce et al. (2000). Quando as plantas atingiram o estágio R2, marcaram-se seis perfilhos que estavam aproximadamente no estágio de microsporogênese. Esta fase foi identificada através do acompanhamento do desenvolvimento fenológico das plantas do balde, observando o momento do emborrachamento pela abertura periódica do colmo dos perfilhos, até o dia de ocorrência do estágio R2.

Figura 9 – Estabilização das plantas de arroz irrigado por balde em quatro momentos: da sementeira ao segundo desbaste. **A** – Sementeira; **B** – Emergência; **C** – Primeiro desbaste; **D** – Segundo desbaste.



Fonte: Produção da própria autora, 2013.

A fase da microsporogênese 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) (YOSHIDA, 1981; MOLDENHAUER e GIBBONS, 2002; ZAFFARI et al., 2014). Como os perfilhos da planta não chegam ao mesmo tempo a esta fase, marcaram-se os perfilhos quando as distâncias entre as lígulas das duas últimas folhas estavam entre -1 cm e 2 cm (Figura 10).

Figura 10 – Ponto de marcação dos perfilhos de arroz irrigado na fase da microsporogênese.



Fonte: Produção da própria autora, 2014.

Após marcação dos perfilhos, os baldes correspondentes a cada temperatura foram transferidos para a câmara de crescimento para aplicação dos regimes térmicos (Figura 11). Eles foram submetidos por três dias consecutivos a uma das cinco temperaturas determinadas no protocolo do ensaio, enquanto que as testemunhas permaneceram na casa de vegetação, durante todo o seu desenvolvimento. Durante este período, as condições de luminosidade e de umidade relativa do ar na câmara de crescimento foram de 12 horas de luz/12 horas de escuro e aproximadamente 65% de UR. Após os três dias, os baldes retornaram para a casa de vegetação e lá permaneceram até o momento da colheita (Figura 12).

No final do ciclo da cultura, procedeu-se a colheita das panículas marcadas de maneira individual e do restante das plantas de cada balde como bulk. Posteriormente, realizou-se a debulha manual dos materiais, separação das espiguetas cheias e vazias através de um soprador com ar forçado (Figura 13),

contagem das espiguetas com o contador de grãos Sanick ESC 2008 e determinação de peso das espiguetas cheias e vazias (Figura 14).

Figura 11 – Plantas de arroz irrigado submetidas ao frio na câmara de crescimento.



Fonte: Produção da própria autora, 2014.

Nos bulks também foram realizados a contagem de panículas e o teste de engenho. Este teve o objetivo de avaliar o rendimento de engenho (relação dos grãos inteiros) e a percentagem de grãos gessados (com presença de centro branco), características que são importantes para as indústrias de beneficiamento de arroz branco.

Figura 12 – Plantas de arroz irrigado, em desenvolvimento, na casa de vegetação.



Fonte: Produção da própria autora, 2014.

Figura 13 – Soprador de grãos com ar forçado.



Fonte: Produção da própria autora, 2014.

Para proceder o teste de engenho, foi necessária uma amostra de 20 g de arroz com casca. Esta amostra passou pelo

mini-engenho e sofreu o processo realizado para obtenção de arroz branco, onde o arroz é descascado e polido e, em seguida, separado os grãos inteiros dos grãos quebrados. A relação grão inteiro e grão quebrado é determinada pelo percentual de grãos inteiros e de quebrados na amostra descascada.

No programa de melhoramento de arroz irrigado da Epagri, o percentual de grãos inteiros aceitável é de no mínimo 55%. Acima deste valor, a relação é considerada boa, abaixo dele não é recomendada.

Figura 14 – Contador de grãos.



Fonte: Produção da própria autora, 2014.

O gessamento dos grãos é determinado através de uma amostra que recebe uma nota que varia de 0 a 5, onde a nota 0 é dada para os grãos completamente translúcidos e a nota 5 para os grãos completamente gessados (Figura 15). Para a indústria buscam-se grãos com menos centro branco possível. Contudo, é difícil encontrar amostras que apresentem 100% de grãos translúcidos. Sendo assim, as cultivares da Epagri, são selecionadas quando apresentam gessamento 1 ou 2. Acima

desses valores, os materiais são descartados por não apresentarem característica aceitável pela indústria.

Os dados dos bulks também foram utilizados para a determinação da produção de grãos dos cinco genótipos, em cada temperatura, observando-se, conseqüentemente, a tolerância ou suscetibilidade dos materiais ao frio.

Figura 15 – Escala de gessamento de grãos de arroz.



Fonte: Martínez et al., 1989.

Em relação à adubação e aplicação de agroquímicos, todos os tratamentos receberam as mesmas doses e produtos, de acordo com as recomendações da SOSBAI (2012), visando o melhor crescimento e desenvolvimento das plantas. Foram aplicados 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 $N+K_2O$ em cada adubação de cobertura. 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 dosagens das aplicações equivalem à adubação de, aproximadamente, 200 mg kg^{-1} de N, 120 mg kg^{-1} de P_2O_5 e 70 mg kg^{-1} de K_2O . Na Tabela 2 podem ser conferidas as datas e as aplicações de adubação e agroquímicos realizada para a primeira época do experimento, bem como o estágio fenológico da cultura quando cada prática cultural foi efetuada.

Tabela 2 – Datas das aplicações de fertilizantes/agroquímicos e estágio fenológico da cultura, na primeira época de semeadura.

DATA	PRÁTICA CULTURAL	ESTÁDIO FENOLÓGICO
13/09/2013	Semeadura	S0
03/10/2013	Adubação de base P ₂ O ₅	V2
03/10/2013	1ª Adubação de cobertura N+K ₂ O	V2
29/10/2013	2ª Adubação de cobertura N+K ₂ O	V4
14/11/2013	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	V6
21/11/2013	3ª Adubação de cobertura N+ K ₂ O	V7
22/11/2013	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	V7
27/11/2013	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	V8
05/12/2013	4ª Adubação de cobertura N+ K ₂ O	V9
09/12/2013	Pulverização fungicida (Triazol + Estrobirulina)	V10
18/12/2013	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	R0
27/12/2013	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	R1
30/12/2013	Pulverização inseticida (Zeta-cipermetrina)	R2
08/01/2014	Pulverização fungicida (Triazol + Estrobirulina)	R4
16/01/2014	Pulverização fungicida (Triazol + Estrobirulina)	R5
23/01/2014	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	R6
30/01/2014	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	R7
05/02/2014	Pulverização fungicida (Tebuconazol + Trifloxystrobina)	R8
12/02/2014	Colheita de todas as plantas	R9

Fonte: Produção da própria autora, 2014.

Estas informações foram tomadas como base para as épocas seguintes de acordo com as necessidades nutricionais da planta. O alto número de aplicação de fungicidas foi necessário para que não houvesse brusone e mancha parda nas plantas, evitando assim, influência dessas doenças no percentual de esterilidade de espiguetas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F, ao nível de significância de 5%. Quando os valores de F foram significativos, os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% de significância. No caso do efeito da temperatura, efetuou-se também análise de regressão polinomial. O programa utilizado para analisar os dados foi o ASSISTAT (SILVA, 1996).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTERILIDADE DE ESPIGUETAS

A análise de variância (Anexo A) para o caráter esterilidade de espiguetas dos bulks evidenciou que houve interação tripla (genótipo x temperatura x estresse térmico/testemunha), indicando que cada genótipo respondeu de maneira diferenciada, conforme variação de temperatura e aplicação ou não do estresse térmico. Assim, houve necessidade do desdobramento desta interação, a fim de avaliar a influência destes fatores para cada genótipo (Tabela 3).

Tabela 3 – Percentagem de esterilidade de espiguetas dos bulks em cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas na fase da microsporogênese, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.

Esterilidade de espiguetas dos bulks (%)					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
9°C	100,0 aA*	100,0 aA	43,3 bA	100,0 aA	33,5 bABC
Testemunha	13,2 aC	18,3 aCD	24,6 aAB	18,7 aCD	14,3 aC
12°C	22,1 bBC	47,9 aB	38,5 abAB	35,8 abBCD	39,5 abAB
Testemunha	18,0 aBC	14,3 aD	17,2 aB	16,5 aD	13,8 aC
15°C	31,0 aBC	39,5 aBC	27,0 aAB	40,8 aBC	47,5 aA
Testemunha	30,6 aBC	19,9 aCD	31,2 aAB	22,7 aBCD	20,6 aBC
18°C	29,4 abBC	41,3 aBC	19,6 bAB	45,1 aB	33,7 abABC
Testemunha	39,6 aB	36,0 aBCD	41,3 aAB	31,1 aBCD	35,3aABC
21°C	28,2 aBC	34,2 aBCD	25,8 aAB	29,6 aBCD	31,9 aABC
Testemunha	27,4 aBC	29,0 aBCD	36,6 aAB	22,3 aBCD	28,0 aABC
CV% = 27,15					

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

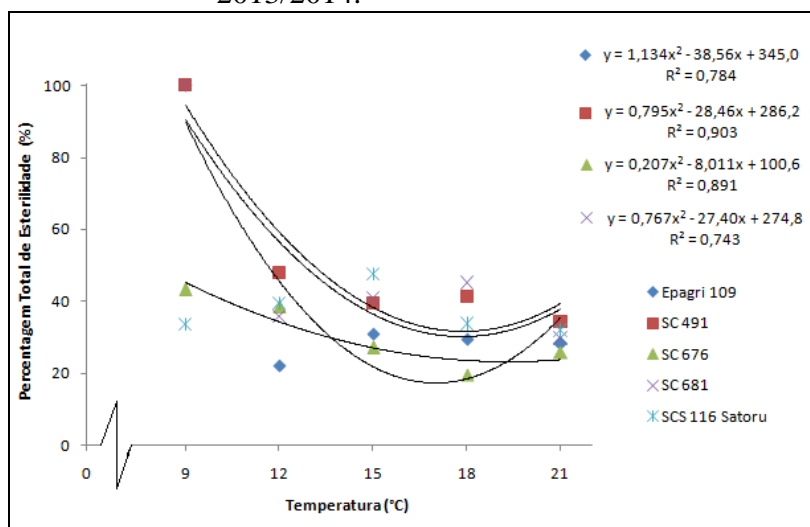
Todos os genótipos apresentaram percentual de esterilidade semelhante no tratamento testemunha (sem estresse térmico) e quando foram submetidos à temperatura de 21°C na fase de microsporogênese. Isto indica que os genótipos utilizados se comportaram de forma similar quando não sofreram estresse térmico. Nestes dois tratamentos, a taxa de esterilidade dos cinco genótipos oscilou entre 25,8 e 36,6%. Estes valores diferem dos resultados obtidos por Rozzetto et al. (2013), que observaram percentuais de esterilidade das testemunhas mais baixos, oscilando entre 7,8 e 19,7%, em experimento realizado sob mesmas condições: em baldes, com utilização de câmara de crescimento e casa de vegetação.

A temperatura de 9°C foi a mais crítica para os genótipos avaliados, causando esterilidade de 100% na Epagri 109, SC 491 e SC 681, 43,3% na SC 676 e 33,5% para a cultivar SCS116 Satoru. A menor percentagem de esterilidade apresentada pela cultivar SCS116 Satoru na temperatura de 9°C contrariou a expectativa teórica do trabalho, pois esta cultivar foi escolhida em função da sua sensibilidade ao frio, apresentada em trabalhos conduzidos a campo por Marschalek et al. (2011; 2013), quando cultivada em regiões de altitude, no Alto Vale do Itajaí. Na temperatura de 12°C, houve diferença significativa entre a cultivar Epagri 109 e a linhagem SC 491, que apresentaram menor e maior esterilidade, respectivamente, também contrariando totalmente à expectativa, e não condizendo com o comportamento dos genótipos em nível de campo em regiões de alta altitude (MARSCHALEK et al., 2011; MARSCHALEK et al., 2013). Para a temperatura de 18°C, a linhagem SC 676 foi a que apresentou menor esterilidade, juntamente com as cultivares Epagri 109 e SCS116 Satoru. Nas temperaturas de 15 e 21°C não houve diferença significativa entre os materiais em relação ao percentual de esterilidade registrado para os bulks.

A análise de regressão da interação entre temperatura e esterilidade de espiguetas dos bulks pode ser visualizada na

Figura 16, a qual mostra que houve um comportamento quadrático para os genótipos avaliados, com exceção da cultivar SCS116 Satoru, para a qual a regressão não foi significativa. O ponto de mínima das funções ajustadas aos dados esteve concentrado entre 17 e 18°C, comprovando que temperaturas abaixo destes valores aumentaram exponencialmente a esterilidade das espiguetas dos bulks. Um ponto interessante a destacar é que a esterilidade de espiguetas não diferenciou com a aplicação ou não de baixas temperaturas na linhagem SC 676.

Figura 16 – Efeito da temperatura sobre a percentagem de espiguetas estéreis dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

A esterilidade de espiguetas para as panículas colhidas separadamente foi afetada pelas interações duplas (genótipo x estresse térmico/testemunha) e (temperatura x estresse

térmico/testemunha) (Anexo B). Isto indica que quando foi aplicado estresse térmico, os genótipos e as temperaturas separadamente responderam de maneira diferenciada das testemunhas. O desdobramento das interações pode ser observado nas Tabelas 4 e 5.

Quando consideradas as panículas marcadas, os genótipos que não foram submetidos ao estresse térmico apresentaram o mesmo percentual de esterilidade (Tabela 4). Em contrapartida, quando os genótipos foram submetidos às baixas temperaturas, a maior esterilidade foi registrada nas linhagens SC 491 e SC 681 e na cultivar SCS116 Satoru. A linhagem SC 676 apresentou a menor percentagem de esterilidade. Todos os genótipos apresentaram maior esterilidade quando sofreram estresse térmico do que suas testemunhas. Todavia, as menores diferenças numéricas na percentagem de esterilidade das panículas marcadas dos tratamentos com estresse em relação à testemunha foi registrada na linhagem SC 676.

Tabela 4 – Percentagem de esterilidade de espiguetas das panículas marcadas em cinco genótipos de arroz irrigado em relação à testemunha, na média de cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.

Esterilidade de espiguetas das panículas marcadas (%)					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
Estresse Térmico	43,0 bcA*	59,5 aA	39,7 cA	54,9 abA	55,3 abA
Testemunha	24,1 aB	23,7 aB	29,8 aB	21,0 aB	23,2 aB
CV% = 33,02					

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Independentemente do genótipo avaliado, a temperatura

de 9°C foi a que promoveu maior esterilidade, seguida pela faixa 12 a 15°C. A faixa de temperatura de 18 a 21°C não diferiu de suas testemunhas, mostrando que estas temperaturas não afetaram a esterilidade das espiguetas (Tabela 5).

Tabela 5 – Percentagem de esterilidade de espiguetas das panículas marcadas submetidas a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.

Esterilidade de espiguetas das panículas marcadas (%)					
	9°C	12°C	15°C	18°C	21°C
Estresse Térmico	98,2 aA*	51,2 bA	40,7 bcA	34,3 cdA	27,9 dA
Testemunha	17,3 bB	18,4 bB	23,6 abB	36,1 aA	26,4 abA
CV% = 33,02					

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

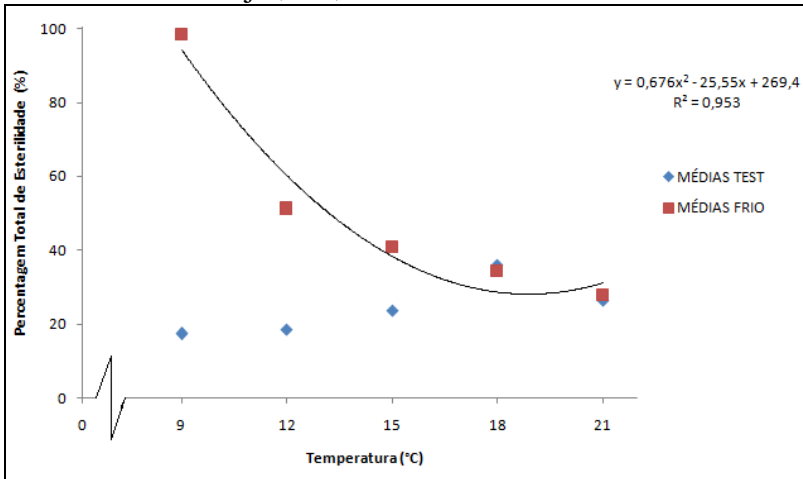
Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Houve um decréscimo na percentagem de espiguetas estéreis a partir de 9°C até a temperatura de 20°C, demonstrando que as menores taxas percentuais de esterilidade foram obtidas nas maiores temperaturas testadas (Figura 17). Isto comprova que temperaturas muito baixas aumentam a esterilidade e que temperaturas acima de 20°C não comprometem a formação do grão de pólen durante a microsporogênese.

4.2 PRODUÇÃO DE GRÃOS

Não houve diferenças significativas na produção de grãos dos bulks dos cinco genótipos (Anexo C). Apenas as diferentes temperaturas, juntamente com o fator estresse térmico/testemunha, foram responsáveis pelas variações da produção de grãos (Tabela 6).

Figura 17 – Efeito da temperatura sobre a percentagem de espiguetas estéreis das panículas marcadas, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Tabela 6 – Produção de grãos dos bulks de submetidos a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.

	Produção de grãos dos bulks (g/balde)				
	9°C	12°C	15°C	18°C	21°C
Estresse Térmico	1,2 dB*	15,1 cB	38,4 bB	51,6 aA	45,8 abA
Testemunha	43,9 bA	54,8 aA	49,0 abA	46,1 abA	52,2 abA

CV% = 25,92

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

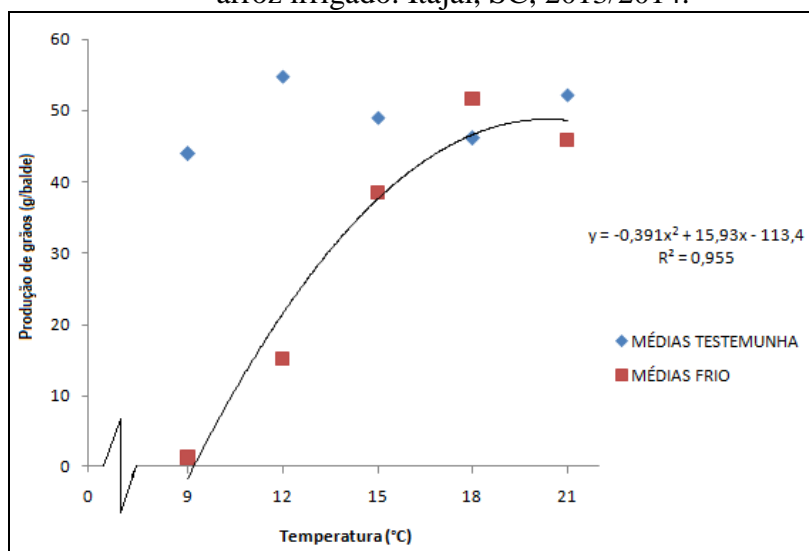
Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Esta variável respondeu inversamente à diminuição de temperatura. Assim, a menor produção de grãos foi registrada

na faixa de temperatura de 9 a 12°C. Quando as temperaturas aplicadas foram na faixa de 18 a 21°C, não houve diferença de produção de grãos dos materiais com suas respectivas testemunhas.

A análise de regressão (Figura 18) corrobora este comportamento, mostrando que houve um comportamento quadrático para esta variável, enquanto que para as testemunhas, a análise de regressão não foi significativa. De acordo com as equações ajustadas aos dados, a máxima produção de grãos dos bulks foi obtida na temperatura de 20,4°C, na média dos cinco genótipos.

Figura 18 – Efeito da temperatura sobre a produção de grãos dos bulks, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Considerando a produção de grãos das panículas marcadas, houve efeito significativo das interações duplas (genótipo x estresse térmico/testemunha) e (temperatura x

estresse térmico/testemunha), indicando que quando houve aplicação de estresse térmico, os genótipos e as temperaturas comportaram-se diferentemente das suas testemunhas (Anexo D). Nas Tabelas 7 e 8, podem ser observados os desdobramentos destas interações.

Não houve diferença na produção de grãos da linhagem SC 676 com ou sem aplicação de estresse térmico. Por outro lado, os demais genótipos diminuíram a produção de grãos quando sofreram a aplicação do estresse térmico. Em função disto, o genótipo que apresentou maior produção de grãos, quando submetido ao estresse térmico, foi a linhagem SC 676, diferindo significativamente dos demais materiais (Tabela 7).

Tabela 7 – Produção de grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado em relação à testemunha, na média de cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.

Produção de grãos das panículas marcadas (g/panícula)					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
Estresse Térmico	1,5 bB*	1,4 bB	2,1 aA	1,2 bB	1,1 bB
Testemunha	2,4 abA	2,9 aA	2,4 abA	2,3 bA	2,3 bA
CV% = 26,11					

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

A produção de grãos respondeu diretamente ao aumento da temperatura. Desta forma, quando houve aplicação das menores temperaturas (9 a 15°C), a produção de grãos foi reduzida. Quando as temperaturas aplicadas foram na faixa de 18 a 21°C, não houve diferença de produção de grãos dos materiais com suas respectivas testemunhas (Tabela 8).

Tabela 8 – Produção de grãos das panículas marcadas submetidas a cinco temperaturas em relação à testemunha, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.

Produção de grãos das panículas marcadas (g/panícula)					
	9°C	12°C	15°C	18°C	21°C
Estresse Térmico	0,1 cB*	0,8 bB	1,9 aB	2,2 aA	2,4 aA
Testemunha	2,7 aA	2,2 aA	2,7 aA	2,2 aA	2,3 aA
CV% = 26,11					

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

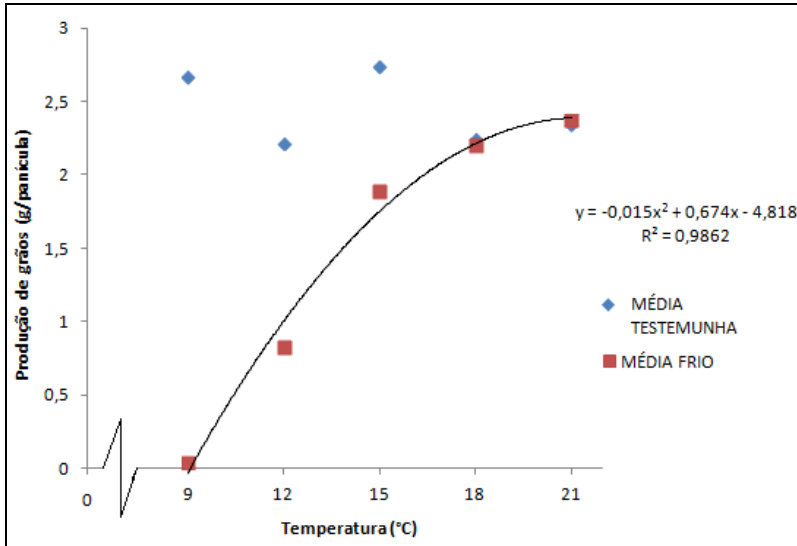
A análise de regressão (Figura 19) corrobora este comportamento, mostrando que houve aumento de produção de grãos com a aplicação de temperaturas mais elevadas e que para as testemunhas não houve diferença significativa de produção de grãos.

4.3 MASSA DE 1.000 GRÃOS

Para a variável massa de 1.000 grãos dos bulks (Tabela 9) houve efeito significativo da interação tripla (genótipo x temperatura x estresse térmico/testemunha), indicando que cada material respondeu de maneira diferenciada, conforme a variação de temperatura e aplicação ou não do estresse térmico (Anexo E).

Nas testemunhas dos tratamentos 12, 15 e 21°C não houve diferenças na massa de 1.000 grãos entre os genótipos utilizados. Porém, nas testemunhas correspondentes aos tratamentos de 9 e 18°C, a maior massa de grãos foi registrada pela cultivar SCS116 Satoru e a menor na linhagem SC 681. Os demais genótipos não diferiram quanto a esta variável.

Figura 19 – Efeito da temperatura sobre a produção de grãos das panículas marcadas, na média de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Não houve diferença significativa na massa de 1.000 grãos dos genótipos avaliados nas temperaturas de 15 a 21°C. Na aplicação de 18°C, apenas a linhagem SC 681 diferiu das demais, possuindo menor valor, o que é inerente ao genótipo. As diferenças entre os genótipos eram esperados, pois se sabia tratar-se de materiais genéticos diferentes. Em relação à temperatura de 12°C, a cultivar SCS116 Satoru e a linhagem SC 681 foram os únicos genótipos que apresentaram diferença significativa, correspondendo, respectivamente, à maior e à menor massa de 1.000 grãos. Na temperatura de 9°C, não houve formação de grãos nos genótipos Epagri 109, SC 491 e SC 681. Nos demais genótipos, não houve diferença em relação a esta característica.

Tabela 9 – Massa de 1.000 grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.

Massa de 1.000 grãos dos bulks (g)					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
9°C	0,0 bB*	0,0 bC	23,2 aB	0,0 bC	21,8 aC
Testemunha	28,9 abA	28,8 abA	27,1 abAB	25,9 bAB	30,6 aA
12°C	24,6 abA	22,4 abB	24,5 abAB	21,1 bB	25,5 aBC
Testemunha	27,3 aA	28,6 aA	25,6 aAB	26,9 aA	27,9 aAB
15°C	26,0 aA	24,7 aAB	23,5 aAB	22,2 aAB	24,9 aBC
Testemunha	25,0 aA	26,5 aAB	24,6 aAB	26,0 aAB	27,3 aAB
18°C	27,4 aA	27,1 aAB	28,4 aA	21,2 bB	28,7 aAB
Testemunha	25,6 abA	25,8 abAB	25,4 bcAB	21,4 cB	29,7 aAB
21°C	27,0 aA	26,9 aAB	27,1 aAB	24,4 aAB	27,1 aAB
Testemunha	27,2 aA	28,2 aA	26,7 aAB	26,0 aAB	27,8 aAB

CV% = 7,71

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

A cultivar Epagri 109, quando produziu grãos, não apresentou diferenças na massa de 1.000 grãos nos diferentes tratamentos, mantendo-se estável com a aplicação de diferentes temperatura e aplicação ou não do estresse térmico.

Para a linhagem SC 491, quando houve formação de grãos, a temperatura de 12°C foi a responsável pela menor massa de 1.000 grãos. Os maiores valores foram apresentados nas testemunhas que não diferiram significativamente dos demais tratamentos.

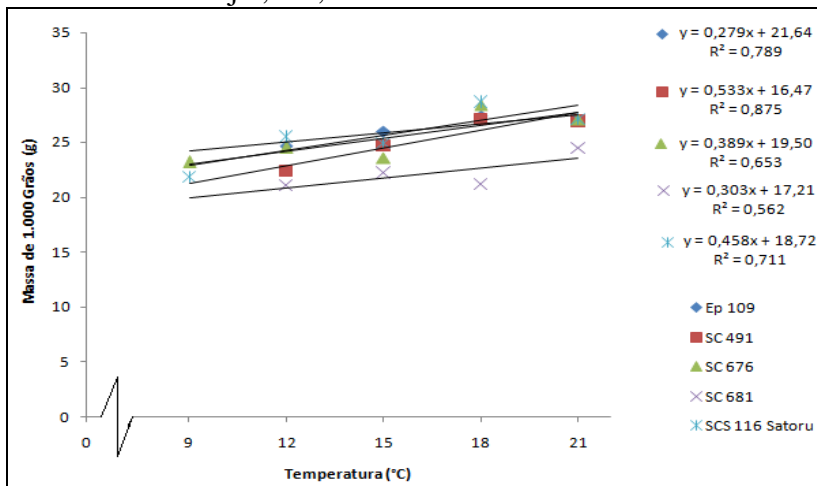
A linhagem SC 676 apresentou, respectivamente, maior e menor massa de 1.000 grãos nas temperaturas de 18 e 9°C. Nos demais tratamentos não diferiu dos demais genótipos.

A linhagem SC 681, quando apresentou grãos formados, as testemunhas, de maneira geral, não diferiram entre si. Porém, quando aplicados os estresses térmicos, as temperaturas de 12 e 18°C apresentaram menor valor em relação a esta variável.

A cultivar SCS116 Satoru apresentou o menor valor de massa de 1.000 grãos na temperatura 9°C. Já nos demais tratamentos, não houve diferença significativa para esta variável.

A análise de regressão para avaliar o efeito da temperatura na massa de 1.000 grãos de cada genótipo pode ser visualizada na Figura 20, que demonstra que houve uma resposta linear desta característica à mudança de temperatura. Todos os genótipos apresentaram aumento na massa de 1.000 grãos nas maiores temperaturas testadas. Este aumento vaiou de 0,27 e 0,53 gramas para cada 1°C de aumento de temperatura, dependendo do genótipo.

Figura 20 – Efeito da temperatura sobre a massa de 1.000 grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

A massa de 1.000 grãos avaliada nas panículas marcadas apresentou interação semelhante da avaliação em bulks. Sendo assim, a interação obtida foi tripla (genótipo x temperatura x estresse térmico/testemunha), indicando que cada material respondeu diferentemente (Anexo F), conforme a variação de temperatura e aplicação ou não do estresse térmico (Tabela 10).

Tabela 10 – Massa de 1.000 grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado submetidas a cinco temperaturas, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2013/2014.

Massa de 1.000 grãos das panículas marcadas (g)					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
9°C	0,0 cC*	0,0 cD	22,8 aA	0,0 cD	18,7 bC
Testemunha	28,6 abA	29,0 aA	25,8 abA	25,3 aABC	29,1 aA
12°C	25,0 aAB	22,0 abC	22,2 abA	21,6 abC	19,4 bC
Testemunha	26,2 abAB	29,0 aA	24,9 bA	26,3 abAB	27,3 abAB
15°C	26,0 aAB	24,1 abBC	25,1 abA	22,2 bBC	25,7 abAB
Testemunha	28,1 aAB	27,7 aAB	25,7 aA	26,9 aA	26,5 aAB
18°C	24,3 abB	23,7 abBC	25,0 aA	21,4 bC	24,2 abB
Testemunha	24,1 aB	25,7 aABC	22,3 aA	23,3 aABC	25,0 aAB
21°C	25,0 aAB	24,9 aABC	24,4 aA	22,9 aABC	25,1 aAB
Testemunha	26,4 aAB	26,3 aAB	24,7 aA	23,5 aABC	26,0 aAB

CV% = 6,78

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

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

De maneira geral, não houve diferenças significativas nas massas de 1.000 grãos das panículas dos genótipos testados nas testemunhas e na temperatura de 21°C. Porém, quando aplicado estresse térmico a 9°C, a cultivar Epagri 109 e as linhagens SC 491 e SC 681 não formaram grãos, e a cultivar

SCS116 Satoru apresentou menor massa de 1.000 grãos do que a linhagem SC 676. Quando os genótipos foram submetidos à temperatura de 12°C houve diferença significativa apenas entre as cultivares Epagri 109 e SCS116 Satoru, que apresentaram, respectivamente, maior e menor massa de 1.000 grãos. Na temperatura de 15°C houve diferença apenas entre a cultivar Epagri 109, apresentando maior massa, e a linhagem SC 681, que apresentou menor massa. Para 18°C, houve diferença apenas nas linhagens SC 676 e SC 681, as quais apresentaram maior e menor massa de 1.000 grãos, respectivamente.

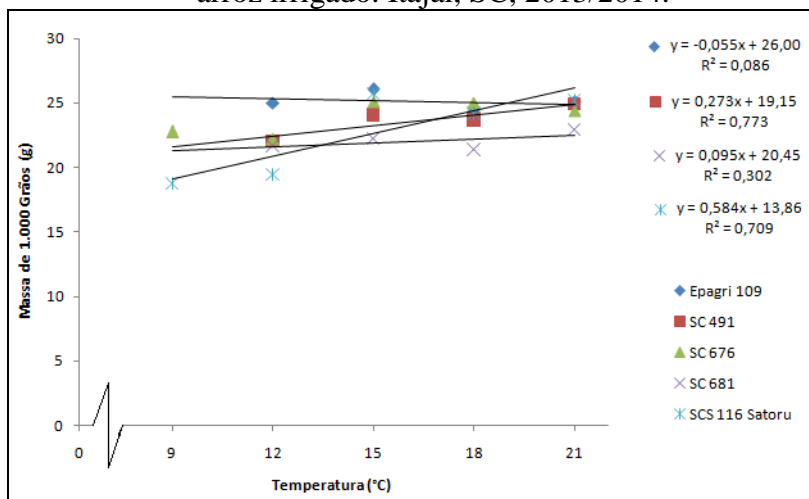
A cultivar Epagri 109 e as linhagens SC 491 e SC 681, quando foram submetidas a 9°C não formaram grãos. Em contrapartida, os tratamentos com as outras temperaturas, não apresentaram diferença significativa em relação à massa de 1.000 grãos.

Para a cultivar SCS116 Satoru, o menor valor obtido para a característica avaliada foi na aplicação de 9 a 12°C, enquanto que nos outros tratamentos, não houve diferença significativa nas temperaturas aplicadas, nem nas testemunhas.

A linhagem SC 676 manteve-se constante em relação à massa de 1.000 grãos entre as testemunhas e as aplicações de estresse térmico, não havendo diferença entre os tratamentos para este genótipo.

A análise de regressão para massa de 1.000 grãos nas panículas marcadas (Figura 21) demonstra que não houve alteração significativa na massa de 1.000 grãos das panículas marcadas da linhagem SC 676 em função da temperatura. Por outro lado, para todos os demais genótipos a massa de 1.000 grãos aumentou com a elevação da temperatura de 9° C para 21°C.

Figura 21 – Efeito da temperatura sobre a massa de 1.000 grãos das panículas marcadas de cinco genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2013/2014.



Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Os valores de massa de 1.000 grãos obtidos nesse trabalho apresentaram-se menores do que valores registrados a campo para os mesmos genótipos. Possivelmente, isto se deve ao fato de o trabalho ter sido desenvolvido em baldes, onde o volume de solo é limitado e há menor período de enchimento de grãos até o final do cultivo da cultura.

4.4 RELAÇÃO DE GRÃOS INTEIROS

A variável relação de grãos inteiros só pode ser avaliada para os bulks, porque a massa exigida para proceder com o teste de engenho é de pelo menos 20 gramas, e, no caso das panículas, a massa variou de 0 a 5 gramas. O tratamento com temperatura de 9°C também não obteve a massa mínima para proceder o teste. Por este motivo, não foi realizado, sendo

realizado apenas para os tratamentos com as temperaturas 12, 15, 18 e 21°C.

Apenas a temperatura afetou significativamente a relação de grãos inteiros, independentemente do genótipo (Tabela 11).

Tabela 11 – Relação de grãos inteiros dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.

Relação de grãos inteiros dos bulks (%)					
Temperatura	9°C**	12°C	15°C	18°C	21°C
	-	50,8 ab*	43,5 b	49,4 ab	54,0 a
CV% = 22,88					

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

**Nesta temperatura não foi possível realizar o teste pois não se obteve o peso mínimo necessário.

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Houve diferença significativa na relação de grãos inteiros apenas nas temperaturas de 15 e 21°C, determinando respectivamente, menor e maior relação de grãos inteiros da amostra descascada (Anexo G).

4.5 GESSO DOS GRÃOS

Esta característica, assim como a relação de grãos inteiros, só pode ser avaliada nos bulks, pois esta análise é realizada após ser determinada a relação de grãos inteiros. Neste caso, houve efeito significativo de interação dupla (genótipo x temperatura), indicando que cada material respondeu diferentemente (Anexo H) à mudança de temperatura (Tabela 12).

De maneira geral, a cultivar Epagri 109 e a linhagem SC 676 foram as que apresentaram, respectivamente, menor e maior gessamento de grãos, em todas as temperaturas

avaliadas. A linhagem SC 491 e a cultivar SCS116 Satoru não apresentaram diferença significativa de gessamento dos grãos entre as temperaturas testadas.

Tabela 12 – Gessamento de grãos dos bulks de cinco genótipos de arroz irrigado submetidos a cinco temperaturas. Itajaí, SC, 2013/2014.

Gessamento de grãos dos bulks ^{1/}					
	Epagri 109	SC 491	SC 676	SC 681	SCS 116 Satoru
9°C**	-	-	-	-	-
12°C	1,0 cB*	2,3 aA	2,5 aBC	1,5 bcB	1,8 abA
15°C	1,3 cAB	2,2 bA	3,2 aA	2,0 bcAB	1,3 cA
18°C	1,8 bA	2,3 abA	3,0 aAB	2,2 bA	1,8 bA
21°C	1,5 bAB	2,2 abA	2,3 aC	2,0 abAB	1,7 abA

CV% = 20,92

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

**Nesta temperatura não foi possível realizar o teste pois não se obteve o peso mínimo necessário.

^{1/} Notas de 0 a 5, sendo nota 0 para grão totalmente translúcido e nota 5 para grãos completamente gessado.

Fonte: Produção da própria autora, 2015.

Baixas temperaturas podem reduzir drasticamente a produtividade (PACHECOY; MARÍN; PONTAROLI, 2011), sendo um grande limitante para a cultura do arroz irrigado (ADAMSKI et al., 2013). Sendo assim, a tolerância ao frio no período reprodutivo é de grande importância para garantir alta produtividade em ambientes onde há ocorrência de baixas temperaturas (CRUZ; MILACH; FEDERIZZI, 2006).

Considerando 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). Esta informação foi comprovada neste estudo, pois se demonstrou que as maiores taxas de esterilidade foram observadas quando as plantas foram submetidas às temperaturas de 9, 12 e 15°C na fase da microsporogênese

(Tabelas 3 e 5 e Figuras 16 e 17). Já na faixa de temperatura de 18 a 21°C, o comportamento das plantas assemelhou-se com o das suas testemunhas. Maiores taxas de esterilidade devido à aplicação de temperaturas baixas também foram reportadas por Walter, Rosa e Streck (2010), Van Oort et al. (2014), Bodapati, Gudawardena e Fukai (2005) e Martins et al. (2007), bem como por Yoshida (1981). Este último autor concluiu 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, mas pode causar 100% de esterilidade quando há exposição ao frio por mais de seis dias consecutivos, dependendo da suscetibilidade do material. Em contrapartida, Nishiyama (1984) observou que a esterilidade de espiguetas também pode acontecer quando há exposição muito longa a temperaturas acima do indicado para a cultura.

A menor produção de grão (Tabelas 6, 7 e 8 e Figuras 18 e 19) e de massa de 1.000 grãos (Tabelas 9 e 10 e Figuras 20 e 21) foram observadas quando as plantas foram submetidas à faixa de temperatura de 9 a 12°C. Em contrapartida, na maior temperatura testada (21°C), os genótipos se comportaram de maneira similar as suas testemunhas, não sendo, desta forma, uma temperatura prejudicial para a produção final da cultura. Resultados similares foram encontrados por Soltani et al. (2001), Walter, Rosa e Streck (2010), Rosso (2006) e Wang et al. (2013), sugerindo que a produção de grãos diminui quando há ocorrência de mudanças meteorológicas, como a diminuição de temperatura. Também Cruz (2001) determinou que a ocorrência de temperaturas baixas aumenta a esterilidade de espiguetas, reduzindo a produção e a massa de 1.000 grãos.

Para a relação de grãos inteiros, não houve significância de interação dos fatores avaliados. Apenas o fator temperatura foi significativo (Tabela 11), demonstrando que os genótipos avaliados não diferem sua relação de grãos inteiros entre os tratamentos com mudança de temperatura. O gessmento de grãos (Tabela 12) demonstrou que o cultivar Epagri 109

apresentou grãos menos gessados do que os outros genótipos avaliados, enquanto que a linhagem SC 676 apresentou índices mais altos de gessamento.

Um dos principais objetivos deste trabalho foi identificar genótipos com maior tolerância a baixas temperaturas que possam ser recomendados para regiões onde a possibilidade de ocorrência de frio na fase da microsporogênese é maior. Alguns dados obtidos no trabalho demonstraram que a linhagem SC 676 se destacou dos demais genótipos avaliados na tolerância à ocorrência de baixas temperaturas. Ela foi a única linhagem cujos bulks não apresentaram 100% de esterilidade na temperatura de 9°C (Tabela 3). Foi o genótipo que apresentou menor incremento na porcentagem de espiguetas estéreis com a redução da temperatura para valores abaixo de 18°C (Figura 16). Foi também o genótipo que apresentou a menor taxa de esterilidade das panículas marcadas sob estresse térmico, na média das cinco temperaturas (Tabela 4). Além disto, foi o genótipo com maior produção de grãos das panículas sob estresse térmico e o único genótipo que não apresentou diferenças significativas na produção de grãos das panículas marcadas entre parcelas com estresse térmico e as testemunhas (Tabela 7). Também se destacou dos demais genótipos apresentando a maior massa de 1.000 grãos tanto nos bulks quanto nas panículas marcadas na temperatura de 9°C (Tabelas 9 e 10) e massa de 1.000 grãos das panículas similar entre parcelas com estresse térmico e as respectivas testemunhas (Tabela 10).

Estas características indicam de que a linhagem SC 676 mostra-se promissora para originar uma futura cultivar de arroz com comportamento agrônomico favorável em regiões com maior risco de ocorrência de baixas temperaturas na fase da microsporogênese. Este comportamento corrobora as observações feitas por Marschalek et al. (2011; 2013) em avaliações de campo com esta linhagem no Alto Vale do Itajaí.

5 CONCLUSÕES

As maiores taxas de esterilidade, as menores produção e massa de 1.000 grãos foram observadas quando as plantas foram submetidas na faixa de temperatura de 9 a 12°C na fase da microsporogênese.

A temperatura de 15°C apresenta estresse menos significativo que as menores temperaturas testadas (9 a 12°C), em contrapartida, apresenta diferença significativa em relação a sua testemunha.

Na faixa de temperatura de 18 a 21°C, o comportamento das plantas assemelhou-se com o das suas testemunhas, evidenciando que esta faixa térmica não ocasiona danos significativos às espiguetas, à massa de 1.000 grãos e à produção de grãos da cultura.

A linhagem SC 676 apresenta maior tolerância a ocorrência das baixas temperaturas do que os demais genótipos, mostrando-se promissora para gerar uma cultivar que apresente adequado desempenho agrônômico para as regiões orizícolas propensas ao frio no sul do Brasil.

Com exceção da linhagem SC 676, os demais genótipos da Epagri se enquadram nos mesmos padrões de suscetibilidade ao frio, na fase da microsporogênese, relacionados a outros genótipos da subespécie *Indica* em nível mundial.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSKI, Janete Mariza et al. Alteration of photosynthetic and oxidative metabolism under low temperature stress in two *indica* rice genotypes contrasting in cold tolerance. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 237 – 240.

AGOSTINI, Irceu. Arroz. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2013-2014**. [S. l.]. p. 31 – 36. 2014.

BEVILACQUA, Caroline Borges et al. Gene expression analysis in weedy and cultivated *indica* rice in response to cold treatment. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 93-96.

BEVILACQUA, Caroline Borges et al. Resposta ao frio no desenvolvimento inicial de arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 187 – 190.

BODAPATI, N.; GUNAWARDENA, T.; FUKAI, S. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. **Rural Industries Research and Development Corporation**. [S. l.]. 27 p. 2005.

CABREIRA, Caroline; CRUZ, Renata Pereira da. Herança da tolerância ao frio na fase vegetativa em arroz. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**. Canoas. p. 31 – 36. 2009.

CASTILLO, D; ALVARADO, R. Caracterización de germoplasma de arroz para tolerancia a frío en la etapa de germinación. **Agricultura Técnica**. Chilean. v. 62. n. 4. p. 596 – 605. 2002.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** Grãos, safra 2014/2015. Brasília: CONAB, 2015. 105 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, M. et al. Identificación de fuentes de tolerancia al frío en arroz y producción de líneas mejoradas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 97 – 99.

CRUZ, Renata Pereira da. **Exigências climáticas para a cultura do arroz irrigado.** Cachoeirinha: IRGA, 2010. 38 p.

CRUZ, Renata Pereira da. **Tolerância ao frio em arroz irrigado:** metodologia de avaliação e bases genéticas. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 174 p. (Tese de Doutorado).

CRUZ, Renata Pereira da; DUARTE, Ismael Tiago de Lima; CABREIRA, Caroline. Inheritance of Rice cold tolerance at the seedling stage. **Scientia Agricola**. Piracicaba. v. 67. n. 6. p. 669 – 674. 2010.

CRUZ, Renata Pereira da; MILACH, Sandra Cristina Kothe. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 30. n. 5. p. 909 – 917. 2000.

CRUZ, Renata Pereira da; MILACH, Sandra Cristina Kothe; FEDERIZZI, Luiz Carlos. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. **Scientia Agricola**. Piracicaba. v. 63. n. 3. p. 255 – 261. 2006

DATTA, D.; SIDDIQ, E. A. Genetic analysis of cold tolerance at seedling phase in rice. **Indian Journal of Genetics and Plants Breeding**. New Delhi. v. 43. p. 345 – 349. 1983.

EBERHARDT, Domingos Sávio; SCHIOCCHET, Moacir Antonio (Org). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (sistema pré-germinado)**. Florianópolis, SC: Epagri, 2011. 83 p.

EMBRAPA. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 232 p.

EMBRAPA. **Condições climáticas para o cultivo do arroz irrigado**. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap02.htm>> Acesso em: 15 abr. 2015.

EMBRAPA. **Série Culturas: Arroz**. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo. Pelotas: Embrapa, 2002. 67 p.

EPAGRI. **A Empresa**. Disponível em <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=5767> Acesso em: 20 fev. 2015.

FEDERARROZ. **Origem e história do arroz**. Disponível em <http://www.federarroz.com.br/index.php?exe=embrapa_arroz_e_feijao> Acesso em: 12 fev. 2015.

FAGUNDES, Paulo Ricardo Reis (Ed). **Arroz Irrigado: resultados de pesquisa do melhoramento genético para tolerância à estresses abióticos, na Embrapa Clima Temperado, 2007/2008**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 57 p.

FAGUNDES, Paulo Ricardo Reis et al. Tolerância de genótipos de arroz irrigado ao frio nos estádios de germinação e emergência. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 125 – 128.

FONSECA, Gabriela de Magalhães et al. Avaliação de linhagens recombinantes endogâmicas para tolerância ao frio no estágio vegetativo. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 221 – 223.

FREITAS, Demócrito Amorim Chiesa. **Desempenho de genótipos de arroz irrigado quanto ao frio na germinação e na emergência.** Pelotas: UFPel, 2009. 72 p. (Tese de Doutorado).

GARCIA, Natália da Silva et al. Identificação de genótipos de arroz irrigado tolerantes ao frio no estágio de germinação – emergência. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 157 – 160.

KANEDA, C.; BEACHELL, H. M. Resistance of *Japonica* x *Indica* breeding lines to low temperatures. **Rice breeding.** Los Baños. p. 541 – 545. 1972.

KAW, R. N. Genetic parameters of cold tolerance in rice. **Indian Journal of Genetics.** New Delhi. v. 51. p. 59 – 65. 1991.

KHAN, D. R. et al. Selection for tolerance to low temperature sterility at anthesis in rice. **Crop Science.** Madison. v. 26. p. 694 – 698. 1986.

KIM, Sang-Ic; TAI, Thomas H. Evaluation of seedling cold tolerance in rice cultivars: a comparison of visual ratings and quantitative indicators of physiological changes. **Euphytica**. Wageningen. p. 437 – 447. 2011.

LARROSA, Ramón Felipe Méndez. **Doses e épocas de aplicação de Nitrogênio na suscetibilidade do arroz a temperatura baixa na fase reprodutiva**. Santa Maria, RS: UFSM, 2008. 77 p. (Tese de doutorado).

LUZ, Viviane Kopp da et al. Caracterização de famílias mutantes de arroz irrigado a baixa temperatura no estágio de germinação. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 109 – 112.

MACKILL, D. J.; LEI, X. Genetic variation for traits related to temperate adaptation of rice cultivars. **Crop Science**. Madison. v. 37. p. 1340 – 1346. 1997.

MAIALE, S. et al. Bajas temperaturas: cambios en algunos parámetros fisiológicos y bioquímicos em arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 191 – 194.

MAPA. **Arroz**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/cultura/arroz>> Acesso em: 15 abr. 2015.

MARSCHALEK, Rubens 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, Rubens 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, Rubens et al. Melhoramento genético de arroz irrigado em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis. v. 21. p. 54 – 56. 2008.

MARTÍNEZ, C. et al. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz:** guia de estudio. 3. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 75 p.

MARTINS, Andreza Figueirola et al. Caracterização de famílias mutantes de arroz para tolerância ao frio nos períodos vegetativo e reprodutivo. **Bragantia**. Campinas. v. 66. n. 2. p. 227 – 233. 2007.

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 in Chilean Rice genotypes at the germination stage. **Chilean Journal of Agricultural Research**. Chillán. p. 3 – 8. 2013.

NEVES, Péricles de Carvalho Ferreira. **Melhoramento Genético do Arroz:** Exploração da Heterose no Desenvolvimento de Cultivares. Piracicaba: USP, 2010. p. 16 – 21.

NISHIYAMA, I. Climatic influence on pollen formation and fertilization. In: TSUNODA, S.; TAKAHASHI, N. (Ed.). **Biology of rice**. Tokyo. p. 153 – 171. 1984.

NUNES, José Luis da Silva. **Características do Arroz**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/caracteristicas.aspx>> Acesso em: 12 fev. 2015a.

NUNES, José Luis da Silva. **Cultivares**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/cultivares.aspx>> Acesso em: 12 fev. 2015b.

NUNES, José Luis da Silva. **Histórico do Arroz**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/historico.aspx>> Acesso em: 12 fev. 2015c.

NUNES, José Luis da Silva. **Importância Econômica**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/importancia.aspx>> Acesso em: 12 fev. 2015d.

NUNES, José Luis da Silva. **Tecnologia de Sementes**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/tecsementes.aspx>> Acesso em: 12 fev. 2015e.

OKABE, S.; TORIYAMA, K. Tolerance to cool temperatures in Japanese rice varieties. **Rice breeding**. Los Baños. p. 529 – 531. 1972.

PACHECOY, María Inés. **Tolerancia a frío en estadios tempranos del desarrollo en arroz: caracterización fenotípica de germoplasma de origen diverso y variación alélica en genes candidatos.** Balcarce, Argentina: Universidad Nacional de Mar Del Plata, 2011. 73 p. (Tese).

PACHECOY, M. I.; MARÍN, A. R.; PONTAROLI, A. C. Tolerancia a frío en estadios tempranos del desarrollo en arroz: caracterización fenotípica de germoplasma de origen diverso y variación alélica en genes candidatos. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 77 – 80.

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

PINHEIRO, Beatriz da Silveira; HEINEMANN, Alexandre Bryan. **Características Morfológicas.** Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclgydut.html>> Acesso em: 02 fev. 2015.

REBELO, J. A. **A Estação da Sesmaria de Drumond.** Florianópolis: Epagri, 2011. 192 p.

ROSSO, Antonio Folgiarini. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características agronômicas em arroz irrigado.** Porto Alegre: UFRGS, 2006. 112 p. (Tese).

ROZZETTO, Diane Simon 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.

SARTORI, Gerson Meneghetti Sarzi et al. Respostas fisiológicas de cultivares de arroz expostas a diferentes temperaturas e níveis de água no sistema pré-germinado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 2 v. p. 1268 – 1271.

SCHMIDT, Andréa Branco. **Desenvolvimento de painéis multiplex de marcadores microsatélites e mapeamento de QTLs de tolerância a seca e ao frio em linhagens puras recombinantes de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Florianópolis, Santa Catarina: UFSC, 2009. 353 p. (Tese).

SHINADA, H. et al. Genetical and morphological characterization of cold tolerance at fertilization stage in rice. **Breeding Science**. Tokyo. v. 63. p. 197 – 204. 2013.

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.

SINDARROZ. **Cultivo**. Disponível em <http://www.sindarroz-sc.com.br/default.php?pg=conteudo_2010&area=Cultivo> Acesso em: 02 fev. 2015.

SOLTANI, A. et al. Simulating GFDL predicted climate change impacts on rice cropping in Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**. [S. l.]. v. 3. p. 81 – 90. 2001.

SOSBAI. **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012. 176 p.

SOSBAI. **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Bento Gonçalves: SOSBAI, 2014. 192 p.

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.

STRECK, Nereu Augusto et al. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**. Campinas. v. 65. n. 4. p. 533 – 541. 2006.

TORO, E. A. T. **Avaliação de linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.) suscetíveis e tolerantes a baixas temperaturas em cruzamentos dialélicos parciais**. Piracicaba, São Paulo: USP, 2006. 143 p. (Tese).

UHLMANN, Lilian Osmari et al. Tendência secular de temperaturas mínimas e máximas causadores de esterilidade de espiguetas nas flores de arroz em Santa Maria, RS, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 2 v. p. 830 – 833.

VAN OORT, P. A. J. et al. A simple model for simulating heat induced sterility in rice as a function of flowering time and transpirational cooling. **Fields Crops Research**. [S. l.] p. 303 – 312. 2014.

VIEIRA, Juliana et al. A hibridação no melhoramento genético de arroz irrigado em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis. v. 20. p. 43 – 46. 2007.

WALTER, Lidiane Cristine; ROSA, Hamilton Telles; STRECK, Nereu Augusto. Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudanças climáticas.

Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. v. 45. n. 11. p. 1237 – 1245. 2010.

WANG, Jinming et al. Evaluation of cold tolerance for Japonica Rice varieties from different country. **Advance Journal of Food Science and Technology.** United Kingdom. p. 54 – 56. 2013.

WANG, Muhua 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, Shouichi. **Fundamentals of rice crop science.** Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 279 p.

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

ANEXOS

Anexo A – Análise de variância da esterilidade de espiguetas dos bulks.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	1524,86	381,21	4,55*
Temperatura	4	7458,03	1864,51	22,24*
Estresse Térmico/Testemunha	1	11867,26	11867,26	141,58*
Genótipo x Temperatura	16	5937,35	371,08	4,43*
Genótipo x Est. Tér/Test	4	4031,55	1007,89	12,02*
Temperatura x Est. Tér/Test	4	17391,69	4347,92	51,87*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	6666,94	416,68	4,97*
Tratamentos	49	54877,68	1119,95	13,36*
Resíduo	100	8381,71	83,82	
Total	149	63259,39		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo B – Análise de variância da esterilidade de espiguetas das panículas marcadas.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	1304,70	326,17	2,14 NS
Temperatura	4	16770,04	4192,51	27,46*
Estresse Térmico/Testemunha	1	25545,37	25545,37	167,34*
Genótipo x Temperatura	16	1719,24	107,45	0,70 NS
Genótipo x Est. Tér/Test	4	3772,59	943,15	6,18*
Temperatura x Est. Tér/Test	4	33887,93	8471,98	55,50*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	2403,09	150,19	0,98 NS
Tratamentos	49	85402,96	1742,92	11,42*
Resíduo	100	15265,16	152,65	
Total	149	100668,12		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Anexo C – Análise de variância da produção de grãos dos bulks.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	2757,32	689,33	6,47*
Temperatura	4	15077,80	3769,45	35,39*
Estresse Térmico/Testemunha	1	13237,08	13237,08	124,27*
Genótipo x Temperatura	16	1508,56	94,28	0,88 NS
Genótipo x Est. Tér/Test	4	640,02	160,01	1,50 NS
Temperatura x Est. Tér/Test	4	13597,35	3399,34	31,91*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	1484,65	92,79	0,87 NS
Tratamentos	49	48302,79	985,77	9,25*
Resíduo	100	10651,93	106,52	
Total	149	58954,71		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo D – Análise de variância da produção de grãos das panículas marcadas.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	6,31	1,58	6,05*
Temperatura	4	27,23	6,81	26,08*
Estresse Térmico/Testemunha	1	36,20	36,20	138,68*
Genótipo x Temperatura	16	3,42	0,21	0,82 NS
Genótipo x Est. Tér/Test	4	6,55	1,64	6,28*
Temperatura x Est. Tér/Test	4	35,84	8,96	34,33*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	7,15	0,45	1,71 NS
Tratamentos	49	122,71	2,50	9,59*
Resíduo	100	26,10	0,26	
Total	149	148,82		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo E – Análise de variância da massa de 1.000 grãos dos bulks.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	532,35	133,09	37,56*
Temperatura	4	1304,67	326,17	92,04*
Estresse Térmico/Testemunha	1	882,87	882,87	249,14*
Genótipo x Temperatura	16	740,01	46,25	13,05*
Genótipo x Est. Tér/Test	4	269,01	67,25	18,98*
Temperatura x Est. Tér/Test	4	2034,72	508,68	143,55*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	660,15	41,26	11,64*
Tratamentos	49	6423,78	131,10	36,99*
Resíduo	100	354,37	3,54	
Total	149	6778,14		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo F – Análise de variância da massa de 1.000 grãos das panículas marcadas.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	202,21	50,55	20,08*
Temperatura	4	1175,46	293,86	116,76*
Estresse Térmico/Testemunha	1	1141,09	1141,09	453,38*
Genótipo x Temperatura	16	668,16	41,76	16,59*
Genótipo x Est. Tér/Test	4	289,86	72,46	28,79*
Temperatura x Est. Tér/Test	4	1853,80	463,45	184,14*
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	16	643,22	40,20	15,97*
Tratamentos	49	5973,80	121,91	48,44*
Resíduo	100	251,69	2,52	
Total	149	6225,48		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo G – Análise de variância da relação de grãos inteiros dos bulks.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	318,61	79,65	0,62 NS
Temperatura	3	1757,09	585,70	4,58*
Estresse Térmico/Testemunha	1	78,25	78,25	0,61 NS
Genótipo x Temperatura	12	1717,64	143,14	1,12 NS
Genótipo x Est. Tér/Test	4	1191,81	297,95	2,33 NS
Temperatura x Est. Tér/Test	3	44,73	14,91	0,12 NS
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	12	1155,73	96,31	0,75 NS
Tratamentos	39	6263,86	160,61	1,27 NS
Resíduo	80	10225,26	127,82	
Total	119	16489,12		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo H – Análise de variância do gessamento de grãos dos bulks.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Genótipo	4	26,00	6,50	37,14*
Temperatura	3	2,60	0,87	4,95*
Estresse Térmico/Testemunha	1	0,83	0,83	4,76*
Genótipo x Temperatura	12	5,07	0,42	2,41*
Genótipo x Est. Tér/Test	4	1,00	0,25	1,43 NS
Temperatura x Est. Tér/Test	3	0,83	0,28	1,59 NS
Genótipo x Temp x Est. Tér/Test	12	3,67	0,31	1,75 NS
Tratamentos	39	40,00	1,03	5,86*
Resíduo	80	12,00	0,18	
Total	119	54,00		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.