

**JUSSARA CRISTINA STINGHEN**

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO  
QUANTO A DORMÊNCIA E TOLERÂNCIA AO FRIO NA  
GERMINAÇÃO**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho

**LAGES, SC  
2015**

S859c Stingen, Jussara Cristina  
Caracterização de cultivares de arroz irrigado  
quanto a dormência e tolerância ao frio na  
germinação / Jussara Cristina Stingen. - Lages,  
2015.  
135 p.: il. ; 21 cm

Orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho  
Inclui bibliografia.

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

1. *Oryza sativa* L. 2. Qualidade fisiológica.  
3. Baixas temperaturas. 4. Superação. I.  
Stingen, Jussara Cristina. II. Coelho, Cileide  
Maria Medeiros. III. Universidade do Estado de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 633.18 - 20.ed

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

**JUSSARA CRISTINA STINGHEN**

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO  
QUANTO A DORMÊNCIA E TOLERÂNCIA AO FRIO NA  
GERMINAÇÃO**

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

**Banca Examinadora:**

Orientador:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho  
UDESC – Lages/SC

Membro:

---

Prof. Ph. D. Luís Sangoi  
UDESC – Lages/SC

Membro:

---

Dra. Pesq. Liliane Marcia Mertz Henning  
EMBRAPA SOJA – Londrina/PR

**Lages, 31/07/2015**



*Aos meus pais Inês e Vilmar*

*Ao meu namorado e amigo Caio*

***Dedico***



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre comigo, me guiando e orientando sem que eu perceba.

Aos meus pais, Vilmar e Inês Stingen, que desde criança sempre me incentivaram nos momentos mais difíceis, dando total apoio em minhas decisões e mostrando que acima de tudo a persistência, dedicação e principalmente o caráter é o que nos leva ao sucesso. Obrigada por confiarem em mim, e não me deixarem desistir pelo caminho nos momentos mais difíceis que enfrentei. Por tudo que enfrentaram, pelas dificuldades vencidas, pela luta diária. E é por vocês, hoje, que me considero uma pessoa realizada. Obrigada pela vida! Amo muito vocês!

Ao meu namorado e grande amigo Caio C. F. de Almeida, fiel companheiro, meu braço direito, sempre me dando apoio nos momentos mais difíceis e também fazendo parte dos mais alegres. Aos seus pais Luci e Cesar pelo amor, confiança e apoio. Obrigada de coração!

A Cooperativa Regional Agropecuária do Vale do Itajaí (CRAVIL), pela parceria que foi imprescindível para a realização do projeto de mestrado. Um obrigado especial a todos os produtores de sementes que disponibilizaram suas áreas para a realização de coletas de sementes, aos engenheiros agrônomos Moacir e Gentil que contribuíram enormemente para a realização desta pesquisa, ao técnico Marcola que sempre me acompanhou nas coletas realizadas e aos funcionários da cooperativa que sempre me ajudaram.

Aos meus amigos do coração Flávia, Tomás, Gesieli, Karen, Janice, Tamara, Heitor, Isaac, Luana, Genésio e Alberto. Não tenho palavras para agradecer o quanto vocês me ajudaram nesta etapa da minha vida. Obrigada pela amizade!





Aos demais companheiros e amigos do LAS, muito obrigada pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de descontração.

À minha orientadora Cileide Coelho, pela oportunidade de realização do mestrado, acreditando no meu potencial. Agradeço pelo carinho, dedicação, paciência e orientação.

Aos meus professores, que desde a graduação, cada um com uma característica especial, sempre estiveram dispostos a colaborar com meu aprendizado e formação profissional. Em especial às professoras Maria de Lurdes e Luciana, e aos professores Osmar, Clovis e Leonardo, pela disponibilização de materiais, equipamentos e reagentes.

Aos colegas Paulo e Monica pelos ensinamentos e pelo tempo dedicado a me auxiliar nas análises moleculares.

Ao CNPq pela concessão de bolsa e apoio financeiro, e ao CAV/UDESC pelo ensino.

Meu muito obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esse sonho.

**OBRIGADA!**



“Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás... mas vá em frente, pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te”.

Charles Chaplin

“A única forma de chegar ao impossível é acreditar que é possível”.

Lewis Carrol



## RESUMO

STINGHEN, J. C. **Caracterização de cultivares de arroz irrigado quanto a dormência e tolerância ao frio na germinação.** 2015. 135p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Manejo de plantas) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, Santa Catarina, Brasil, 2015.

Uma prática utilizada pelos produtores de arroz irrigado no estado de Santa Catarina, visando buscar maiores rendimentos, é a antecipação da época de semeadura. No entanto, essa prática se limita a suscetibilidade das cultivares às baixas temperaturas nas fases iniciais de desenvolvimento e na manutenção da dormência por períodos prolongados após a colheita. O objetivo deste trabalho foi caracterizar cultivares de arroz irrigado, produzidas na região do Alto Vale do Itajaí, quanto a qualidade fisiológica, a tolerância ao frio na germinação, a presença de dormência e seus métodos de superação. Para isso, foram realizados três experimentos. O primeiro objetivou determinar a ocorrência de dormência em pré e pós armazenamento e sua influência sobre eficiência na avaliação da germinação e vigor. Foram utilizadas sementes de sete cultivares, produzidas na safra 2013/14, e coletadas logo após o seu beneficiamento e após 120 dias de armazenamento. A qualidade fisiológica foi determinada através dos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado, emergência em areia, índice de velocidade de emergência e comprimento de plântula. A ocorrência de dormência em pós colheita, interfere negativamente na avaliação da qualidade fisiológica. O período de 120 dias de armazenamento convencional mostrou ser o momento ideal para realização das análises fisiológicas, pela eficiência na superação natural da dormência. O segundo experimento consistiu no monitoramento da ocorrência de dormência, desde a maturidade fisiológica até o momento da



comercialização, e comparar diferentes métodos de superação quanto a eficiência e praticidade. Foram utilizadas sementes de sete cultivares, produzidas na safra 2013/14, e coletadas na maturidade fisiológica, no momento da colheita, logo após o beneficiamento e durante o armazenamento. Na safra 2014/15, o ensaio foi repetido com seis cultivares, coletadas na maturidade fisiológica, no momento da colheita e logo após o beneficiamento. Foram testados métodos de superação de dormência utilizando a pré-secagem em estufa, ácido giberélico, água quente e nitrato de potássio. Os resultados obtidos confirmaram a ocorrência de dormência em pré e pós colheita, e a sua superação variou conforme a cultivar e as condições climáticas durante o cultivo. Os métodos de superação da dormência baseados na pré-secagem em estufa foram os mais eficientes e podem ser adaptados para um grande volume de sementes. O terceiro estudo avaliou a diversidade genética associada ao caráter de tolerância ao frio na germinação. Foram utilizadas sementes de sete cultivares, produzidas na safra 2013/14. A qualidade fisiológica inicial foi avaliada pelos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência em areia e comprimento de plântula. O estresse por frio foi submetido às sementes no início da fase III da germinação, na temperatura de 10 °C durante três e cinco dias. As cultivares SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram elevada qualidade fisiológica e toleraram as condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação. A tolerância às condições de baixas temperaturas na fase III da germinação foi dependente da qualidade fisiológica das sementes e da cultivar, e o estresse ocasionado nessa fase foi eficaz na discriminação das cultivares quanto a tolerância ao frio.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Qualidade fisiológica. Baixas temperaturas. Superação.





## ABSTRACT

STINGHEN, J. C. **Characterization of lowland rice cultivars as dormancy and cold tolerance in germination.** 2015. 135p. Dissertation (Master in Plant Production – Area: Physiology and Plant Management) - Santa Catarina State University. Post graduate Program in Plant Production, Lages, Santa Catarina, Brazil, 2015.

A practice used by lowland rice growers in the state of Santa Catarina, aiming to seek higher yields is the anticipation of sowing. However, this practice is limited by the susceptibility of cultivars to low temperatures in early stages of development and maintenance of dormancy for long periods after harvest. The objective of this study was to characterize lowland rice cultivars, produced in Alto Vale do Itajaí, as to the physiological quality, cold tolerance in the germination, presence of dormancy and overcoming methods. For this, three experiments were carried out. The first study aimed to determine the occurrence of dormancy in pre and post storage and its influence on the efficiency of germination and vigor. Used seeds of seven cultivars, produced in the 2013/14 season, and collected immediately after processing and after 120 days of storage. The physiological quality was determined through germination, cold, accelerated aging, emergence in sand, emergency speed index and seedling length. Occurrence of dormancy in post-harvest, negatively interferes in the evaluation of physiological quality. The 120 days of conventional storage proved to be the ideal time to carry out the physiological analysis, by efficiency in natural overcoming of dormancy. The second experiment consisted in monitoring the occurrence of dormancy, from physiological maturity until commercialization, and comparing different methods to overcome dormancy as to efficiency and practicality. Used seeds of seven cultivars, produced in the 2013/14 season, and collected



at physiological maturity, harvest, just after processing and during storage. In the 2014/15, the test repeated with six cultivars, collected at physiological maturity, harvest and just after processing. Dormancy overcoming methods tested using pre-drying in an oven, gibberellic acid, hot water and potassium nitrate. Results confirmed occurrence of dormancy in pre and post-harvest and the overcoming ranged according to cultivar and climatic conditions during cultivation. Methods of overcoming dormancy based on pre-drying in the oven were the most efficient and can be adapted for use in a large amount seeds. The third study aimed to evaluate the genetic diversity associated with cold tolerance character germination. Used seeds of seven cultivars, produced in 2013/14 season. The initial physiological quality determined by germination, cold teste, accelerated aging test, electrical conductivity, emergence in sand and seedling length. Cold stress subjected seeds at the beginning stage III germination, at a temperature of 10 ° C for three and five days. The SCS 117 CL, SCS 114 Andosan and SCS 118 Marques cultivars showed high physiological quality, demonstrated tolerate conditions of low temperatures at the start of stage III of germination. Tolerance to conditions of low temperatures in stage III germination was dependent of physiological quality seeds and cultivar, and the cold stress in stage III germination was effective in discrimination of cultivars tolerance to cold.

**Keywords:** *Oryza sativa* L. Seed quality. Low temperatures. Overcoming.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento (coleta 1), após a superação de dormência de 50 °C por cinco dias e após 120 dias de armazenamento (coleta 2), safra 2013/14..... 59
- Figura 2- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas após o beneficiamento (sem superação) e após a superação de dormência de 50 °C durante cinco dias (com superação), safra 2013/14. .67
- Figura 3- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2013/14..... 84
- Figura 4- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH), beneficiamento (BEN), coleta 1 (COL1), coleta 2 (COL2) e coleta 3 (COL3) durante o armazenamento, safra 2013/14. .... 87
- Figura 5- Temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa (%) médias diárias registradas, para cada mês, na estação meteorológica da EPAGRI, em Ituporanga - SC, no período da semeadura à comercialização das sementes de arroz irrigado, safra 2013/14. .... 89
- Figura 6- Percentual de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a superação de dormência pela pré-secagem em estufa sob diferentes temperaturas, safra 2013/14. .... 92



- Figura 7- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15..... 98
- Figura 8- Temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa (%) médias diárias registradas, para cada mês, na estação meteorológica da EPAGRI, em Ituporanga - SC, no período da semeadura à colheita das sementes de arroz irrigado, safra 2014/15. .... 100
- Figura 9- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (COL) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15. .... 102
- Figura 10- Curva de embebição de sementes de sete cultivares de arroz irrigado, safra 2013/14. .... 125





## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula no teste de germinação (C.GR), comprimento de plântula no teste de frio (C.FR), comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA), emergência em areia (EM) e índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 e da coleta 2, safra 2013/14..... 61
- Tabela 2- Emergência em areia (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento de plântula na germinação (C.GR) de sementes de arroz irrigado, provenientes das coletas 1 e 2, safra 2013/14. .... 63
- Tabela 3- Percentual de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA) e comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA) de sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 (C.1) e da coleta 2 (C.2), safra 2013/14. .... 64
- Tabela 4- Análise de variância para o teste de germinação em sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica, na colheita, no beneficiamento e durante o armazenamento, safra 2013/14..... 81
- Tabela 5- Percentual de germinação das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH), beneficiamento (BEN), coleta 1 (COL1), coleta 2 (COL2) e coleta 3 (COL3) durante o armazenamento, safra 2013/14. .... 82



Tabela 6- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado produzidas na safra 2013/14, submetidas a superação de dormência pelo método da pré-secagem em estufa sob diferentes temperaturas.....	91
Tabela 7- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de seis cultivares de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica, na colheita e no beneficiamento, safra 2014/15. ....	96
Tabela 8- Percentual de germinação das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15.....	97
Tabela 9- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a superação de dormência por diferentes métodos, safra 2014/15. ....	103
Tabela 10- Percentual de germinação de sementes de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a diferentes tratamentos para a superação de dormência, safra 2014/15. ....	105
Tabela 11- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), emergência em areia (EM), comprimento de plântula no teste de germinação (CPGR) e condutividade elétrica (COND) em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.....	121



Tabela 12- Percentual de germinação (GR), envelhecimento acelerado (EA), frio (FR) e condutividade elétrica (COND), em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.....	122
Tabela 13- Análise de variância para a curva de embebição em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14. ....	124
Tabela 14- Análise de variância para os testes de germinação (GR) e comprimento de plântula (CP), com e sem estresse por frio na fase III da germinação, safra 2013/14.....	127
Tabela 15- Percentual de germinação e comprimento de plântula sem estresse e após o estresse por frio na fase III da germinação, em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.....	127



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>38</b>
2.1	IMPORTÂNCIA DO ARROZ.....	38
2.2	CULTIVO DO ARROZ EM SANTA CATARINA .....	39
2.3	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	40
2.4	DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ.....	41
2.5	TOLERÂNCIA AS BAIXAS TEMPERATURAS .....	44
	REFERÊNCIAS .....	47
<b>3</b>	<b>DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM PRÉ E PÓS ARMAZENAMENTO</b> .....	<b>53</b>
3.1	RESUMO .....	53
3.2	INTRODUÇÃO .....	54
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	55
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
3.5	CONCLUSÃO .....	71
	REFERÊNCIAS .....	72
<b>4</b>	<b>MONITORAMENTO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM PRÉ E PÓS COLHEITA E MÉTODOS PARA SUA SUPERACÃO</b> ...	<b>75</b>
4.1	RESUMO .....	75
4.2	INTRODUÇÃO .....	76
4.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	77
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	81
4.5	CONCLUSÃO .....	109
	REFERÊNCIAS .....	110





<b>5</b>	<b>DIVERSIDADE GENÉTICA ASSOCIADA AO VIGOR DE SEMENTES PARA A TOLERÂNCIA AO FRIO EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO .....</b>	<b>114</b>
5.1	RESUMO .....	114
5.2	INTRODUÇÃO .....	115
5.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	116
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	120
5.5	CONCLUSÃO .....	130
	REFERÊNCIAS .....	131
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>134</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção (SOSBAI, 2014) e responde pelo suprimento de 20% das calorias consumidas na alimentação de pessoas no mundo. Em decorrência, desempenha papel estratégico na solução de questões de segurança alimentar. Porém, a obtenção de produtividades crescentes nos últimos anos não tem sido suficiente para suprir a demanda por este alimento (ROSSO, 2006). Inúmeros fatores são responsáveis pela baixa produtividade e instabilidade na produção, dentre eles a suscetibilidade dos genótipos cultivados a estresses abióticos (ARENHAT, 2008). Os estresses abióticos são a causa primária de perda de produção agrícola, podendo causar grandes perdas na produtividade (BRAY et al., 2000).

Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, as oscilações na produtividade do arroz irrigado são ocasionadas, principalmente, pelas condições climáticas adversas, como a ocorrência de baixas temperaturas (STEINMETZ et al., 2005). O arroz é cultivado nas mais diversas condições ambientais, porém quando comparado a outros cereais como a aveia e o trigo, é mais sensível as baixas temperaturas (OKUNO, 2003).

A temperatura ideal para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 25 °C e 30 °C (YOSHIDA, 1981). Temperaturas abaixo desse intervalo podem ocasionar um estresse por frio, o qual é considerado um dos estresses abióticos mais importantes para o arroz. Os estresses causados pelos extremos de temperatura do ar, baixa (inferior a 17 °C) ou alta (superior a 35 °C) são de ocorrência comum no Sul do Brasil. Especialmente na época de semeadura antecipada, no estágio de germinação e de emergência, é mais comum a ocorrência de temperaturas baixas, que podem aumentar a duração desses subperíodos e ainda afetar o crescimento e o desenvolvimento inicial das plantas, causando o amarelecimento das folhas e reduzindo o perfilhamento (SANTOS et al., 2006).

Dependendo da cultivar, do vigor das sementes, do estado nutricional da cultura, do sistema de cultivo, da intensidade e da duração do período de frio, temperaturas inferiores a 20 °C já são consideradas prejudiciais ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas. A literatura relata como críticas temperaturas entre 15 e 17 °C, para os genótipos resistentes ou tolerantes, e de 17 a 19 °C, no caso dos susceptíveis (SOSBAI, 2014).

Uma prática utilizada pelos produtores de arroz irrigado visando buscar maiores rendimentos, é a antecipação da época de semeadura. Esta prática permite a realização de duas colheitas com apenas uma semeadura, no mesmo ano agrícola, através da condução do rebrote (cultivo da soca), pela capacidade de rebrote da cultura. Entretanto, essa prática é limitada à ocorrência de temperaturas abaixo de 17 °C nos meses de maio a setembro, que ocasionam uma menor velocidade de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de arroz (SOSBAI, 2014).

Além do problema relacionado às baixas temperaturas, a dormência das sementes, tem representado um entrave para os agricultores catarinenses na antecipação da implantação da lavoura de arroz. A manutenção da dormência das sementes após a colheita, por um período superior ao da entre safra, compromete o estabelecimento adequado da cultura pelo baixo percentual de germinação das sementes.

As causas da manutenção da dormência em arroz são diversas, no entanto, para a condição de produção de Santa Catarina muitas causas ainda precisam ser melhor elucidadas. Na região do Alto Vale do Itajaí, existem relatos de empresas produtoras de sementes e dos próprios agricultores, que esse problema varia conforme o ano, a cultivar, as condições climáticas pré e pós colheita, a época de colheita, o período de armazenamento e as condições de secagem.

Geralmente, o período de entre safra se mostrava suficiente para a superação da dormência. Em especial na

implantação da safra 2013/2014, o problema de dormência foi generalizado, em todas as regiões produtoras de Santa Catarina e em todas as cultivares, o período de entre safra não foi suficiente para a superação da dormência, e muitos produtores tiveram que ressemeiar suas áreas devido ao baixo percentual de germinação das sementes. As empresas produtoras de sementes e principalmente os agricultores não sabem informar qual o fator ou os fatores que ocasionaram a manutenção da dormência por período prolongado, sendo assim, é evidente a necessidade de um acompanhamento desse problema, para identificar alternativas que possam minimizar os efeitos negativos relacionados a dormência das sementes.

A antecipação da semeadura é uma ótima alternativa para o aumento da produção, principalmente nas áreas produtoras do Litoral (incluindo Litoral Sul, Centro e Norte) ou próximo (Região do Baixo e Médio Vale do Itajaí), onde a antecipação possibilita o cultivo da soca, aumentando a renda dos produtores, já que em áreas de arroz irrigado não é realizada a implantação de outras culturas (SOSBAI, 2014). No entanto, essa prática se limita a suscetibilidade das cultivares às baixas temperaturas nas fases iniciais de desenvolvimento e a manutenção da dormência por períodos prolongados após a colheita.

Diante das hipóteses de que (i) a ocorrência e manutenção da dormência das sementes após a colheita é dependente da cultivar e das condições climáticas durante o cultivo; e (ii) existe diversidade genética quanto a tolerância ao frio na germinação nas cultivares utilizadas pelos rizicultores catarinenses e a mesma é dependente da qualidade fisiológica das sementes, o objetivo deste trabalho foi caracterizar cultivares de arroz irrigado quanto a sua qualidade fisiológica, tolerância ao frio na germinação, presença de dormência e seus métodos de superação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximada de 158 milhões de hectares e uma produção de cerca de 746,7 milhões de toneladas de grãos em casca, e corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana (USDA, 2015).

A maior parte do arroz (90%) é cultivado na Ásia (SOSBAI, 2014). No Brasil, a rizicultura ocupa posição de destaque no agronegócio, onde o Brasil é o nono maior produtor de arroz (FAO, 2015), e o maior entre os países não orientais. As regiões brasileiras de maior produção de arroz são as regiões Sul e Norte (CONAB, 2015).

A cultura do arroz está entre os cereais de maior importância social e econômica no mundo, sendo considerado a base nutricional para grande parte da população visto que seu consumo médio mundial gira em torno de 60 kg habitante ano<sup>-1</sup> (FAO, 2015). Na América Latina, são consumidos, em média, 30 kg pessoa ano<sup>-1</sup>, destacando-se o Brasil como grande consumidor (45 kg pessoa ano<sup>-1</sup>) (SOSBAI, 2014). É importante destacar que este é um dos produtos em que o governo brasileiro tem dado maior importância no que se refere a políticas agrícolas devido a sua relevância na segurança alimentar. Com relação ao consumo, o Brasil demanda cerca de 12 milhões de toneladas, este fato o caracteriza como o maior consumidor do Mercosul (CONAB, 2015).

O cultivo de arroz irrigado, praticado na região Sul do Brasil contribui, em média, com 75% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro (66,5%). Em Santa Catarina, o plantio por meio do sistema pré-germinado responde pelo segundo lugar na produção do grão

irrigado, com mais de um milhão de toneladas anuais (8-9%) (CONAB, 2015).

## 2.2 CULTIVO DO ARROZ EM SANTA CATARINA

A área cultivada com arroz no estado de Santa Catarina tem se mantido constante ao longo dos anos, em torno de 150 mil hectares, com praticamente toda a produção em sistema irrigado (CONAB, 2015). A produtividade está estabilizada desde a safra 2004/05, enquanto no Rio Grande do Sul continuou a aumentar, estando ambas, próximas de 7.000 kg ha<sup>-1</sup> (SOSBAI, 2014).

Em Santa Catarina o arroz é produzido em 85 municípios, concentrados no Litoral (incluindo Litoral Sul, Centro e Norte) ou próximo (Região do Baixo e Médio Vale do Itajaí), com 92% da área. O restante está no Alto Vale do Itajaí, com 8% da área. Tratam-se de pequenas propriedades, com área média de 13,5 ha. O setor agroindustrial opera com 66 indústrias de beneficiamento, concentradas nas Regiões de Araranguá (30) e Criciúma (18), com capacidade para beneficiar 1.500 mil t ano<sup>-1</sup> de arroz em casca, bem superior à produção estadual, o que o leva a importar arroz em casca de outros estados, principalmente do Rio Grande do Sul. O principal produto originário das indústrias catarinenses é o arroz parboilizado (SOSBAI, 2014).

Em Santa Catarina, o valor bruto da produção (VBP) do arroz no ano de 2013 foi de R\$ 627 milhões, representando 3,4% do VBP dos principais produtos da agropecuária do estado. O PIB da agropecuária (Produto Interno Bruto), por sua vez, contribuiu com 4,7% do PIB catarinense (SOSBAI, 2014).

Mais de 30 mil pessoas dependem economicamente desta atividade. Não é um valor que impressiona pela participação, mas é importante por sua contribuição na diversificação na economia catarinense. Além disso, o cultivo de arroz ocupa áreas sujeitas à inundação, que seriam

exploradas com pecuária pouco produtiva e com baixa ocupação de mão de obra, como já ocorreu no passado. Talvez a maior importância social do cultivo de arroz no Sul do Brasil esteja na sua contribuição no barateamento da cesta básica (SOSBAI, 2014).

### 2.3 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Uma semente de alta qualidade oportuniza melhor estande da lavoura, melhor aproveitamento de fertilizantes e corretivos com redução dos problemas causados por invasoras, resultando no aumento da produtividade, sendo, então, um dos fatores de determinação da sustentabilidade da agricultura (SOUZA et al., 2007).

A qualidade fisiológica da semente é um somatório de seus atributos que indicam a capacidade da mesma de desempenhar funções vitais, como germinação, vigor e longevidade. A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica influencia diretamente no desenvolvimento da cultura, proporcionando maior uniformidade da população, ausência de doenças transmitidas por sementes, alto vigor das plantas, e alta produtividade (SARAIVA et al., 2007).

Informações sobre germinação e principalmente vigor de sementes são parâmetros que permitem estimativas seguras do potencial fisiológico das sementes. Este potencial pode assumir vários significados dentre eles o conjunto de aptidões para a manifestação dos processos vitais da semente. O vigor é a soma das propriedades que determinam o potencial de atividade e desempenho da semente, ou do lote de sementes, durante a germinação e a emergência das plântulas (LIU et al., 2014).

Existem vários fatores que influenciam o vigor das sementes, dentre eles as condições climáticas durante as etapas de desenvolvimento das sementes, patógenos e insetos, a nutrição da planta mãe, o manejo durante a colheita, a



secagem, o beneficiamento, a embalagem, armazenamento e o genótipo (MARCOS FILHO, 2005). Este último, segundo Prete e Guerra (1999) controla o máximo potencial de qualidade das sementes (germinação, emergência e vigor) e as condições ambientais determinam como esse potencial poderá se manifestar.

O teste de germinação e os testes de vigor são componentes essenciais no controle de qualidade das empresas produtoras de sementes, pois juntos permitem identificar os lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho no campo ou durante o armazenamento (MARTINS et al., 2002).

## 2.4 DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ

As sementes de arroz podem apresentar suspensão temporária da germinação, mesmo hidratada e sob condições favoráveis de temperatura, e nessa situação a semente é chamada de dormente (BEWLEY; BLACK, 1994). Em geral, as cultivares pertencentes à subespécie *Indica* apresentam maior dormência do que aquelas pertencentes à subespécie *Japônica* (ROBERTS, 1963).

Em arroz, a dormência é entendida como uma resistência à germinação pré e pós-colheita (FOLEY; FENNIMORE, 1998), estando relacionada aos níveis de maturação das sementes, devido à sua exposição a um conjunto de condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita (MENEZES et al., 2009).

Várias causas são apontadas como responsáveis pela dormência em sementes de arroz. A temperatura e a umidade são fatores que exercem influência na instalação da dormência, pois temperaturas baixas no início da maturação e altas, em torno de 30 °C, dez a quinze dias após a floração, induzem a dormência em arroz (MENEZES et al., 2009).

A interação das temperaturas elevadas, após a floração, com a presença de inibidores e a restrição de absorção ao O<sub>2</sub>, pelo complexo casca-pericarpo, também determinam a dormência em arroz (AMARAL, 1992). Para Bewley e Black (1994), nas sementes de arroz, a casca impede a entrada de oxigênio para que se realize o processo germinativo. Em relação à umidade, a ocorrência de alta umidade no final da maturação pode interromper a difusão de ar entre os tecidos das sementes (MENEZES et al., 2009).

Takahashi (1984) relatou que as sementes de arroz exibiram forte dormência quando as condições de umidade relativa e temperatura foram altas durante o período de maturação, concluindo que esse comportamento parece ser adaptativo para impedir a germinação sob condições desfavoráveis.

Nas sementes de arroz, a dormência, também, pode ser atribuída à presença de compostos fenólicos, inibidores da germinação localizados no endosperma, embrião e casca, com maior concentração no embrião, que reduzem a disponibilidade do oxigênio para o mesmo (AMARAL, 1992).

Vieira et al. (2000) relataram que a oxidação de compostos fenólicos, assim como a alta atividade respiratória em tecidos da cobertura de sementes, tais como o arroz, limitariam a disponibilidade de oxigênio para o embrião.

A atividade enzimática está, também, relacionada à dormência de sementes. Destaca-se a atividade da peroxidase, presente na casca e pericarpo das sementes, a qual caracteriza cultivares dormentes, agindo como catalisador nas reações de oxidação, auxiliando os compostos fenólicos que competem pelo O<sub>2</sub> e inibem o processo de germinação. Para Bewley e Black (1994), a enzima peroxidase presente na casca toma parte no complexo consumo de oxigênio, sendo que a alta atividade desta enzima caracteriza as cultivares dormentes (VIEIRA, 1991).

Pode ocorrer ampla variação entre cultivares, lotes e safra agrícola, podendo a dormência se manter de 70 até 120 dias após a colheita (GUIMARÃES et al., 2000). Esse fenômeno, no entanto, ainda permite discussão e inúmeras pesquisas tem sido realizadas, a fim de definir as possíveis causas para ocorrência da dormência nas sementes, bem como formas para sua superação.

A ocorrência de dormência nos estádios finais de amadurecimento é vantajosa para a planta, pois representa uma barreira à germinação precoce da semente madura ou quase madura, quando ainda se encontra na planta mãe (BRYANT, 1989).

No entanto, pode ser considerada um problema se for mantida após a colheita, por períodos superiores ao da entre safra, pois resultará em baixo percentual de germinação, com conseqüente desuniformidade de estande inicial de plantas, gerando prejuízos não somente para os produtores, mas também para as empresas que comercializam essas sementes.

A manutenção da dormência das sementes depende muito das condições pós-colheita às quais as mesmas são submetidas (DELATORRE, 1999). Segundo Li e Foley (1996), as condições pós-colheita podem facilitar a degradação de polipeptídeos associados à dormência, ou induzir, ou ativar proteínas requeridas para rápida degradação de RNAs associados à dormência.

O período de dormência das sementes de arroz é variável entre cultivares, porém, as condições de armazenamento, principalmente com a elevação da temperatura, segundo Bewley e Black (1994), podem reduzi-lo, facilitando significativamente a germinação das sementes. As condições de armazenamento agem na superação da dormência das sementes de arroz, volatilizando os compostos fenólicos e outros inibidores da germinação, presentes no endosperma, embrião, pericarpo e casca, que reduzem a disponibilidade de O<sub>2</sub> para o embrião (AMARAL, 1992).

Supõe-se que em sementes recém-colhidas, a entrada de água nos tecidos dificulta a absorção de oxigênio e que o armazenamento da semente seca por um determinado período, promove a difusão do O<sub>2</sub> para o interior, determinando a redução na quantidade de inibidores da germinação e favorecendo a superação da dormência (MENEZES et al., 2009).

## 2.5 TOLERÂNCIA AS BAIXAS TEMPERATURAS

Um dos problemas para a cultura do arroz é a ocorrência de temperaturas baixas em diversos países produtores (CASTILLO; ALVARADO, 2002) bem como no Sul do Brasil (CRUZ; MILACH, 2000). Cultivares modernas da subespécie *Indica*, são sensíveis ao frio, muitas vezes tem seu desempenho prejudicado. Devido a isso, a maioria das cultivares utilizadas em regiões de clima temperado pertence à subespécie *Japônica* (MACKILL; LEI, 1997).

A região Sul do Brasil, principal produtora brasileira de arroz, apesar de apresentar elevados índices médios de produtividade (acima de 5 t ha<sup>-1</sup>), sofre grande variação ao longo dos anos, isto se deve especialmente às condições climáticas. A ocorrência de baixas temperaturas durante as fases críticas de desenvolvimento está relacionada a oscilações na produtividade (STEINMETZ et al., 2005). Se o estresse ocorrer na fase de implantação da cultura, falhas no estande podem ser observadas. Se a incidência de frio ocorrer mais tarde, na fase reprodutiva, pode provocar esterilidade prejudicando o rendimento. Sendo assim, a utilização de cultivares tolerantes a baixas temperaturas poderia contornar o problema (TORRES TORO, 2006).

Embora a incidência de frio no Brasil não seja tão severa, a região Sul responsável pela maior parte da produção nacional do grão, sofre com a ocorrência de temperaturas entre

10 e 18° C durante o cultivo, podendo causar prejuízos de até 25% (CRUZ; MILACH, 2000).

Diversos fatores estão relacionados com o dano provocado devido à incidência de frio, além da duração e intensidade do referido estresse, o manejo da cultura, a cultivar utilizada (SOUZA, 1990), o nível nutricional das plantas (OKABE; TORIYAMA, 1972) e principalmente o estágio de desenvolvimento em que elas se encontram.

De maneira geral a planta de arroz é sensível as baixas temperaturas durante todo o seu ciclo de desenvolvimento. No entanto, alguns estágios são mais críticos, entre eles destacam-se a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, e o reprodutivo (microsporogênese e antese) (YOSHIDA, 1981). Durante o período de germinação, os sintomas de dano mais observados são o atraso e conseqüente diminuição na porcentagem de germinação. No estágio de plântula, pode ocorrer atraso no desenvolvimento, redução na estatura e amarelecimento das folhas (BOSETTI, 2012). No período reprodutivo, ocorre a má exposição da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas (SOUZA, 1990).

A herança da tolerância ao frio em arroz apesar de ser controlada por vários genes, possui herdabilidade alta (STHAPIT; WITCOMBE, 1998). Estudos demonstram que a tolerância ao frio em arroz nos estágios vegetativo e reprodutivo é governada por fatores genéticos diferentes e que atuam em direções opostas (KAW; KHUSH, 1986) resultando em um genótipo tolerante ao frio em determinado estágio e sensível em outro. Isso ocorre provavelmente pelo fato de diferentes genes de tolerância e mecanismos fisiológicos estarem envolvidos em cada estágio. Esta falta de correlação entre um estágio e outro torna o melhoramento para essa característica bastante complicado quando o objetivo é incorporar tolerância em vários estágios (DATTA; SIDDIQ, 1983), a seleção deve ser realizada separadamente em cada um deles.

Em Santa Catarina, a necessidade de tolerância ao frio está principalmente relacionada à origem tropical (*Indica*) dos genótipos e à localização geográfica (subtropical). Além disto, as cultivares utilizadas no estado são mais sensíveis às baixas temperaturas na fase de pré floração, 14 a 7 dias antes da emissão das panículas, período conhecido como emborrachamento (SOSBAI, 2014).

A tolerância ao frio pode ser avaliada através de diferentes técnicas, sendo que o tipo de herança encontrado é válido somente para a característica avaliada, os genótipos estudados e o nível de estresse empregado (CRUZ, 2001). De forma geral, a herança de tolerância ao frio em arroz parece ser poligênica, mas CHUNG (1979) identificou poucos genes atuando durante a germinação. Apesar dos resultados de estudos indicarem que os caracteres de tolerância sejam de fácil seleção e transferência, muitas dificuldades ainda existem no melhoramento para tolerância ao frio em arroz.

A obtenção de genótipos tolerantes ao frio nas fases de germinação e vegetativa é de extrema importância para que se garantam os benefícios do plantio antecipado, considerado um dos principais fatores para obtenção de maiores rendimentos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, A.S. Aspectos da dormência em sementes de arroz. **Lavoura arroeira**, Porto Alegre, v.45, n.405, p. 3-6, 1992.

ARENHAT, R. A. **Análise funcional dos genes ASR (*Abscisc acid, Stress and Repeing*) de arroz (*Oryza sativa L.*) em resposta ao estresse por alumínio**. 2008. 94 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: Springer Verlag, 1994. 375p.

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

BRAY, E. A.; BAILEY SERRES, I.; WERE TILNYK, E. (2000). **Responses to abiotic steress**. In: GRUISSEM, W.; BUCHANNAN, B.; JONES, S. R. Biochemistry and molecular biology of plants. American Society of Plant Physiologists: 1158-1249 p.

BRYANT, J.A. **Fisiologia da semente**. São Paulo: EPU, 1989. 86p.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.

**Acompanhamento de safra brasileira 2015**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_grãos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_grãos_setembro_2014.pdf)>. Acesso em: 21 abril. 2015.

CHUNG, G.S. **Report of rice cold tolerance Workshop**. Los Baños: International Rice Research Institute, p.7-19, 1979.

CRUZ, R. P. da. **Bases genéticas da tolerância ao frio em arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 155p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

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

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

DELATORRE, C.A. Dormência em sementes de arroz vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.565-571. 1999.

FAO. **FAOSTAT**: rice market monitor. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitorrmm/en/>>. Acesso em: 21 abril. 2015.

FOLEY, M.E.; FENNIMORE, S.A. Genetic basis for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.173-182. 1998.



FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE/ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>> Acesso em: 21 abril 2015.

GUIMARÃES, I.F.G; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1, p.77-88. 2000.

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

LI, B.; FOLEY, M.E. Transcriptional and posttranscriptional regulation of dormancy-associated gene expression by afterripening in wild oat. **Plant Physiology**, Rockville, v.110, p.1267-1273, 1996.

LIU, L. et al. Dynamic quantitative trait locus analysis of seed vigor at three maturity stages in rice. **PLoS ONE**, v. 12, p. 1-18, 2014.

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.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARTINS, C.C. et al. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve- brócolos (*Brassica oleraceae* L. var. *Itálica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.2, 2002.

MENEZES, N. L. de; FRANZIN, S. M.; BORTOLOTTI, R. P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.7, n.1, p.35- 44, 2009.

OKABE, S.; TORIYAMA, K. Tolerance to cool temperatures in Japanese rice varieties. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice breeding**. Los Baños, 1972. p. 529-531.

OKUNO, K. Genetics and molecular biology research on cold tolerance of rice. In: INTERNATIONAL TEMPERATURE RICE CONFERENCE, 3., 2003, Punta del Este. **Anais...** Punta del Este: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 2003. CD – ROM.

PRETE, C. E. C.; GUERRA, E.P. (1999) Qualidade fisiológica de sementes. In: Destro D & Montalvan R (Eds.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina, UEL. p. 659-674.

ROBERTS, E.H. An investigation of inter varietal differences in dormancy and viability of rice seed. **Annals of Botany**, London, v.27, p.365-367, 1963.

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

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIERIA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. 1.000 p.

SARAVIA, C. T.; PERES, W. B.; RISSO, J. Manejo da temperatura do ar na secagem intermitente de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.23-27, 2007.

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

SOUZA, L.C.D.; YAMASHITA, O.M.; CARVALHO, M.A.C. Qualidade de sementes de arroz utilizadas no norte de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.29, n.2, p.223-228, 2007.

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

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

TAKAHASHI, N. **Seed germination and seedling growth**. Amsterdam: Japan, 1984, p.80.

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

**VIEIRA, A.R. Efeitos de compostos fenólicos na dormência de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) e eficiência de tratamentos pré-germinativos.** 1991. 58p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; OLIVEIRA J.A.; SANTOS, C.D. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes dormentes de arroz armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.2, p.53-61, 2000.

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

### 3 DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM PRÉ E PÓS ARMAZENAMENTO

#### 3.1 RESUMO

A ocorrência de dormência em sementes de arroz, associada a fatores que interferem na eficiência dos métodos de superação, são limitantes para as análises fisiológicas. Os objetivos deste trabalho foram verificar a ocorrência de dormência em sementes de arroz irrigado em pré e pós armazenamento e sua influência sobre a eficiência de avaliação da germinação e vigor. Foram utilizadas sementes de sete cultivares de arroz irrigado (Epagri 108, Epagri 109, SCS BRS Tio Taka (SCS 113), SCS 114 Andosan, SCS 116 Satoru, SCS 117 CL e SCS 118 Marques), produzidas na safra 2013/14, na região do Alto Vale do Itajaí. As sementes foram coletadas logo após o seu beneficiamento e após 120 dias de armazenamento em condições convencionais. A qualidade fisiológica foi determinada através dos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado, emergência em areia, índice de velocidade de emergência e comprimento de plântula. As sementes coletadas após o beneficiamento foram submetidas a superação de dormência com pré-secagem em estufa durante cinco dias a 50 °C antes das análises fisiológicas. Os resultados obtidos demonstraram que a ocorrência de dormência em pós colheita, associada a métodos que não proporcionem a sua total superação interferem na avaliação da qualidade fisiológica. A condição de armazenamento convencional por um período de 120 dias foi eficiente na superação natural da dormência para todas as cultivares e lotes avaliados, mostrando ser o melhor momento para a análise da qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Qualidade fisiológica. Superação.

### 3.2 INTRODUÇÃO

A semente é um insumo extremamente importante, pois o potencial máximo de produtividade agrícola é determinado pelo potencial genético, disponibilizado através das sementes (MARQUES et al., 2014).

O uso de sementes com alta qualidade, procedência conhecida são pré-requisitos básicos para estratégias de manejo visando o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da atividade orizícola, onde uma das ferramentas essenciais para alcançar esses resultados é a análise das sementes (SOSBAI, 2012; MIGUEL et al., 2001).

A rapidez na avaliação da qualidade fisiológica das sementes proporciona inúmeras vantagens, como a possibilidade de descartar lotes de sementes com qualidade inferior, na recepção, na unidade de beneficiamento de sementes, com conseqüente economia dos custos de um beneficiamento desnecessário (BALDI et al., 2012).

O teste de germinação e os testes de vigor são componentes essenciais no controle interno de qualidade das empresas produtoras de sementes, pois juntos permitem identificar os lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho no campo ou durante o armazenamento (MARTINS et al., 2002).

Para sementes de arroz, o tempo para avaliação da germinação é de até 14 dias (BRASIL, 2009), período considerado longo para atender aos interesses de comercialização, havendo a necessidade da utilização de métodos que avaliem de maneira prática, rápida, econômica e eficiente a qualidade das sementes através de um conjunto de testes de vigor que expressem a real qualidade fisiológica dos lotes, principalmente na fase de formação da plântula (WRASSE et al., 2009).

A dormência em sementes de arroz, principalmente quando recém colhidas, pode apresentar obstáculos à sua

análise, comercialização e plantio imediato (SMIDERLE; PEREIRA, 2008).

Devido a presença de dormência em sementes de arroz e a variabilidade existente quanto ao período para a total superação da mesma após a colheita, o momento em que as amostras de sementes são coletadas para envio ao laboratório, associado a métodos que não proporcionam a total superação da dormência das sementes, são fatores que podem interferir nos resultados obtidos quanto a qualidade fisiológica.

Os objetivos deste trabalho foram verificar a ocorrência de dormência em sementes de arroz irrigado em pré e pós armazenamento e sua influência sobre a eficiência de avaliação da germinação e vigor.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizadas sementes de sete cultivares de arroz irrigado (Epagri 108, Epagri 109, SCS BRS Tio Taka (SCS 113), SCS 114 Andosan, SCS 116 Satoru, SCS 117 CL e SCS 118 Marques), sendo cada cultivar representativo de um lote de sementes. Foram produzidas na safra 2013/14, em campos de produção de sementes certificadas de primeira geração, pertencentes a produtores da Cooperativa Regional Agropecuária do Vale do Itajaí (CRAVIL), na região do Alto Vale do Itajaí. Localizados a uma latitude 27°12'51" sul e a uma longitude 49°38'35" oeste (entre a Serra do Mar e a Serra Geral), e a uma altitude de 339,88 metros acima do nível do mar. O clima predominante é o mesotérmico úmido com verão quente (Cfa).

A coleta das sementes para a avaliação da qualidade fisiológica foi realizada em duas etapas: a primeira foi realizada logo após o beneficiamento das sementes (início do armazenamento) e a segunda após 120 dias de armazenamento em condições convencionais, sem controle de temperatura e umidade (início da comercialização das sementes).

Com o auxílio de um amostrador simples (tipo Nobbe) foram coletadas amostras simples em diferentes pontos do lote referente a cada cultivar. A união das amostras simples de cada cultivar formou a amostra composta, que foi levada ao laboratório de análise de sementes do CAV/UEDESC, homogeneizada e reduzida para formar a amostra média de 1.400 g, utilizando um quarteador de amostras (BRASIL, 2009). As amostras de trabalho de cada cultivar foram obtidas a partir da amostra média por homogeneização e divisão em quatro repetições com pesos semelhantes, conforme descrito por Coelho et al. (2010). Em seguida, as sementes foram mantidas em câmara seca a 10 °C e  $\pm$  50% de umidade relativa até a realização dos testes.

As sementes provenientes da primeira coleta foram submetidas a superação de dormência, utilizando a pré-secagem em estufa com circulação de ar, a 50 °C durante cinco dias (BRASIL, 2009).

A umidade das sementes foi determinada pelo método da estufa a 105 °C, com duas repetições de aproximadamente 5 g cada, e o resultado final foi obtido pela média aritmética das porcentagens das repetições (BRASIL, 2009).

O teste de germinação foi conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes para cada cultivar, em rolo de papel Germitest<sup>®</sup>, e mantidos em germinador (tipo Mangelsdorf) regulado a 25 °C, durante todo o período do teste. O volume de água, para umedecer o papel foi o equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O percentual de germinação foi obtido pelo número de plântulas normais. O comprimento de plântula no teste de germinação foi determinado utilizando-se quatro repetições de 15 plântulas normais (GMACH et al., 2013).



O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido conforme descrito por Krzyzanowski et al. (1991), em caixas plásticas, onde as sementes ficaram dispostas sobre a superfície de uma tela de alumínio, posicionada acima da lâmina formada por 40 ml de água, mantidas em câmara de envelhecimento acelerado a 45 °C por 72 horas (GMACH et al., 2013). Após esse período, as sementes foram distribuídas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecido com 2,5 vezes o seu peso seco com água destilada, mantidas em germinador (tipo Mangelsdorf) regulado a temperatura de 25 °C. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por cultivar. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O vigor foi obtido pelo número de plântulas normais. O comprimento de plântula no teste de envelhecimento acelerado foi determinado utilizando-se quatro repetições de 15 plântulas normais (GMACH et al., 2013).

O teste de frio foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por cultivar, semeadas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos, para evitar a perda de umidade, e mantidos em BOD (*biochemical oxygen demand*) a temperatura de 10 °C, durante sete dias. Após este período os rolos foram transferidos para um germinador (tipo Mangelsdorf) a 25 °C, onde permaneceram por mais sete dias. A avaliação foi realizada contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O vigor foi obtido pelo número de plântulas normais. O comprimento de plântula no teste de frio foi determinado utilizando-se quatro repetições de 15 plântulas normais (GMACH et al., 2013).

O teste de emergência em areia foi conduzido em bandejas plásticas (60x40x10 cm), contendo areia como substrato. A semeadura foi realizada em linhas, espaçadas 2 cm entre si, com quatro repetições de 50 sementes por cultivar,

mantidas em casa de vegetação. As plântulas emergidas foram contabilizadas diariamente até o momento em que não se observaram novas plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi obtido em conjunto com o teste de emergência em areia. Calculado pelo somatório do número de sementes emergidas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência, de acordo com a fórmula de Maguire (1962):  $IVE = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n)$ , em que, IVE = índice de velocidade de emergência,  $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$  = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

A viabilidade pelo teste de tetrazólio foi determinada nas amostras coletadas após o beneficiamento e após a superação de dormência. Utilizaram-se duas repetições de 100 sementes cada, pré-condicionadas em papel Germitest® umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco, durante 18 horas, em germinador regulado à temperatura de 25 °C. Após este período, as sementes foram seccionadas na região do embrião e colocadas em um recipiente com uma solução de concentração de 0,1% de 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio e, em seguida, mantidas no escuro, em estufa com temperatura de 30 °C, por quatro horas, para a coloração. Após lavagem em água destilada, as sementes foram classificadas em viáveis e inviáveis conforme a ausência ou intensidade da coloração do embrião (BRASIL, 2009).

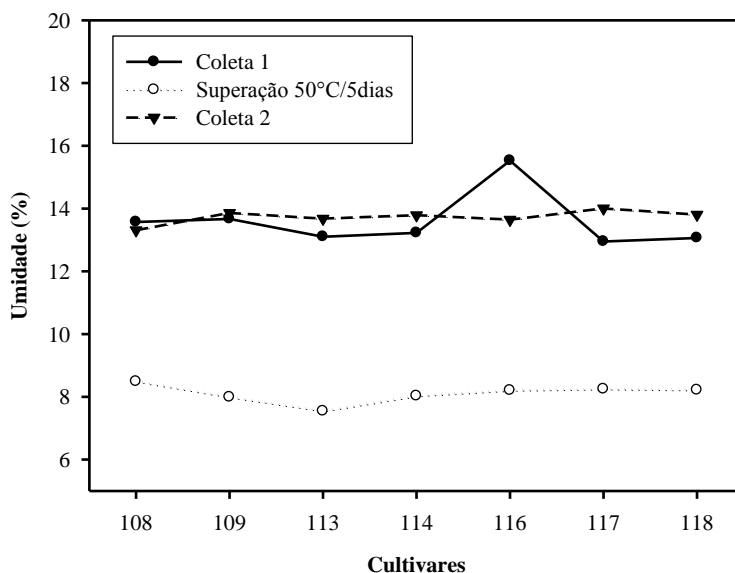
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial sete (cultivar) e dois (coleta) com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. As variáveis de germinação, envelhecimento acelerado e teste de frio que não apresentaram distribuição normal foram

transformados em arco seno  $(x/100)^{1/2}$ . As médias apresentadas são dos dados originais. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA, 2011).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de umidade determinado nas sementes coletadas logo após o beneficiamento, após a superação da dormência e após 120 dias de armazenamento pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento (coleta 1), após a superação de dormência de 50 °C por cinco dias e após 120 dias de armazenamento (coleta 2), safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Com exceção da cultivar SCS 116 Satoru, na coleta 1, não ocorreram variações significativas entre as cultivares nas coletas 1 e 2, o percentual de umidade das sementes se manteve próximo de 13% para todas as cultivares (Figura 1). Após a superação de dormência ocorreu redução de aproximadamente 5% na umidade das sementes, mas que não influenciou os resultados de qualidade fisiológica. Mattioni et al. (2011), avaliando a qualidade física e fisiológica de sementes de arroz, utilizando a pré-secagem em estufa a 50 °C por cinco dias, reduziu a umidade das sementes de 11,4% para 5,0% em média, e concluiu que a qualidade fisiológica de sementes de arroz não é afetada pelo processo de pré-secagem.

De acordo com os resultados observados na análise de variância (Tabela 1), conforme valores do quadrado médio, para o teste de germinação, frio, envelhecimento acelerado e comprimento de plântula no envelhecimento acelerado houve efeito significativo da interação entre cultivar e coleta, indicando diferenças significativas entre as cultivares e o momento em que foi realizada a coleta das sementes para a análise da qualidade fisiológica, associado ao método de superação da dormência utilizado.

Tabela 1- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula no teste de germinação (C.GR), comprimento de plântula no teste de frio (C.FR), comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA), emergência em areia (EM) e índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 e da coleta 2, safra 2013/14 (Continua).

F.V.	GL	Quadrado médio			
		GR	FR	EA	C.GR
<b>Cultivar (C)</b>	6	0,035*	0,085*	0,240*	9,53 <sup>ns</sup>
<b>Coleta (CL)</b>	1	0,459*	0,526*	0,028*	1.751,68*
<b>C*CL</b>	6	0,026*	0,075*	0,034*	7,02 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	42	0,005	0,006	0,005	4,12
<b>C.V. (%)</b>	-	6,18	8,00	7,04	9,74

Tabela 1- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula no teste de germinação (C.GR), comprimento de plântula no teste de frio (C.FR), comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA), emergência em areia (EM) e índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 e da coleta 2, safra 2013/14 (Conclusão).

F.V.	GL	Quadrado médio			
		C.FR	C.EA	EM	IVE
<b>Cultivar (C)</b>	6	68,59 <sup>ns</sup>	3,63*	0,035 <sup>ns</sup>	70,93 <sup>ns</sup>
<b>Coleta (CL)</b>	1	10,80 <sup>ns</sup>	1.495,88*	1,254*	1.291,68*
<b>C*CL</b>	6	66,30 <sup>ns</sup>	3,05*	0,030 <sup>ns</sup>	25,86 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	42	61,12	0,97	0,019	47,34
<b>C.V. (%)</b>	-	42,72	5,93	12,66	47,03

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

Coleta 1: logo após o beneficiamento das sementes; Coleta 2: após 120 dias de armazenamento em condições convencionais.

Para os testes de comprimento de plântula na germinação, emergência em areia e índice de velocidade de emergência houve apenas efeito significativo para coleta, e os maiores valores foram apresentados pelas sementes coletadas após 120 dias de armazenamento (coleta 2), sem superação de dormência pelo método da estufa (Tabela 2).

Tabela 2- Emergência em areia (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento de plântula na germinação (C.GR) de sementes de arroz irrigado, provenientes das coletas 1 e 2, safra 2013/14.

<b>Coleta</b>	<b>EM (%)</b>	<b>IVE</b>	<b>C.GR (cm)</b>
Coleta 1	65b	9,82b	15b
Coleta 2	88a	19,43a	26a

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

Coleta 1: logo após o beneficiamento das sementes; Coleta 2: após 120 dias de armazenamento em condições convencionais.

Para o teste de germinação em todas as cultivares, com exceção da Epagri 109, os maiores percentuais foram apresentados pelas sementes coletadas após 120 dias de armazenamento, quando comparadas com as sementes coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a superação de dormência pelo método da estufa (Tabela 3).

Tabela 3- Percentual de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA) e comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA) de sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 (C.1) e da coleta 2 (C.2), safra 2013/14 (Continua).

<b>Cultivar</b>	<b>GR (%)</b>		<b>FR (%)</b>	
	C.1	C.2	C.1	C.2
Epagri 108	80bcB	93abA	67abB	86abA
Epagri 109	89abA	86bA	75abA	57cB
SCS BRS Tio Taka	77bcB	93abA	69abA	78bA
SCS 114 Andosan	71cB	94abA	58bcB	88abA
SCS 116 Satoru	77bcB	92abA	58bcB	78bA
SCS 117 CL	93aB	97aA	80aB	96aA
SCS 118 Marques	77bcB	93abA	47cB	84bA



Tabela 3- Percentual de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA) e comprimento de plântula no envelhecimento acelerado (C.EA) de sementes de arroz irrigado, provenientes da coleta 1 (C.1) e da coleta 2 (C.2), safra 2013/14 (Conclusão).

<b>Cultivar</b>	<b>EA (%)</b>		<b>C. EA (cm)</b>	
	C.1	C.2	C.1	C.2
Epagri 108	76bA	76bcA	11abB	22abA
Epagri 109	79bB	87abA	13aB	22abA
SCS BRS Tio Taka	75bA	65cA	11abB	21bA
SCS 114 Andosan	59cdB	80bcA	10bB	22abA
SCS 116 Satoru	51dA	38dB	12abB	22abA
SCS 117 CL	91aA	94aA	11abB	23aA
SCS 118 Marques	70bcB	83bA	11abB	22abA

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

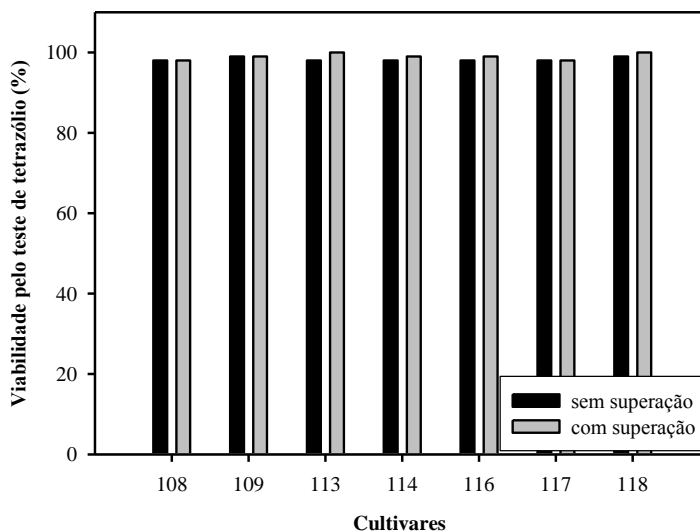
Coleta 1: logo após o beneficiamento das sementes. Coleta 2: após 120 dias de armazenamento em condições convencionais.

Na coleta 1, com superação de dormência, as cultivares SCS 117 CL e Epagri 109 foram as que apresentaram os maiores percentuais de germinação (93% e 89% respectivamente) e a cultivar SCS 114 Andosan a menor germinação (71%), não diferindo estatisticamente das demais cultivares (Epagri 108, SCS BRS Tio Taka, SCS 116 Satoru e SCS 118 Marques). Na coleta 2, apenas as cultivares Epagri 109 (86%) e SCS 117 CL (97%) diferiram entre si, quanto a germinação. Estes resultados demonstraram que as cultivares responderam de forma diferenciada quanto a superação de dormência, principalmente logo após a colheita, o que pode influenciar na sua certificação, e consequente comercialização.

De acordo com a Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013 (ABRASEM, 2013), e os resultados observados na coleta 1, apenas as sementes das cultivares Epagri 108, Epagri 109 e SCS 117 CL poderiam ser comercializadas como sementes certificadas de primeira geração. Enquanto que, na coleta 2 todas as cultivares apresentaram germinação superior a 80%, dentro do mínimo exigido para sua comercialização.

Para evidenciar que os baixos percentuais de germinação observados após a superação de dormência, não foram devido à perda de viabilidade das sementes pela pré-secagem em estufa a 50 °C durante cinco dias, foi realizado o teste de tetrazólio com as sementes coletadas após o beneficiamento e após a superação de dormência (Figura 2).

Figura 2- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas após o beneficiamento (sem superação) e após a superação de dormência de 50 °C durante cinco dias (com superação), safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Os resultados do teste de tetrazólio demonstraram que para todas as cultivares, as sementes coletadas logo após o beneficiamento e após a superação de dormência, apresentaram viabilidade próxima de 100%, comprovando a ocorrência de dormência nas sementes e que o método de superação utilizado não ocasionou a perda de viabilidade das mesmas.

Os resultados obtidos demonstram que uma atenção especial deve ser dada pelas empresas produtoras de sementes, com relação ao momento em que é realizada a coleta das amostras para envio ao laboratório de análise de sementes, pois a presença de sementes dormentes em um lote, bem como, a intensidade e a duração da dormência, interferem, diretamente,

na eficiência dos tratamentos utilizados para sua superação e conseqüentemente nos resultados obtidos (SARTORI et al., 2014; DIAS; SHIOGA, 1997). Pode ocorrer o descarte de lotes de sementes com elevada qualidade fisiológica, quando a análise é realizada logo após a colheita e a dormência não é totalmente superada.

No teste de frio apenas a cultivar Epagri 109 apresentou o menor vigor na coleta 2 e para a cultivar SCS BRS Tio Taka não houve diferença entre as coletas. Para as demais cultivares o maior vigor foi observado na coleta 2. Os resultados obtidos para o teste de frio, demonstraram que os lotes provenientes da coleta 1, com um maior percentual de sementes dormentes, apresentaram os menores percentuais de vigor (Tabela 3).

O teste de vigor quanto a tolerância ao frio pode funcionar como um instrumento de grande valor para seleção prévia de cultivares que apresentem sementes com bom potencial de emergência em solos frios e úmidos (KRZYZANOWSKY; FRANÇA NETO, 1999), condições estas que são normalmente encontradas em semeaduras a partir de setembro a meados de outubro na região Sul do Brasil (SOSBAI, 2014). Desta forma, a cultivar SCS 117 CL que apresentou o maior vigor (80% na C1 e 96% na C2) pelo teste de frio, pode demonstrar bom potencial de emergência em solos frios e úmidos.

Para o teste de vigor pelo envelhecimento acelerado houve diferença entre as coletas apenas para as cultivares Epagri 109, SCS 114 Andosan, SCS 118 Marques com o maior vigor na coleta 2 e na cultivar SCS 116 Satoru com o maior vigor na coleta 1. Os resultados obtidos foram semelhantes quanto ao vigor pelo teste de frio, onde os lotes provenientes da coleta 1, com um maior percentual de sementes dormentes, apresentaram os menores percentuais de vigor.

As cultivares SCS 116 Satoru, SCS BRS Tio Taka e SCS 114 Andosan, apresentaram sementes com baixo vigor pois exibiram queda mais acentuada da viabilidade, quando

submetidas às condições do teste de envelhecimento acelerado, enquanto as mais vigorosas (SCS 117 CL e Epagri 109) apresentaram maior capacidade de produzir plântulas normais (MARCOS FILHO et al., 2000).

Para Tekrony (1995), através do teste de envelhecimento acelerado, é possível classificar um lote de sementes como de alto vigor quando os resultados são superiores a 80%, vigor médio entre 60 e 80% e baixo quando inferior a 60%. Assim, ao analisar as cultivares na coleta 2, a cultivar SCS 117 CL apresentou alto vigor (94%) não diferenciando da Epagri 109 (87%), e o baixo vigor foi apresentado pela cultivar SCS 116 Satoru (38%), seguida das cultivares SCS BRS Tio Taka, Epagri 108 e SCS 114 Andosan. Na coleta 1, as cultivares SCS 116 Satoru e a SCS 114 Andosan apresentaram baixo vigor (51% e 59%), seguidas pelas cultivares SCS 118 Marques, SCS BRS Tio Taka, Epagri 108 e Epagri 109, e a cultivar SCS 117 com alto vigor (91%).

Para o comprimento de plântula no teste de envelhecimento acelerado, para todas as cultivares os maiores valores foram obtidos nas amostras coletadas ao final do armazenamento. Na coleta 2 apenas as cultivares SCS 117 CL (23 cm) e SCS BRS Tio Taka (21 cm) diferenciaram-se entre si, e na coleta 1 apenas as cultivares SCS BRS Tio Taka e SCS 114 Andosan diferenciaram da cultivar Epagri 109.

De maneira geral, para a maioria dos testes e cultivares, a coleta realizada aos 120 dias após o beneficiamento proporcionou resultados superiores aos observados na coleta realizada logo após o beneficiamento e com superação de dormência.

Além disto, ao se comparar as cultivares dentro de cada condição avaliada, nota-se que as mesmas apresentaram desempenho diferenciado dependendo da coleta, ou seja, valores de germinação e vigor diferentes, dificultado a diferenciação das cultivares. Com exceção da cultivar SCS 117 CL que apresentou o melhor desempenho independente da

coleta, as demais cultivares apresentaram viabilidade e vigor variável de acordo com a coleta.

Os resultados observados na coleta 2 podem ser justificados pela superação da dormência das sementes de forma natural, ao longo do período de armazenamento. A manutenção da dormência das sementes de arroz é variável entre cultivares, mas com o tempo de armazenamento a dormência é superada lentamente, principalmente com a elevação da temperatura (VIEIRA et al., 2008). Ocorrendo a volatilização dos compostos fenólicos e outros inibidores da germinação, presentes no endosperma, embrião, pericarpo e casca, que reduzem a disponibilidade de O<sub>2</sub> para o embrião (AGOSTINETTO et al., 2001), promovendo assim a germinação.

Assim, o melhor momento para enviar as amostras de sementes para a análise em laboratório credenciado, seria após 120 dias de armazenamento, pois nas cultivares avaliadas, a superação de dormência foi próxima de 100%, o que permite diferenciar as cultivares sem a influência da dormência. Além disto, a análise de sementes recém colhidas exigiria a superação de dormência, o que não daria um indicativo do momento em que a dormência será superada no armazenamento, podendo ocorrer a comercialização de sementes com baixo percentual de germinação devido a presença de sementes dormentes.

No entanto, quando for necessário realizar a análise da qualidade fisiológica imediatamente após a colheita, recomenda-se às empresas produtoras de sementes que solicitem a realização do teste de tetrazólio pelo laboratório credenciado, pois o mesmo permite a determinação da viabilidade, inclusive nas sementes dormentes (TUNES et al., 2009), e também uma rápida estimativa do potencial de germinação de um lote de sementes.

### 3.5 CONCLUSÃO

A ocorrência de dormência em sementes de arroz irrigado em pós colheita interfere na eficiência das análises da qualidade fisiológica no laboratório pela baixa germinação e vigor.

A condição de armazenamento convencional por 120 dias promoveu naturalmente a superação da dormência para todas as cultivares avaliadas, mostrando ser o momento ideal para proceder a análise da qualidade fisiológica das sementes de arroz.

Para análise de sementes de arroz recém colhidas, recomenda-se o teste de tetrazólio, pois permite determinar a viabilidade das sementes mesmo com presença de dormência.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 341- 349, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS – ABRASEM. **Instrução Normativa n° 45, de 17 de setembro de 2013**. Brasília, 2013, 38 p.

BALDI, M. E. et al. Métodos alternativos para superação da dormência em sementes de arroz irrigado. **Informativo ABRATES**, v.22, n.2, p. 16- 19, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 365p.

COELHO, C. M. M. et al. Características morfo agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 1177-1186, 2010.

DIAS, M.C.L.L.; SHIOGA, P.S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.19, n.1, p.52-57, 1997.

GMACH, J. R. et al. Métodos para Superação da Dormência em Sementes de Genótipos Locais de Arroz Produzidos em Sistema Agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, 2013.



KRZYŻANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. **Testes de vigor em sementes**. In: Encontro sobre avanços em tecnologia de sementes. Pelotas: FAEM/UFPel, 1999. 111p.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2. 1991.

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

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Tamanho da semente e o teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.473-482, 2000.

MARQUES, E. R. et al. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**, v.36, n.1, p.32-39, 2014.

MARTINS, C.C. et al. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleraceae* L. var. *Itálica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.2, 2002.

MATTIONI, N. M. et al. Efeito da pré-secagem na qualidade física e fisiológica de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista da FZVA**. Uruguaiiana, v.18, n. 1, p. 98-107. 2011.

MIGUEL, M. H. et al. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 58, n. 4, p.742-746, 2001.

SARTORI, G. M. S. et al. Germinação de arroz irrigado e de biótipos de arroz-vermelho submetidas a diferentes temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 319-326, 2014.

SILVA, F. de A. S. **Assistat**. Versão 7.7 beta (2011). Disponível em <http://www.assistat.com/indexp.html>.

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

SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, P. R. V. S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 TAIM, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.74-80, 2008.

TEKRONY, M. A. S. Accelerated ageing. In: HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 1995. p. 35- 50.

TUNES, L. M. D.; BADINELLI, P. G.; OLIVO, F.; BARROS, A. C. S. A. Tratamentos para superação da dormência em sementes de cevada. **Scientia agraria**, v. 10, n. 1, p. 015-021, 2009.

VIEIRA, A. R. et al. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.81-89, 2008.

WRASSE, C. F. et al. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Científica**, Jaboticabal, v.37, n.2, p.107 - 114, 2009.

## 4 MONITORAMENTO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM PRÉ E PÓS COLHEITA E MÉTODOS PARA SUA SUPERAÇÃO

### 4.1 RESUMO

O monitoramento da dormência é um ponto importante a ser considerado quando se deseja encontrar indicadores que possam determinar a velocidade com que a mesma é superada. Os objetivos deste trabalho foram monitorar a ocorrência de dormência nas sementes de arroz irrigado, desde a maturidade fisiológica até o momento da comercialização, e comparar diferentes métodos de superação da dormência quanto a eficiência e praticidade. Foram avaliadas sementes de sete cultivares de arroz irrigado, oriundas da safra 2013/14, coletadas na maturidade fisiológica, no momento da colheita, logo após o beneficiamento e durante o armazenamento. Na safra 2014/15, o ensaio foi repetido com seis cultivares coletadas na maturidade fisiológica, no momento da colheita e logo após o beneficiamento. Foram testados métodos de superação de dormência utilizando a pré-secagem em estufa, ácido giberélico, água quente e nitrato de potássio. Os resultados obtidos demonstraram a ocorrência de dormência em pré e pós colheita, nas duas safras avaliadas, e a sua superação após a colheita variou conforme a cultivar e as condições climáticas durante o cultivo. Os métodos de superação da dormência baseados na pré-secagem em estufa foram os mais eficientes e podem ser adaptados para utilização em um grande volume de sementes. As cultivares SCS 116 Satoru e SCS 121 CL apresentaram germinação superior as demais, para a maioria dos testes de superação de dormência utilizados.

**Palavras – chave:** *Oryza sativa* L. Pré-secagem. Coletas.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes logo após a colheita é importante para os programas de produção de sementes. As informações devem ser obtidas com rapidez e precisão para facilitar a decisão por parte das empresas sementeiras em colher e beneficiar ou descartar um determinado lote de sementes (VIEIRA et al., 2008; MENEZES et al., 2009).

Dentro do processo de produção de sementes de arroz irrigado, a ocorrência de dormência tem dificultado a rápida avaliação da qualidade fisiológica das sementes e a manutenção da dormência por períodos superiores ao da entre safra, vem ocasionando problemas no estabelecimento do estande adequado de plantas na implantação da lavoura (CARDOSO et al., 2014).

A dormência em arroz pode ocorrer devido a presença de inibidores da germinação localizados no pericarpo, os quais são capazes de fixar  $O_2$ , reduzindo desta forma sua disponibilidade para o embrião (VIEIRA et al., 2008), ou ainda, pela presença de compostos fenólicos, aldeídos, ácido nanóico, ácidos fenólicos e orgânicos, que atuam como inibidores da elongação celular ou consumindo oxigênio durante o processo de oxidação, restringindo deste modo, a quantidade de oxigênio que chega ao embrião (MENEZES et al., 2009).

A manutenção da dormência das sementes depende muito das condições pós-colheita, de temperatura e umidade, às quais são submetidas (SMIDERLE; PEREIRA, 2008). A possibilidade da dormência se estender de 70 até 120 dias após a colheita (GUIMARÃES et al., 2000), dificulta não somente a avaliação da qualidade das sementes, mas também a sua comercialização, devido ao baixo percentual de germinação.

As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), indicam para superação da dormência os seguintes tratamentos:

pré-secagem a 40 °C ou 50 °C, por 96 horas, em estufa com circulação de ar; imersão das sementes em água a 40 °C por 24 horas ou, preferencialmente imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 16-24 horas, lavando-as e semeando imediatamente; ou ainda pré-aquecer as sementes a 50 °C e depois colocá-las em água ou em solução de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>), por 24 horas.

No entanto, diversos fatores como a cultivar, ano de cultivo, a intensidade da dormência das sementes de um lote de arroz, não são considerados nos casos citados anteriormente, e podem interferir, diretamente na eficiência dos tratamentos utilizados para sua superação (CARDOSO et al., 2014).

O monitoramento da dormência, sem dúvida é um ponto importante a ser considerado quando se quer encontrar indicadores que possam determinar a velocidade com que a mesma é superada (VIEIRA et al., 2008), principalmente durante o armazenamento.

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram (i) monitorar a ocorrência de dormência nas sementes de arroz irrigado, desde a maturidade fisiológica até o momento da comercialização das sementes, visando identificar o momento em que a mesma é superada, (ii) verificar quais os métodos de superação da dormência mais eficientes para a correta avaliação da qualidade fisiológica logo após a colheita, e (iii) identificar entre estes métodos os que possam ser utilizados pelas empresas produtoras de sementes ou pelos produtores de sementes para garantir a máxima germinação dos lotes de sementes.

#### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas avaliações em duas safras agrícolas (2013/14 e 2014/15). Utilizaram-se sementes das cultivares Epagri 108, Epagri 109, SCS BRS Tio Taka (SCS 113), SCS 114 Andosan, SCS 116 Satoru, SCS 117 CL e SCS 118

Marques, na safra 2013/14. Na safra 2014/15 foram avaliadas as mesmas cultivares, com exceção da Epagri 108 e SCS 114 Andosan, e foi adicionada a SCS 121 CL. Nas duas safras as cultivares utilizadas foram produzidas em campos de produção de sementes certificadas de primeira geração, pertencentes a produtores da Cooperativa Regional Agropecuária do Vale do Itajaí (CRAVIL), na região do Alto Vale do Itajaí. Localizados a uma latitude 27°12'51" sul e a uma longitude 49°38'35" oeste (entre a Serra do Mar e a Serra Geral), e a uma altitude de 339,88 metros acima do nível do mar. O clima predominante é o mesotérmico úmido com verão quente (Cfa).

Na safra 2013/14 foram coletadas sementes na maturidade fisiológica (aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%), no momento da colheita (15 a 20 dias após a maturidade fisiológica), logo após o beneficiamento (um dia após a colheita) e durante o armazenamento das sementes. As coletas durante o armazenamento iniciaram após 60 dias do beneficiamento das sementes e foram realizadas até o momento da comercialização das mesmas, em intervalos de 30 dias, totalizando três coletas. Na safra 2014/15, foram coletadas sementes apenas na maturidade fisiológica, no momento da colheita e logo após o beneficiamento, nos mesmos intervalos da safra anterior.

Nas sementes coletadas na maturidade fisiológica, na colheita e após o beneficiamento, para as duas safras, foram determinados o grau de umidade, o percentual de germinação e a viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio. Nas coletas realizadas durante o armazenamento foram determinados o percentual de germinação e o grau de umidade das sementes.

A umidade das sementes foi determinada pelo método da estufa a 105 °C, com duas repetições de aproximadamente 5 g cada, e o resultado final foi obtido pela média aritmética das porcentagens das repetições (BRASIL, 2009).

O teste de germinação foi conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando

quatro repetições de 50 sementes para cada cultivar, em rolo de papel Germitest<sup>®</sup>, e mantidos em germinador (tipo Mangelsdorf) regulado a 25 °C, durante todo o período do teste. O volume de água, para umedecer o papel foi o equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O percentual de germinação foi obtido pelo número de plântulas normais.

A viabilidade pelo teste de tetrazólio foi determinada utilizando-se duas repetições de 100 sementes cada, pré-condicionadas em papel Germitest<sup>®</sup> umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco, durante 18 horas, em germinador regulado à temperatura de 25 °C. Após este período, as sementes foram seccionadas na região do embrião e colocadas em um recipiente com uma solução de concentração de 0,1% de 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio e, em seguida, mantidas no escuro, em estufa com temperatura de 30 °C, por quatro horas, para a coloração. Após lavagem em água destilada, as sementes foram classificadas em viáveis e inviáveis conforme a ausência ou intensidade da coloração do embrião (BRASIL, 2009).

Na safra 2013/14, as sementes de cada cultivar, coletadas logo após o beneficiamento, foram submetidas a superação de dormência através da pré-secagem em estufa com circulação de ar, nas condições de 30 °C por cinco dias, 40 °C por cinco dias e 50 °C por cinco dias. Após o período de pré-secagem foi realizado o teste de germinação com quatro repetições de 50 sementes cada e a avaliação realizada aos sete dias após a semeadura.

Na safra 2014/15, com as sementes coletadas logo após o beneficiamento também foram retiradas amostras de todas as cultivares e procedeu-se com a superação de dormência com a pré-secagem em estufa nas mesmas temperaturas e tempo

utilizados na safra 2013/14, e além destes foram testados outros tratamentos para a superação de dormência:

- a. Pré-secagem em estufa com temperatura de 50 °C durante sete dias (GMACH et al., 2013).
- b. Umidificação do substrato com solução de 0,05% de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>).
- c. Imersão das sementes em solução de 60 mg.l<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> por 36 horas (VIEIRA et al., 2002).
- d. Umidificação do substrato com solução de 0,2% de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>) (GMACH et al., 2013).
- e. Umidificação do substrato com solução de 0,5% de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>).
- f. Imersão das sementes em água quente a temperatura de 40 °C por 24 horas (BRASIL, 2009).
- g. Imersão das sementes em água quente a temperatura de 40 °C por 48 horas (DIAS; SHIOGA, 1997).
- h. Pré-secagem das sementes em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,2% de KNO<sub>3</sub>.
- i. Pré-secagem em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,5% de KNO<sub>3</sub>.

Após os testes de imersão e pré-secagem em estufa das sementes foi realizado o teste de germinação, com quatro repetições de 50 sementes cada e a avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. As variáveis expressas em percentual que não apresentaram distribuição normal foram transformadas em arco seno  $(x/100)^{1/2}$ . As médias apresentadas são dos dados originais. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2011).



#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância referente a germinação das sementes produzidas e coletadas na safra 2013/14 são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Análise de variância para o teste de germinação em sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica, na colheita, no beneficiamento e durante o armazenamento, safra 2013/14.

F.V.	GL	Quadrado médio
		Germinação
<b>Cultivar (C)</b>	6	0,024*
<b>Coleta (CL)</b>	5	10,58*
<b>C*CL</b>	30	0,016*
<b>Erro</b>	126	0,005
<b>C.V. (%)</b>	-	10,24

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p>0,05$  pelo teste F.

Os resultados obtidos demonstram que houve efeito significativo para cultivares, coletas e interação cultivar\*coleta. O efeito da interação indica que existem diferenças significativas entre as cultivares quanto a germinação das sementes, sendo esta diferença dependente das coletas realizadas. Para verificar o comportamento de cada cultivar em cada coleta, o efeito significativo da interação cultivar\*coleta foi desdobrado e apresentado na Tabela 5.

Tabela 5- Percentual de germinação das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH), beneficiamento (BEN), coleta 1 (COL1), coleta 2 (COL2) e coleta 3 (COL3) durante o armazenamento, safra 2013/14 (Continua).

<b>Cultivar</b>	<b>Coletas</b>		
	<b>MF (%)</b>	<b>CLH (%)</b>	<b>BEN (%)</b>
Epagri 108	0 aD	4 aC	12 aB
Epagri 109	0 aC	5 aB	10 aB
SCS BRS Tio Taka	0 aE	6 aD	13 aC
SCS 114 Andosan	0 aC	6 aB	4 bB
SCS 116 Satoru	0 aD	6 aC	18 aB
SCS 117 CL	0 aD	4 aC	15 aB
SCS 118 Marques	0 aD	3 aC	6 bC

Tabela 5- Percentual de germinação das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH), beneficiamento (BEN), coleta 1 (COL1), coleta 2 (COL2) e coleta 3 (COL3) durante o armazenamento, safra 2013/14 (Conclusão).

Cultivar	Coletas		
	COL1 (%)	COL2 (%)	COL3 (%)
Epagri 108	93 aA	94 aA	93 bA
Epagri 109	87 aA	87 bA	86 bA
SCS BRS Tio Taka	77 bB	94 aA	93 bA
SCS 114 Andosan	91 aA	93 aA	94 bA
SCS 116 Satoru	90 aA	88 bA	92 bA
SCS 117 CL	93 aA	95 aA	97 aA
SCS 118 Marques	87 aB	94 aA	93 bA

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

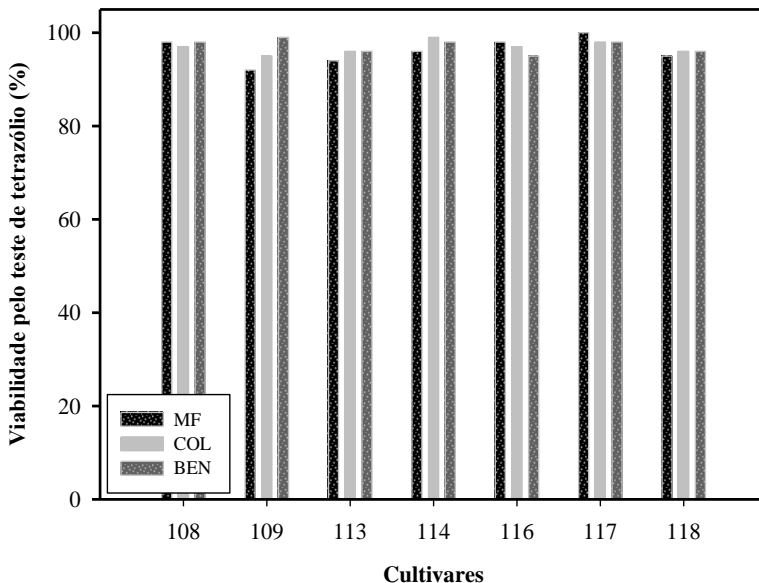
MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita; COL1: após 60 dias de armazenamento; COL2: após 90 dias de armazenamento; COL3: após 120 dias de armazenamento.

Na maturidade fisiológica para todas as cultivares não ocorreu a germinação das sementes, na colheita os valores de germinação apresentaram um pequeno aumento, variando de 3 a 6%, e no beneficiamento o percentual de germinação foi superior às coletas anteriores, permitindo diferenciar as cultivares SCS114 Andosan e SCS118 Marques das demais pelo seu menor percentual de germinação (Tabela 5).

Os baixos percentuais de germinação observados na maturidade fisiológica, colheita e beneficiamento associados aos valores do teste de tetrazólio (Figura 3), confirmam a presença de dormência nas sementes das sete cultivares

avaliadas, pois em todas as cultivares e em todas as coletas a viabilidade das sementes foi próxima de 100%.

Figura 3- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita; COL1: após 60 dias de armazenamento; COL2: após 90 dias de armazenamento; COL3: após 120 dias de armazenamento.

Em sementes recém-colhidas, a dormência é atribuída a condições internas, associados ao embrião (GU et al., 2015). No caso de sementes de arroz, a dormência pode ser atribuída à presença de compostos fenólicos inibidores da germinação

localizados no endosperma, embrião e casca, com maior concentração no embrião, promovendo redução na disponibilidade de oxigênio para o mesmo (VIEIRA et al., 2002).

Nas sementes recém-colhidas, a entrada de água nos tecidos dificulta a absorção de oxigênio e quando se utiliza o armazenamento da semente seca por um determinado período, existe a possibilidade de ocorrer a difusão lenta e gradativa de O<sub>2</sub> para o seu interior, determinando a redução da quantidade de inibidores da germinação, favorecendo desta maneira, a superação da dormência e, conseqüentemente, a sua germinação (VIEIRA et al., 1991).

Esta afirmação se comprova ao analisar os resultados referentes as coletas realizadas durante o armazenamento (Tabela 5). Na coleta 1, após 60 dias de armazenamento, ocorreu um aumento significativo no percentual de germinação para todas as cultivares, de aproximadamente 80%, com exceção da cultivar SCS BRS Tio Taka, com o menor percentual (77%), quando comparada com as demais.

Diferenças significativas são observadas até a coleta 2, e esta não diferiu estatisticamente da coleta 3. Após três meses de armazenamento todas as cultivares já apresentavam sua germinação máxima, próxima ou superior a 90%, dependendo da cultivar (Tabela 5). A partir deste momento poderiam ser coletadas as amostras para obtenção do laudo em laboratório credenciado, antes deste período, o laboratório teria que realizar a superação de dormência previamente a realização do teste de germinação, o que não daria um indicativo do momento que a dormência seria totalmente superada após a colheita.

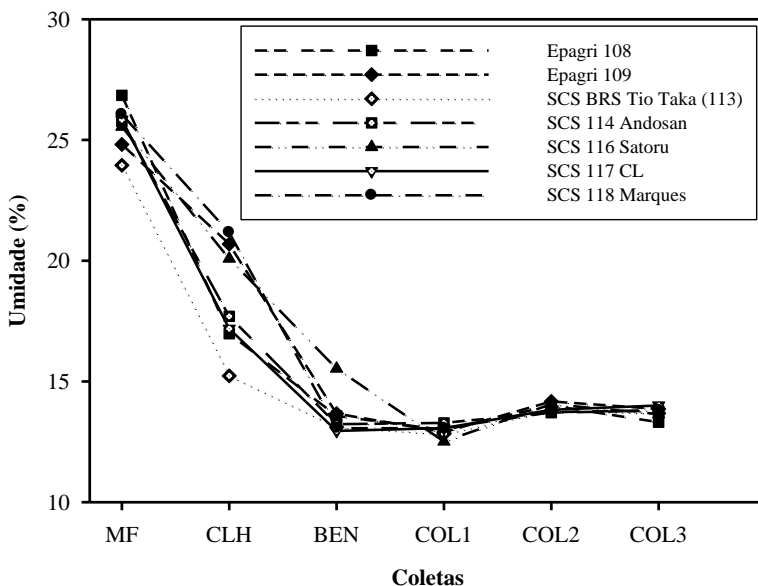
Avaliando três cultivares de arroz ao longo de 12 meses de armazenamento, Lopes et al. (1998), verificaram que o período de armazenamento proporcionou um aumento progressivo na germinação das sementes, e após três meses de armazenamento, as cultivares apresentaram germinação

superior à obtida logo após a colheita (inferior a 10%), semelhante aos resultados obtidos neste trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho se assemelham aos relatos de VIEIRA et al. (2008), os quais mencionaram que a dormência das sementes diminui ao longo do período de armazenamento, principalmente com a elevação da temperatura e redução da umidade das sementes.

Alguns autores citam que sementes com umidade superior a 25% ou inferior a 5% mantiveram-se dormentes, enquanto, entre 6 e 14% de umidade ocorreram os maiores efeitos do período pós-colheita sobre a superação da dormência (LEOPOLD et al., 1988; MENEZES et al., 2009). Os resultados encontrados estão de acordo com a citação acima, pois a superação da dormência foi aumentando conforme a redução da umidade das sementes (de 25% para 13%), considerando que as mesmas foram armazenadas com valores de umidade inferiores a 15%, o que favoreceu a superação da dormência (Figura 4).

Figura 4- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH), beneficiamento (BEN), coleta 1 (COL1), coleta 2 (COL2) e coleta 3 (COL3) durante o armazenamento, safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita; COL1: após 60 dias de armazenamento; COL2: após 90 dias de armazenamento; COL3: após 120 dias de armazenamento.

Sugere-se que nas umidades entre 6 e 14% (região 1 e 2 da curva de entalpia) as sementes não sofrem influência do metabolismo celular, ocorrendo reações oxidativas não enzimáticas. De um modo geral, a superação da dormência acontece devido a modificações químicas ocorridas em um determinado conteúdo de água, e, ou a modificações físicas, durante o processo de desidratação, como exemplo pode ser

citado o aumento de responsividade das células a giberelinas quando desidratam (MENEZES et al., 2009).

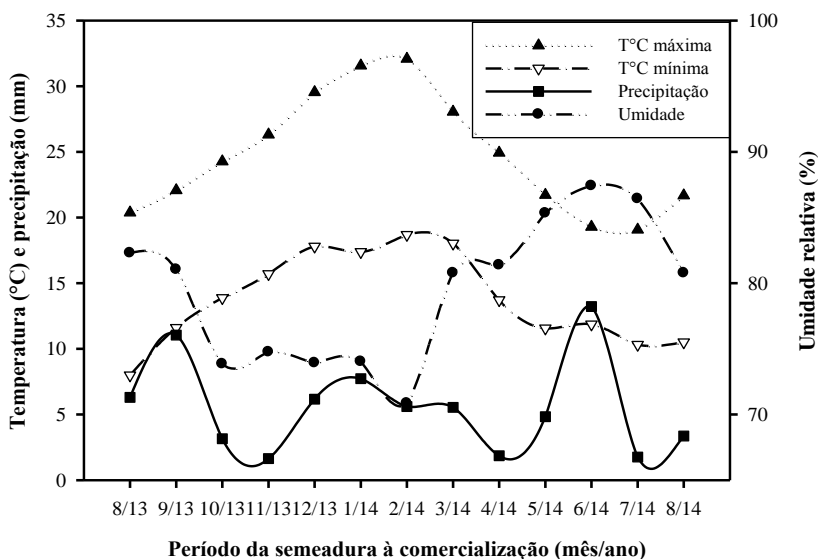
A superação da dormência das sementes ocorreu gradativamente desde a maturidade fisiológica até a última coleta durante o armazenamento, variando entre cultivares, permitindo assim, diferenciá-las quanto a velocidade de superação da dormência (Tabela 5).

As cultivares Epagri 108 (93%), SCS 116 Satoru (92%), SCS 117 CL (97%), Epagri 109 (87%) e SCS 114 Andosan (94%) apresentaram comportamento semelhante (Tabela 5). A superação da dormência foi gradativa, atingindo sua germinação máxima na coleta 1, e esta não diferiu das coletas 2 e 3, ou seja, apenas 60 dias de armazenamento foram suficientes para a superação da dormência das sementes destas cultivares. Enquanto que, as cultivares SCS BRS Tio Taka (94%) e SCS 118 Marques (94%), atingiram sua germinação máxima apenas na coleta 2, após três meses de armazenamento. As respostas às condições de armazenamento foram dependentes da cultivar, e neste caso as amostras poderiam ser enviadas à análise 120 dias após a colheita, sendo assim desnecessário utilizar superação de dormência previamente ao teste de germinação.

Em arroz, a dormência é entendida como uma resistência à germinação pré e pós-colheita, estando relacionada aos níveis de maturação das sementes, devido à sua exposição a um conjunto de condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita (MENEZES et al., 2009). Assim, a dormência constatada nas sementes recém colhidas, foi induzida durante a maturação a campo, e as condições climáticas podem ter influenciado na sua manifestação (Figura 5).



Figura 5- Temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa (%) médias diárias registradas, para cada mês, na estação meteorológica da EPAGRI, em Ituporanga - SC, no período da semeadura à comercialização das sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.



Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Coletas: maturidade fisiológica: 2/14 a 3/14; colheita e beneficiamento: 3/14; Armazenamento: coleta 1: 5/14, coleta 2: 6/14 e coleta 3: 7/14.

As condições climáticas desde a semeadura até a colheita (de agosto a março), apresentaram temperaturas mínimas diárias variando entre 7 e 18 °C e máximas entre 20 e 32 °C, umidade de 80% e precipitação variando entre 4 e 11 mm diários. Segundo Menezes et al. (2009), a temperatura e a umidade são fatores que exercem influência na manifestação da dormência, pois temperaturas baixas no início da maturação e altas, em torno de 30 °C, dez a quinze dias após a floração,

induzem a dormência em arroz. Em relação à umidade, a ocorrência de alta umidade (acima de 70%) no final da maturação pode interromper a difusão de oxigênio entre os tecidos das sementes. Assim, as condições climáticas ocorridas durante o desenvolvimento da cultura, principalmente, nos meses que antecederam a colheita, foram favoráveis a indução da dormência nas sementes das cultivares avaliadas, considerando que as mesmas foram produzidas na mesma região edafoclimática. Pois ocorreram temperaturas acima de 30 °C, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (durante a floração e maturação), e segundo a SOSBAI (2014) as temperaturas ótimas para a cultura do arroz irrigado na maturação devem estar entre 20 e 25 °C, e a umidade relativa foi superior a 70% durante todo o período (Figura 5).

Durante o período da entre safra (abril a julho), as temperaturas mínimas (10 e 13 °C) e máximas diárias (19 e 24 °C), contribuíram para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes e a superação da dormência (Figura 5), pois Menezes et al. (2009) constataram que sementes mantidas a temperatura de 20 °C superaram a dormência em seis semanas, enquanto que, Marques et al. (2014) verificaram superação da dormência em sementes de arroz armazenadas a 18 °C em seis meses.

A dormência em arroz, pode ser considerada problemática em relação à análise laboratorial da sua qualidade fisiológica, realizada logo após a colheita, pois seria necessário realizar a superação de dormência previamente ao teste de germinação, mas sem ter um indicativo de que momento a mesma será superada no armazenamento, podendo ser ainda mais problemática, quando a dormência se mantém por períodos superiores ao da entre safra.

As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), indicam para superação da dormência diversos métodos, entre eles a pré-secagem em estufa com circulação de ar. Este método, entre os diversos encontrados na literatura,

demonstrou ser viável para ser adaptado para as condições da empresa produtora de sementes, o qual foi realizado este estudo.

A análise de variância referente a superação de dormência em sementes coletadas logo após o beneficiamento, utilizando a pré-secagem em estufa com circulação de ar em diferentes temperaturas durante cinco dias é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado produzidas na safra 2013/14, submetidas a superação de dormência pelo método da pré-secagem em estufa sob diferentes temperaturas.

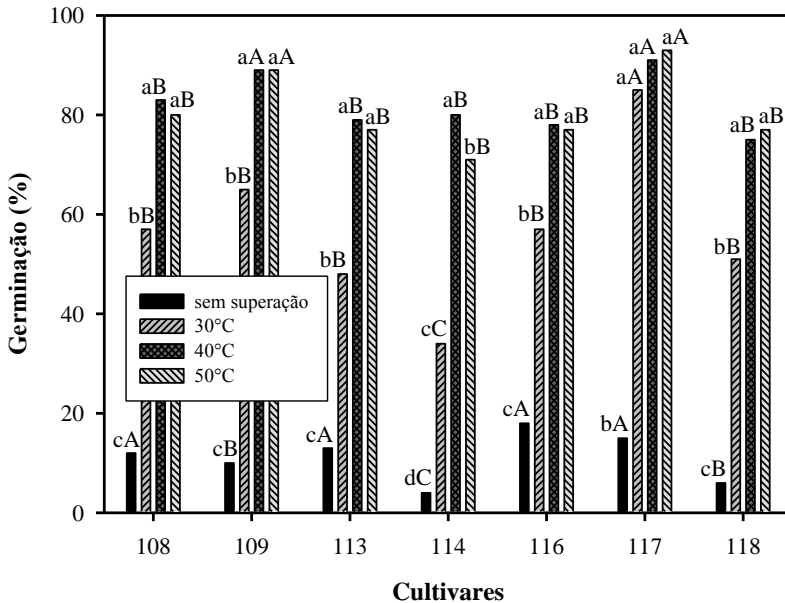
F.V.	GL	Quadrado médio
		Germinação
<b>Cultivar (C)</b>	6	0,129*
<b>Superação dormência (SD)</b>	3	3,013*
<b>C*SD</b>	18	0,017*
<b>Erro</b>	56	0,005
<b>C.V. (%)</b>	-	8,52

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

Os resultados demonstraram que as cultivares responderam de forma diferenciada às condições de superação de dormência a que foram submetidas, pelo efeito significativo da interação cultivar\*superação, desdobrado na Figura 6.

Figura 6- Percentual de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a superação de dormência pela pré-secagem em estufa sob diferentes temperaturas, safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula para temperatura e maiúscula para cultivares, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tratamentos: sem superação de dormência, pré-secagem a 30°C/5dias, pré-secagem a 40°C/5dias e pré-secagem a 50°C/5dias.

De maneira geral, todas as temperaturas testadas promoveram a superação da dormência das sementes, porém em diferentes magnitudes, pois para todas as cultivares a germinação sem superação de dormência foi inferior a 20% (Figura 6). Demonstrando que os tratamentos baseados em

calor, como a pré-secagem em sementes dormentes de arroz, promovem a oxidação dos compostos presentes principalmente na casca, que competem pelo O<sub>2</sub> com o embrião (SESHU; DADLANI, 1991), favorecendo a redução da atividade da peroxidase que catalisa essas reações dos compostos inibidores com o oxigênio (VIEIRA et al., 1994).

Nas cultivares Epagri 108, Epagri 109, SCS BRS Tio Taka (113), SCS 116 Satoru, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques, a temperatura de 30 °C por cinco dias foi menos eficiente em superar a dormência das sementes, quando comparado com as condições de 40 °C e 50 °C. Estas duas temperaturas (40 °C e 50 °C), não diferiram entre si para as mesmas cultivares, com exceção da cultivar SCS 114 Andosan, onde a temperatura de 40 °C foi a que promoveu o maior percentual de germinação, e para a cultivar SCS 117 CL, que não apresentou diferença significativa entre as três temperaturas testadas. Estes resultados demonstram que a temperatura a ser utilizada para a superação da dormência será dependente da cultivar.

Para Franco et al. (1997), a pré-secagem pode ser aplicada sob as condições de 40 °C por cinco dias, no entanto, para Menezes et al. (1997) a pré-secagem a 42 °C por cinco dias, em estufa sem circulação de ar forçado, é capaz de superar a dormência em sementes de arroz irrigado. Para Guimarães et al. (2000), o tratamento de pré-secagem deve ser realizado com a temperatura de 50 °C por três a sete dias. Além destes, Franzin et al. (2004) observaram que a utilização da pré-secagem a 60 °C por 72 horas supera a dormência, permitindo a germinação das sementes de arroz, o que não ocorre em temperaturas de 70 e 80 °C, onde as sementes são afetadas negativamente pela alta temperatura.

Com relação às cultivares em cada condição de superação de dormência, pode-se inferir que na temperatura de 30 °C a cultivar SCS 114 Andosan apresentou o menor percentual de germinação (34%) e a cultivar SCS 117 CL a

maior germinação (85%), e estas diferiram entre si e das demais cultivares.

As temperaturas de 40 °C e 50 °C proporcionaram resultados semelhantes quanto a superação de dormência, onde as cultivares Epagri 108, SCS BRS Tio Taka (113), SCS 116 Satoru, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram os menores percentuais de germinação diferindo estatisticamente das demais cultivares (Epagri 109 e SCS 117 CL) que apresentaram os maiores percentuais de germinação diante destas condições de superação de dormência.

Trabalhando com a cultivar SCS 114 Andosan, Baldi et al. (2012) verificaram menor eficiência da pré-secagem em estufa a 45 °C por 96 horas, não superando totalmente a dormência, obtendo valor máximo de germinação para essa cultivar pelo método da imersão das sementes em solução de NaClO a 0,5% por 24 horas e pré-secagem em estufa a 45 °C por seis horas.

De maneira geral, entre as condições de superação de dormência testadas, a temperatura de 30 °C por cinco dias foi menos eficiente quando comparada com as demais, que não diferiram entre si, ou seja, as temperaturas de 40 °C e 50 °C apresentaram o mesmo efeito na superação da dormência.

Segundo Lopes et al. (1998), as oscilações nos resultados encontrados em relação às cultivares, demonstram que a temperatura utilizada para superar a dormência varia em função da cultivar e do lote.

Apesar do método utilizado ter promovido a superação da dormência das sementes avaliadas, na temperatura de 30 °C apenas a cultivar SCS 117 CL, e nas temperaturas de 40 °C e 50 °C, as cultivares Epagri 108, Epagri 109 e SCS 117 CL, apresentaram germinação superior a 80%, percentual mínimo exigido para sua comercialização (ABRASEM, 2013), assim as demais não poderiam ser comercializadas como sementes certificadas, pois não apresentaram germinação mínima exigida para sua certificação. Demonstrando, que o método de pré -

secagem em estufa, nas condições testadas não foi eficiente na superação da dormência das sementes logo após a colheita, podendo gerar resultados duvidosos quanto a qualidade fisiológica destas sementes, bem como a decisão equivocada quanto ao destino de determinado lote de sementes devido à baixa germinação.

Apesar da baixa eficiência em superar a dormência das sementes logo após a colheita, os resultados obtidos através do método testado mostraram que temperaturas acima de 30 °C promovem a redução a dormência das sementes, mesmo que em menores percentuais. Esta informação se torna de extrema importância, pois permite buscar alternativas de superação de dormência aplicáveis a um grande volume de sementes, próximo a comercialização das mesmas, principalmente em anos que o período de entre safra não seja suficiente para a superação da dormência das sementes. Como, por exemplo, manter a temperatura de armazenamento das sementes próximo de 30 °C durante um mês antes da comercialização, com controle da umidade relativa abaixo de 50% e umidade das sementes próximo a 11%, para que não ocorra deterioração das mesmas, pode garantir a total superação da dormência. Pois segundo Delatorre (1999), a manutenção de sementes com 11 a 12% de umidade a 30 °C pode reduzir a dormência em quatro semanas.

Na segunda safra avaliada (2014/15), na análise de variância (Tabela 7), observou-se efeito significativo para cultivar, coleta e interação cultivar\*coleta como foi observado na safra 2013/14.

Tabela 7- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de seis cultivares de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica, na colheita e no beneficiamento, safra 2014/15.

F.V.	GL	Quadrado médio
		Germinação
<b>Cultivar (C)</b>	5	0,029*
<b>Coleta (CL)</b>	2	2,35*
<b>C*CL</b>	10	0,036*
<b>Erro</b>	17	0,001
<b>C.V. (%)</b>	-	13,53

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita.

O efeito da interação indica que existem diferenças significativas quanto a germinação das sementes, sendo esta diferença dependente das coletas realizadas. Para verificar o comportamento de cada cultivar em cada coleta, o efeito significativo da interação cultivar\*coleta foi desdobrado e apresentado na Tabela 8.



Tabela 8- Percentual de germinação das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15.

<b>Cultivar</b>	<b>Coletas</b>		
	<b>MF (%)</b>	<b>CLH (%)</b>	<b>BENE (%)</b>
Epagri 109	0 aC	6 bB	34 bA
SCS BRS Tio Taka	0 aC	15 aB	27 bA
SCS 116 Satoru	0 aC	8 bB	54 aA
SCS 117 CL	0 aC	12 aB	30 bA
SCS 118 Marques	0 aC	11aB	17 cA
SCS 121 CL	0 aC	14aB	49 aA

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

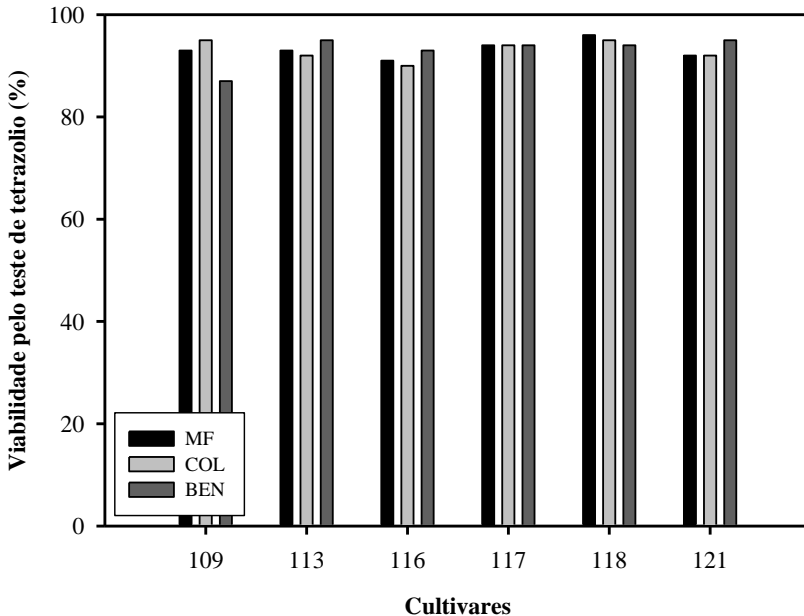
MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita.

Na maturidade fisiológica para todas as cultivares não ocorreu a germinação das sementes. Nas sementes recém colhidas o percentual de germinação foi significativamente diferente entre as cultivares quanto a superação de dormência, onde as SCS BRS Tio Taka, SCS 117 CL, SCS 118 Marques e SCS 121 CL com germinação de 15, 12, 11 e 14% respectivamente, e superior a germinação das cultivares Epagri 109 (6%) e a SCS 116 Satoru (8%).

Na coleta realizada logo após o beneficiamento, observou-se um maior percentual de germinação. Destacando as cultivares SCS 121 CL e SCS 116 Satoru com percentual de germinação de 49 e 54% respectivamente, e a SCS 118 Marques com o menor percentual de germinação (17%). Os resultados obtidos com relação a dormência das sementes na

segunda safra se assemelham aos da safra 2013/14. A viabilidade observada pelo teste de tetrazólio (Figura 7), confirma a ocorrência de dormência nas sementes avaliadas, em todas as cultivares e em todas as coletas, pois foi próxima de 100%.

Figura 7- Viabilidade pelo teste de tetrazólio das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (CLH) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

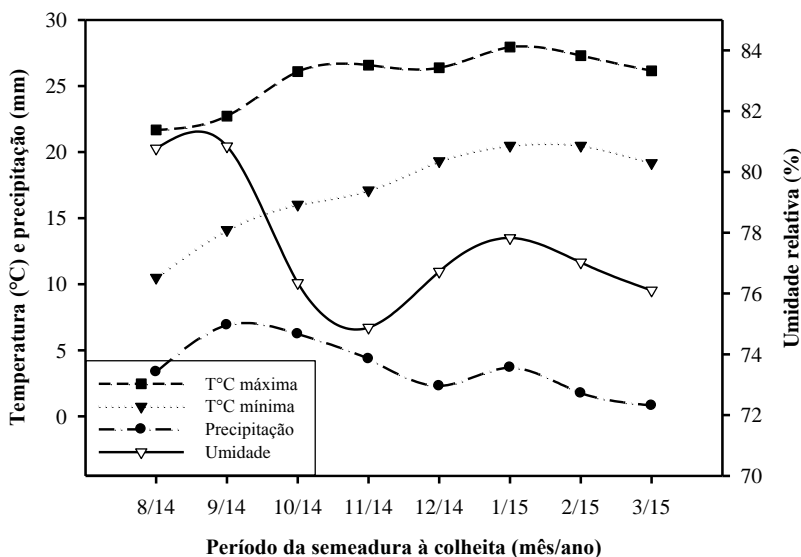
MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita.

A utilização do teste de tetrazólio tem assumido grande importância no monitoramento da qualidade das sementes de algumas espécies, permitindo a determinação da viabilidade, inclusive nas sementes dormentes (TUNES et al., 2009). O exame das estruturas do tecido embrionário através da coloração permite obter uma rápida estimativa do potencial de germinação de sementes dormentes (DIAS; SHIOGA, 1997). Desse modo, fica evidente a importância da realização do teste de tetrazólio juntamente com o teste de germinação em sementes recém colhidas, pois os baixos percentuais de germinação, podem ser atribuídos a não total superação da dormência pelos métodos utilizados pelos laboratórios credenciados, podendo ocorrer o descarte de lotes de sementes com elevada qualidade.

Apesar dos resultados obtidos nesta segunda safra serem semelhantes aos observados na safra 2013/14, na safra 2014/15 a superação de dormência foi mais rápida entre a colheita e o beneficiamento. Os percentuais de germinação aumentaram, por exemplo, na cultivar SCS 116 Satoru, de 8% na colheita para 54% no beneficiamento, enquanto que, para esta mesma cultivar na safra 2013/14, a germinação na colheita foi de 6% e no beneficiamento de 18% (conforme Tabelas 5 e 8).

A dormência em sementes de arroz pode ser decorrente tanto de fatores genéticos como ambientais. A ocorrência de temperaturas elevadas durante a maturação, a presença de substâncias inibidoras, o acúmulo de compostos fenólicos, são alguns dos fatores apontados por induzir a dormência em sementes dessa espécie (MENEZES et al., 2009). Assim, além dos fatores intrínsecos de cada cultivar, as condições climáticas durante a maturação (Figura 8), podem ter contribuído para a superação da dormência das sementes na safra 2014/15.

Figura 8- Temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa (%) médias diárias registradas, para cada mês, na estação meteorológica da EPAGRI, em Ituporanga - SC, no período da sementeira à colheita das sementes de arroz irrigado, safra 2014/15.



Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Maturidade fisiológica: 2/15 a 3/15; colheita e beneficiamento: 3/15.

Desde a sementeira até a colheita (agosto a março), as temperaturas mínimas diárias se mantiveram entre 10 e 20 °C e máximas entre 21 e 27 °C, umidade de 77% e precipitação variando entre 1 e 6 mm diários.

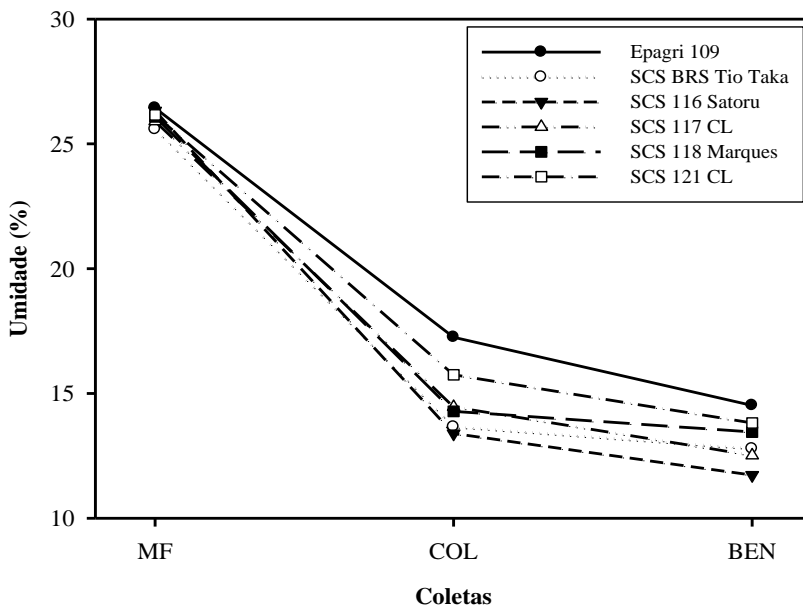
Na safra 2013/14, as condições climáticas durante a fase reprodutiva, temperaturas mínimas diárias entre 15 e 18 °C, e acima de 30 °C durante a floração, podem ter contribuído para a ocorrência de dormência nas sementes e para a superação mais lenta após a colheita (MENEZES et al., 2009). Diferentemente do ocorrido durante a safra 2014/15, onde as

temperaturas mínimas se mantiveram entre 17 e 20 °C e máximas ocorridas não superaram os 27 °C. Além da diferença entre temperaturas mínimas e máximas, na safra 2013/14 houve um maior volume mensal de chuvas na formação das sementes e maturação (550 mm) (Figura 5), quando comparado com a safra 2014/15 (200 mm) (Figura 8), conforme citado por Dias e Shioga (1997) existe uma consistente correlação entre baixa germinação e resistência a superação de dormência em sementes, cuja maturação ocorreu em período chuvoso e com alta umidade relativa.

Esses fatores também podem contribuir para uma maior ou menor intensidade da dormência (SMIDERLE; PEREIRA, 2008), explicando assim, as diferenças encontradas quanto a superação da dormência observada nas duas safras. Segundo Amaral (1992) a perda natural da dormência em sementes de arroz irrigado acontece em torno dos 100 dias após a colheita e que a intensidade da dormência em sementes de uma mesma cultivar varia conforme o ano de cultivo, como foi observado neste trabalho.

Com relação a umidade das sementes durante as coletas, pode-se observar na Figura 8, o mesmo comportamento observado na safra 2013/14.

Figura 9- Percentual de umidade das sementes de arroz irrigado coletadas na maturidade fisiológica (MF), colheita (COL) e beneficiamento (BEN), safra 2014/15.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

MF: aproximadamente 30 dias após a floração e umidade das sementes entre 25-30%; CLH: 20 a 25 dias após a maturidade fisiológica; BEN: um dia após a colheita.

Na maturidade fisiológica a umidade das sementes estava próxima de 30%, e atingiu valores entre 14 e 17% na colheita, e após o beneficiamento entre 12 e 14%. Como citado anteriormente, a umidade entre 6 e 14% se mostra ideal conforme Delatorre (1999), para que ocorra a superação da dormência das sementes durante o período de armazenamento.

A realização do teste de germinação após a colheita, é uma prática importante, não só para a tomada de decisão sobre a aprovação ou não dos lotes de sementes, mas também como

instrumento para o monitoramento da qualidade durante o processo de produção de sementes (BALDI et al., 2012). No entanto, como observado na safra 2013/14, a presença de dormência pós colheita em sementes de arroz associada a baixa eficiência dos métodos para a superação da mesma, pode influenciar significativamente nos resultados obtidos.

Assim, na segunda safra, em virtude da baixa eficiência em superação da dormência observada no método utilizado na safra 2013/14, outras alternativas de superação da dormência em sementes de arroz foram testadas. Na Tabela 9, seguem os resultados referentes a análise de variância para os métodos de superação de dormência testados nas sementes oriundas da safra 2014/15.

Tabela 9- Análise de variância para o teste de germinação de sementes de sete cultivares de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a superação de dormência por diferentes métodos, safra 2014/15.

F.V.	GL	Quadrado médio
		Germinação
<b>Cultivar (C)</b>	5	0,835*
<b>Superação dormência (SD)</b>	12	0,919*
<b>C*SD</b>	60	0,042*
<b>Erro</b>	234	0,008
<b>C.V. (%)</b>	-	9,14

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

Como na safra 2013/14, pode ser observado na análise de variância que houve efeito significativo de cultivar, da superação de dormência e a interação significativa cultivar\*superação. Isso pode ser explicado pelo fato da

dormência nessa espécie ser induzida em função de diferentes fatores, inclusive o genótipo (MENEZES et al., 2009).

O efeito significativo da interação cultivar\*superação da dormência, foi desdobrado e os resultados são apresentados na Tabela 10, com os seguintes tratamentos: 0- sem superação de dormência; 1- umidificação do substrato com solução de 0,05% de ácido giberélico; 2- imersão das sementes em solução de 60 mg.l<sup>-1</sup> de ácido giberélico por 36 horas (VIEIRA et al., 2002); 3- umidificação do substrato com solução de 0,2% de nitrato de potássio (GMACH et al., 2013); 4- umidificação do substrato com solução de 0,5% de nitrato de potássio; 5- imersão das sementes em água quente a temperatura de 40 °C por 24 horas (BRASIL, 2009); 6- imersão das sementes em água quente a temperatura de 40 °C por 48 horas (DIAS; SHIOGA, 1997); 7- pré-secagem das sementes em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,2% de nitrato de potássio; 8- pré-secagem em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,5% de nitrato de potássio; 9- pré-secagem em estufa com temperatura de 30°C durante cinco dias; 10 - pré-secagem em estufa com temperatura de 40 °C durante cinco dias; 11- pré-secagem em estufa com temperatura de 50 °C durante cinco dias (GMACH et al., 2013); 12- pré-secagem em estufa com temperatura de 50 °C durante sete dias (GMACH et al., 2013).



Tabela 10- Percentual de germinação de sementes de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a diferentes tratamentos para a superação de dormência, safra 2014/15 (Continua).

<b>Tratamento</b>	<b>Cultivares</b>		
	<b>Epagri 109</b>	<b>SCSBRS Tio Taka</b>	<b>SCS 116 Satoru</b>
<b>0</b>	34 cB	27 dB	54 cA
<b>1</b>	57 bC	61 bC	98 aA
<b>2</b>	58 bC	41 cD	82 bA
<b>3</b>	37 cC	40 cC	79 bA
<b>4</b>	32 cC	44 cB	74 bA
<b>5</b>	56 bB	40 cC	78 bA
<b>6</b>	45 cB	48 bB	72 bA
<b>7</b>	80 aB	95 aA	96 aA
<b>8</b>	79 aB	94 aA	98 aA
<b>9</b>	65 bB	49 bC	87 bA
<b>10</b>	65 bB	55 bB	83 bA
<b>11</b>	78 aB	87 aB	96 aA
<b>12</b>	80 aB	91 aA	92 aA

Tabela 10- Percentual de germinação de sementes de arroz irrigado coletadas logo após o beneficiamento e submetidas a diferentes tratamentos para a superação de dormência, safra 2014/15 (Conclusão).

Tratamento	Cultivares		
	SCS 117 CL	SCS 118 Marques	SCS 121 CL
<b>0</b>	30 dB	17 dC	49 cA
<b>1</b>	87 aB	79 bB	86 bB
<b>2</b>	53 cC	70 bB	85 bA
<b>3</b>	56 cB	45 cC	83 bA
<b>4</b>	57 cB	50 cB	83 bA
<b>5</b>	71 bA	57 cB	79 bA
<b>6</b>	71 bA	71 bA	78 bA
<b>7</b>	89 aB	95 aA	88 aB
<b>8</b>	92 aA	95 aA	90 aA
<b>9</b>	86 aA	72 bB	87 aA
<b>10</b>	66 bB	76 bA	81 bA
<b>11</b>	85 aB	88 aB	90 aB
<b>12</b>	84 aB	95 aA	94 aA

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

Todos os tratamentos utilizados promoveram a superação da dormência das sementes avaliadas, pois todos diferiram da testemunha (tratamento 0) sem superação de dormência, quanto ao percentual de germinação (Tabela 10).

No entanto, as cultivares apresentaram resposta diferenciada quanto aos tratamentos para a superação da dormência, e alguns métodos foram mais eficientes que outros em promover a germinação das sementes.

Os tratamentos 2 (imersão das sementes em solução de 60 mg.l<sup>-1</sup> de ácido giberélico por 36 horas), 3 (umidificação do substrato com solução de 0,2% de nitrato de potássio), 4 (umidificação do substrato com solução de 0,5% de nitrato de potássio) e 5 (imersão das sementes em água quente a temperatura de 40 °C por 24 horas), foram os menos eficientes na superação da dormência para a maioria das cultivares.

Para Vieira et al. (2002) a embebição das sementes em 60 mg GA<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O por 36 horas apresentou-se eficiente como um tratamento rápido na superação da dormência de sementes de arroz, sendo equivalente a estufa de circulação forçada de ar a 40 °C por sete dias, diferindo dos resultados obtidos neste trabalho.

Os tratamentos 1 (umidificação do substrato com solução de 0,05% de ácido giberélico), 7 (pré-secagem das sementes em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,2% de nitrato de potássio), 8 (pré-secagem em estufa a 50 °C por sete dias e umidificação do substrato com solução de 0,5% de nitrato de potássio), 9 (pré-secagem em estufa com temperatura de 30°C durante cinco dias), 11 (pré-secagem em estufa com temperatura de 50°C durante cinco dias) e 12 (pré-secagem em estufa com temperatura de 50 °C durante sete dias) foram os que promoveram os maiores percentuais de germinação para a maioria das cultivares.

As cultivares responderam de forma positiva aos tratamentos com pré-secagem em estufa na temperatura de 50 °C, ou seja, foram os tratamentos que promoveram os maiores percentuais de germinação, pela maior eficiência na superação da dormência das sementes. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Baldi et al. (2012) e Seshu e Dadlani (1991), que afirmaram que o tratamento com calor seco foi mais eficiente para a superação de dormência.

Os métodos que combinaram a pré-secagem em estufa com a umidificação do substrato com solução de nitrato de

potássio promoveram os maiores valores de germinação para a maioria das cultivares, quando utilizado apenas a pré-secagem. Conforme os estudos realizados por Dias e Shioga (1997), a embebição do substrato do teste de germinação em solução de  $\text{KNO}_3$  a 0,2% foi eficiente em lotes com menor grau de dormência, não conseguindo o mesmo desempenho em sementes com maior dormência. Contudo, Seshu e Dadlani (1991) obtiveram aumentos significativos na germinação com esse tratamento.

Os tratamentos utilizando ácido giberélico e nitrato de potássio apesar de terem promovido aumento da germinação quando comparados com a testemunha, não foram tão eficazes para superar a dormência, pois para a maioria das cultivares promoveram aumentos de apenas 20 a 30% na germinação, resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (1998).

Os tratamentos com água quente, 40 °C/24 horas e 40 °C/48 horas, apresentaram resultados semelhantes quanto a superação de dormência, diferindo apenas para algumas cultivares. Dias e Shioga (1997), relataram que em sementes com menor intensidade de dormência, o tratamento 40 °C/24 horas foi eficaz na melhoria da germinação, enquanto que, 40 °C/48 horas houve redução na germinação.

Os resultados obtidos demonstraram que, sementes de cultivares com maior intensidade de dormência necessitam de períodos maiores com tratamento à base de calor para sua superação. Por outro lado, podem ocorrer prejuízos na germinação com o uso do tratamento com água quente a 40 °C/48 horas em sementes com menor intensidade de dormência, ocorrendo perda da viabilidade das sementes, devido à combinação de altos teores de água com altas temperaturas (DIAS; SHIOGA, 1997).

De maneira geral, as respostas aos tratamentos variaram com a cultivar e a intensidade da dormência. Vieira (1994) demonstrou que existem fases distintas na intensidade da

dormência durante o período de maturação das sementes de arroz e, também, menor resposta aos tratamentos para superar a dormência, daquelas cultivares colhidas em um estágio mais precoce e com maior dormência.

A dormência pode variar em função da espécie cultivada, sistema de produção, condições edafoclimáticas, processamento da semente e condições de armazenamento, sendo que o mecanismo de dormência apresenta particularidades, tornando difícil qualquer generalização sobre suas causas (CARDOSO et al., 2014). Assim, a escolha de tratamentos que sejam eficientes para a superação da dormência vai depender dos fatores mencionados anteriormente.

#### 4.5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram a ocorrência de dormência em pré e pós colheita, nas duas safras avaliadas.

Na safra 2013/14, com três meses de armazenamento em condições convencionais as sementes atingiram sua germinação máxima.

A superação da dormência após a colheita variou conforme a cultivar e as condições climáticas ocorridas durante a formação das sementes.

Os métodos de superação da dormência baseados na pré-secagem em estufa foram os mais eficientes e podem ser adaptados para utilização em um grande volume de sementes.

As cultivares SCS 116 Satoru e SCS 121 CL apresentaram germinação superior as demais, para a maioria dos testes de superação de dormência utilizados.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS – ABRASEM. **Instrução Normativa n° 45, de 17 de setembro de 2013**. Brasília, 2013, 38 p.

BALDI, M. E. et al. Métodos alternativos para superação da dormência em sementes de arroz irrigado. **Informativo ABRATES**, v.22, n.2, p. 16-19, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 365p.

CARDOSO, E. D. et al. Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 21-38, 2014.

DELATORRE, C.A. Dormência em sementes de arroz vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.565-571, 1999.

DIAS, M.C.L.L.; SHIOGA, P.S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.19, n.1, p.52-57, 1997.

FRANCO, F. et al. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.50, n.430, p.11-15, 1997.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Pré-secagem na superação da dormência em sementes de arroz. In: Congresso Pan Americano de Semillas, 2004, Assunção. **Anais...** Assunção, 2004.

GUIMARÃES, I.F.G; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1, p.77-88, 2000.

GMACH, J. R. et al. Métodos para Superação da Dormência em Sementes de Genótipos Locais de Arroz Produzidos em Sistema Agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, Porto Alegre, 2013.

GU, X. Y. et al. Genotyping of endosperms to determine seed dormancy genes regulating germination through embryonic, endospermic, or maternal tissues in rice. **G3: Genes | Genomes | Genetics**, v. 5, p. 183-193, 2015.

LEOPOLD, A.C.; GLENISTER, R.; COHN, M.A. Relationship between water content and afterripening in red rice. **Physiol Plant**, v.74, p. 659-662, 1988.

LOPES, J. C. et al. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de sementes**, v. 20, n. 1, p. 87-92, 1998.

MENEZES, N. L. de; FRANZIN, S. M.; BORTOLOTTO, R. P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.7, n.1, p.35- 44, 2009.

MENEZES, N.L.; MAZARO, S.M.; BRACKMANN, A. Efeito da exposição a diferentes concentrações de oxigênio para superar a dormência em sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n. 2, p.375-379, 1997.

SILVA, F. de A. S. Assistat. Versão 7.7 beta (2011). Disponível em <http://www.assistat.com/indexp.html>.

SESHU, D.V.; DADLANI, M. Mechanism of seed dormancy in rice. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, p.187-194. 1991.

SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, P. R. V. S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 TAIM, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.74-80, 2008.

TUNES, L. M. D.; BADINELLI, P. G.; OLIVO, F.; BARROS, A. C. S. A. Tratamentos para superação da dormência em sementes de cevada. **Scientia agraria**, v. 10, n. 1, p. 015-021, 2009.

VIEIRA, A. R. et al. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.81-89, 2008.

VIEIRA, A. R. et al. Action of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on dormancy and activity of alpha-amylase in rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 43-48, 2002.

VIEIRA, A.R. et al. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.535-542, 1994.



VIEIRA, A.R. et al. Efeito de compostos fenólicos na dormência de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.4, 1991.

## 5 DIVERSIDADE GENÉTICA ASSOCIADA AO VIGOR DE SEMENTES PARA A TOLERÂNCIA AO FRIO EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO

### 5.1 RESUMO

Medidas de vigor em cultivares de arroz irrigado para a tolerância ao frio são indispensáveis para a identificação de cultivares para a semeadura antecipada. O objetivo deste trabalho foi determinar a diversidade genética associada ao caráter de tolerância ao frio na germinação em cultivares de arroz irrigado. Foram avaliadas sementes de sete cultivares de arroz irrigado produzidas na safra 2013/14. A avaliação da qualidade fisiológica inicial foi determinada pelos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência em areia e comprimento de plântula. A curva de embebição das sementes foi obtida para determinar as três fases da germinação. O estresse por frio foi submetido às sementes no início da fase III da germinação, na temperatura de 10°C durante três e cinco dias. As condições de estresse utilizadas causaram redução na germinação e no comprimento de plântula. As cultivares SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram elevada qualidade fisiológica e demonstraram tolerar condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação, podendo ser indicadas em semeaduras antecipadas. A tolerância às condições de baixas temperaturas na fase III da germinação foi dependente da qualidade fisiológica das sementes e da cultivar. O estresse por frio na fase III da germinação foi eficaz na discriminação das cultivares quanto a tolerância ao frio.

**Palavras – chave:** *Oryza sativa* L. Qualidade fisiológica. Baixas temperaturas.

## 5.2 INTRODUÇÃO

Os níveis de produtividade de arroz na região Sul do Brasil são os mais altos do país (CONAB, 2015). No entanto, em alguns anos ocorreram oscilações na produtividade nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocasionadas, principalmente, pelas condições climáticas adversas, como a ocorrência de baixas temperaturas (STEINMETZ et al., 2005).

De maneira geral a planta de arroz é sensível a baixas temperaturas durante todo o seu ciclo de desenvolvimento. No entanto, alguns estágios são mais críticos, entre eles a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, e o reprodutivo (microsporogênese e antese) (BOSETTI, 2012).

A tolerância a baixas temperaturas é buscada nas fases iniciais de desenvolvimento da planta (germinação e plântula), com a intenção de antecipar a semeadura e evitar que a etapa reprodutiva coincida com a época de início de frio (março), quando contornar o problema se torna mais difícil. Além disso, com a semeadura antecipada, o período reprodutivo acontece numa época de maior intensidade de radiação solar (dezembro/janeiro), favorecendo o aumento da produtividade (MERTZ et al., 2009).

A estratégia de antecipar o máximo possível a época de semeadura da lavoura, visando buscar maiores rendimentos, seja pela realização de duas safras no mesmo ano agrícola ou pela coincidência do período reprodutivo com o de maior radiação solar, podem resultar em severos danos devido a deposição das sementes em solo ainda frio. Ocorrendo a redução na porcentagem e na velocidade da germinação e aumento na duração do subperíodo semeadura-emergência (SOSBAI, 2014).

Assim, a qualidade fisiológica de sementes de cultivares de arroz irrigado e sua relação com a tolerância ao frio se mostra indispensável para a antecipação da semeadura, pois sementes com elevado potencial fisiológico proporcionam

germinação rápida e uniforme, e as plântulas apresentam maior tolerância a adversidades ambientais, o que auxilia no processo produtivo (BENNETT, 2001).

O objetivo deste trabalho foi determinar a diversidade genética associada ao caráter de tolerância ao frio na germinação em cultivares de arroz irrigado.

### 5.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizadas sementes de sete cultivares de arroz irrigado (Epagri 108, Epagri 109, SCS BRS Tio Taka (SCS 113), SCS 114 Andosan, SCS 116 Satoru, SCS 117 CL e SCS 118 Marques), produzidas na safra 2013/14, em campos de produção de sementes certificadas de primeira geração, pertencentes a produtores da Cooperativa Regional Agropecuária do Vale do Itajaí (CRAVIL), na região do Alto Vale do Itajaí. Localizados a uma latitude 27°12'51" sul e a uma longitude 49°38'35" oeste (entre a Serra do Mar e a Serra Geral), e a uma altitude de 339,88 metros acima do nível do mar. O clima predominante é o mesotérmico úmido com verão quente (Cfa).

As sementes para a avaliação da qualidade fisiológica e da tolerância ao frio foram coletadas após 120 dias de armazenamento em condições convencionais (sem controle de temperatura e umidade).

Com o auxílio de um amostrador simples (tipo Nobbe) foram coletadas amostras simples em diferentes pontos do lote referente a cada cultivar. A união das amostras simples de cada cultivar formou a amostra composta, que foi levada ao laboratório de análise de sementes do CAV/UDESC, homogeneizada e reduzida para formar a amostra média de 1.400 g, utilizando um quarteador de amostras (BRASIL, 2009). As amostras de trabalho de cada cultivar foram obtidas a partir da amostra média por homogeneização e divisão em quatro repetições com pesos semelhantes, conforme descrito

por Coelho et al. (2010). Em seguida, as sementes foram mantidas em câmara seca a 10 °C e  $\pm$  50% de umidade relativa até a realização dos testes.

A caracterização da qualidade fisiológica inicial das sementes de todas as cultivares foi realizada através dos testes de germinação, comprimento de plântula, envelhecimento acelerado, frio, emergência em areia e condutividade elétrica.

O teste de germinação foi conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes para cada cultivar, em rolo de papel Germitest<sup>®</sup>, e mantidos em germinador (tipo Mangelsdorf) regulado a 25 °C, durante todo o período do teste. O volume de água, para umedecer o papel foi o equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O percentual de germinação foi obtido pelo número de plântulas normais. O comprimento de plântula no teste de germinação foi determinado utilizando-se quatro repetições de 15 plântulas normais (GMACH et al., 2013).

O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido conforme descrito por Krzyzanowski et al. (1991), em caixas plásticas, onde as sementes ficaram dispostas sobre a superfície de uma tela de alumínio, posicionada acima da lâmina formada por 40 ml de água, mantidas em câmara de envelhecimento acelerado a 45 °C por 72 horas (GMACH et al., 2013). Após esse período, as sementes foram distribuídas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecido com 2,5 vezes o seu peso seco com água destilada, mantidas em germinador (tipo Mangelsdorf) regulado a temperatura de 25 °C. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por cultivar. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, de sementes mortas e dormentes. O vigor foi obtido pelo número de plântulas normais.

O teste de frio foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por cultivar, semeadas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos, para evitar a perda de umidade, e mantidos em BOD (*biochemical oxygen demand*) a temperatura de 10 °C, durante sete dias. Após este período os rolos foram transferidos para um germinador (tipo Mangelsdorf) a 25 °C, onde permaneceram por mais sete dias. A avaliação foi realizada contabilizando o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O vigor foi obtido pelo número de plântulas normais.

O teste de emergência em areia foi conduzido em bandejas plásticas (60x40x10 cm), contendo areia como substrato. A semeadura foi realizada em linhas, espaçadas 2 cm entre si, com quatro repetições de 50 sementes por cultivar, mantidas em casa de vegetação. As plântulas emergidas foram contabilizadas diariamente até o momento em que não se observaram novas plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada cultivar. As sementes foram pesadas, posteriormente foram adicionados 75 ml de água destilada e mantidas em germinador a 25 °C. As leituras foram realizadas após 24 horas de embebição com um condutímetro Digimed CD-21<sup>®</sup>. Os resultados da leitura foram divididos pelos respectivos pesos das sementes e os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente (VIEIRA, 1994).

A curva de embebição foi obtida para identificar as três fases da germinação (Fase I, II e III) (BEWLEY; BLACK, 1994), para definir o momento em que as sementes seriam submetidas ao estresse por baixas temperaturas. As sementes foram distribuídas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecido com 2,5 vezes o seu peso seco, com água destilada, mantidas

no germinador regulado a temperatura constante de 25 °C por 48 horas. A cada três horas foram retiradas duas repetições de aproximadamente 5 g de sementes de cada cultivar, determinando-se o peso úmido e o peso seco, utilizado o método da estufa a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), para a obtenção da curva de absorção de água.

O estresse por baixas temperaturas foi realizado utilizando-se duas condições de estresse: 10 °C por três dias e 10 °C por cinco dias. Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes por cultivar, semeadas em rolos de papel Germitest<sup>®</sup>, umedecidos com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram mantidos em germinador a temperatura de 25 °C por 39 horas, início da fase III da germinação, quando pelo menos 50% (+ 1) das sementes apresentavam a protrusão da radícula (aproximadamente 0,5 cm), determinada previamente através da curva de embebição. Em seguida, os rolos foram colocados em sacos plásticos, para evitar a perda de umidade, e mantidos em BOD (*biochemical oxygen demand*) a temperatura de 10 °C nos tempos estabelecidos de três e cinco dias. Após o tempo de estresse as sementes foram transferidas para o germinador a 25 °C por mais sete dias para verificar a recuperação das plântulas, contabilizando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e dormentes. O percentual de germinação foi obtido pelo número de plântulas normais. O comprimento de plântula foi determinado utilizando-se quatro repetições de 15 plântulas normais (GMACH et al., 2013).

Essa metodologia buscou simular as condições de ocorrência de baixas temperaturas no campo, durante e após a semeadura, considerando que o plantio do arroz irrigado em Santa Catarina é em sistema pré-germinado (SOSBAI, 2014), ou seja, a semeadura é realizada quando as sementes já apresentaram a protrusão da radícula (início da fase III da germinação).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância, as médias da qualidade fisiológica e do estresse por frio foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para os dados da curva de embebição foram ajustadas regressões polinomiais de terceiro grau. As variáveis expressas em percentual que não apresentaram distribuição normal foram transformadas em arco seno  $(x/100)^{1/2}$ . As médias apresentadas são dos dados originais. Utilizaram-se os programas estatísticos ASSISTAT<sup>®</sup> versão 7.7 beta (SILVA, 2011) e SigmaPlot<sup>®</sup> (Systat, versão 10.0, EUA).

#### 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados observados na análise de variância (Tabela 11), para o teste de germinação, frio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, houve efeito significativo para cultivar, indicando que há diferença significativa entre as cultivares quanto à qualidade fisiológica nas sementes armazenadas por 120 dias. Para a emergência em areia e o comprimento de plântula não houve diferença entre as cultivares.



Tabela 11- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), emergência em areia (EM), comprimento de plântula no teste de germinação (CPGR) e condutividade elétrica (COND) em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14 (Continua).

F.V.	GL	Quadrado médio		
		GR	FR	EA
<b>Cultivar</b>	6	0,018*	0,100*	0,178*
<b>Erro</b>	21	0,006	0,004	0,004
<b>C.V. (%)</b>	-	6,36	6,13	6,62

Tabela 11- Análise de variância para os testes de germinação (GR), frio (FR), envelhecimento acelerado (EA), emergência em areia (EM), comprimento de plântula no teste de germinação (CPGR) e condutividade elétrica (COND) em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14 (Conclusão).

F.V.	GL	Quadrado médio		
		EM	CPGR	COND
<b>Cultivar</b>	6	0,011 <sup>ns</sup>	12,12 <sup>ns</sup>	10,99*
<b>Erro</b>	21	0,027	7,275	0,509
<b>C.V. (%)</b>	-	13,42	10,19	4,10

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

No percentual de germinação, apenas as cultivares SCS 117 CL (97%) e Epagri 109 (86%) diferiram entre si (Tabela 12).

Tabela 12- Percentual de germinação (GR), envelhecimento acelerado (EA), frio (FR) e condutividade elétrica (COND), em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.

<b>Cultivar</b>	<b>GR (%)</b>	<b>EA (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>COND (<math>\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}</math>)</b>
Epagri 108	93ab	76bc	86b	16,27a
Epagri 109	86b	87ab	57c	15,73a
SCS BRS Tio Taka	93ab	65c	78b	19,03b
SCS 114 Andosan	94ab	80bc	88ab	19,20b
SCS 116 Satoru	92ab	38d	78b	19,32b
SCS 117 CL	97a	94a	96a	16,14a
SCS 118 Marques	93ab	83b	84b	16,26a

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

Para o teste de vigor pelo envelhecimento acelerado, a cultivar SCS 117 CL (94%) e a Epagri 109 (87%) apresentaram o maior vigor e a SCS 116 o menor vigor (38%) seguida pela SCS BRS Tio Taka (65%), corroborando com o pressuposto de que sementes de alto vigor mantem sua viabilidade quando submetidas ao estresse, durante curtos períodos de tempo, a condições severas de temperatura e umidade relativa em uma câmara apropriada, enquanto que as de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida acentuadamente (RODO, 2000).

No teste de frio a cultivar Epagri 109 apresentou o menor vigor (57%), demonstrando sensibilidade a esta condição de frio. De acordo com Wrasse et al. (2009), o teste de frio é recomendado para diversas gramíneas, sendo utilizado para avaliar o vigor das sementes, considerando que sementes resistentes às condições desfavoráveis são as mais vigorosas e lotes de boa qualidade fisiológica devem ter um mínimo de 70 a 85% de plântulas normais no teste de frio. Assim, as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 Andosan mostraram-se as

mais tolerantes ao frio, apresentando maior vigor (96% e 88%, respectivamente), e as cultivares Epagri 108 (86%), SCS BRS Tio Taka (78%), SCS 116 Satoru (78%) e SCS 118 Marques (84%), boa qualidade fisiológica, tolerando as condições do teste de frio.

Os valores de condutividade elétrica permitiram diferenciar as cultivares SCS BRS Tio Taka ( $19,03 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), SCS 114 Andosan ( $19,20 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e SCS 116 Satoru ( $19,32 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) das demais pelos maiores valores de condutividade (Tabela 12). As cultivares Epagri 108, Epagri 109, SCS 117 CL e SCS 118 Marques apresentaram menor lixiviação, ou seja, maior capacidade para reorganizar e reparar danos nas membranas, sendo de qualidade superior, considerando o teste de condutividade elétrica como medida de vigor (SANTOS et al., 2004).

De maneira geral, as cultivares SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram sementes com elevada qualidade fisiológica. As cultivares SCS BRS Tio Taka e SCS 116 Satoru, apresentaram sementes de menor qualidade e a maior redução no potencial fisiológico, principalmente, quando expostas às condições de estresse, como no teste de envelhecimento acelerado e no teste de frio (BORTOLOTTI et al., 2008), apesar de terem apresentado percentuais de germinação superiores a 90% (Tabela 12). Demonstrando que, lotes de sementes de arroz aprovados pelas análises de sementes para comercialização, nem sempre apresentam alta emergência em campo (WRASSE et al., 2009), principalmente quando as condições climáticas são desfavoráveis.

Segundo Höfs et al. (2004), sementes de arroz com diferentes níveis de qualidade fisiológica apresentam desempenho diferenciado na emergência em campo e na fase inicial de crescimento das plântulas, e sementes com maior vigor apresentam maior capacidade de resistir a adversidades climáticas (BENNETT, 2001).

A análise de variância para a curva de embebição mostrou a existência de diferenças significativas entre as cultivares e os tempos avaliados, conforme a Tabela 13.

Tabela 13- Análise de variância para a curva de embebição em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14.

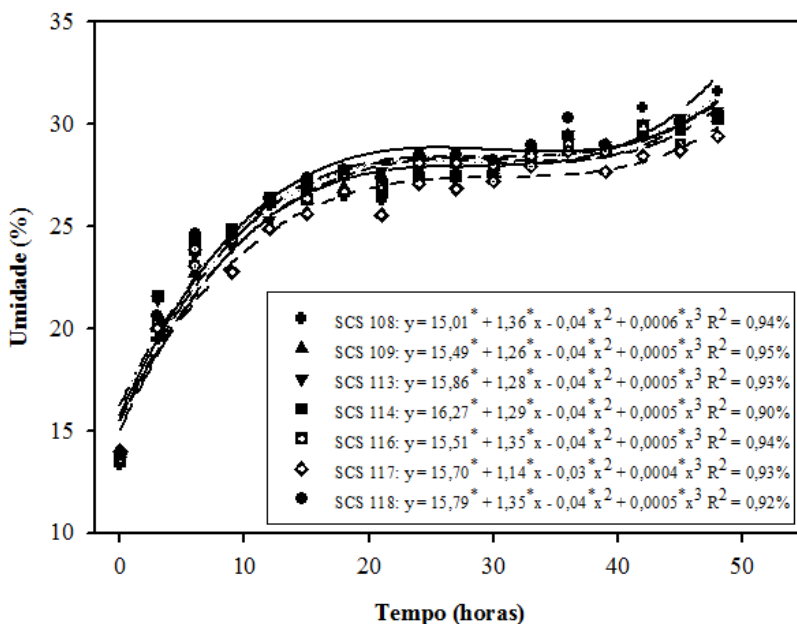
F.V.	GL	Quadrado médio
		Umidade
<b>Cultivar (C)</b>	6	5,32*
<b>Tempo de embebição (TE)</b>	16	238,55*
<b>TE*C</b>	96	0,380*
<b>Erro</b>	119	0,183
<b>C.V. (%)</b>	-	1,62

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p > 0,05$  pelo teste F.

O comportamento das sete cultivares de arroz irrigado, durante 48 horas de embebição, pode ser observado na Figura 10.

Figura 10- Curva de embebição de sementes de sete cultivares de arroz irrigado, safra 2013/14.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

As cultivares apresentaram comportamento semelhante quanto a absorção de água, com exceção da SCS 117 CL, que absorveu uma quantidade de água inferior as demais (aproximadamente 2%), a partir de nove horas de embebição (Figura 10).

Nas sementes de arroz, a água e o oxigênio que ultrapassam a barreira da casca são aproveitados pelo metabolismo mais eficiente das sementes vigorosas, acreditando-se que esse metabolismo exija quantidade cada vez maior de água, dando maior velocidade à hidratação e teores mais elevados nas primeiras horas. Assim, também é possível associar a velocidade de hidratação com a qualidade fisiológica das sementes de arroz, de modo que sementes com menor

qualidade absorvem água mais lentamente (WRASSE et al., 2009). O que não foi observado, para a cultivar SCS 117 CL que exibiu qualidade fisiológica superior, e necessitou de uma quantidade de água inferior as demais para manter o processo germinativo.

O processo de hidratação das sementes seguiu um padrão trifásico, conforme descrito por Bewley e Black (1994). A primeira fase (Fase I), caracterizada pela rápida absorção de água, como consequência do potencial matricial de vários tecidos, e pelo início da degradação das substâncias de reserva (FLOSS, 2004), ocorreu até próximo 12 horas de embebição (Figura 10).

Na segunda fase (Fase II), as sementes absorveram água muito lentamente, caracterizada pela estabilização da absorção de água, como observado no período compreendido entre as 12 e 39 horas na Figura 10. Segundo Bortolotto et al. (2008), nesta fase, inicia-se o transporte ativo de substâncias desdobradas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático.

Na terceira fase (Fase III), torna-se visível a retomada do crescimento do embrião, identificada pela protrusão da raiz primária (MARCOS FILHO, 2005), e pela maior absorção de água, como observado a partir das 39 horas de embebição (Figura 10).

Identificado o tempo de início da fase III da germinação, a partir de 39 horas de embebição, semelhante para todas as cultivares, este foi utilizado para submetê-las ao estresse por frio.

De acordo com a análise de variância (Tabela 14), houve diferença significativa entre as cultivares para o teste de germinação e o comprimento de plântula, diante das condições de estresse as quais as sementes foram submetidas.

Tabela 14- Análise de variância para os testes de germinação (GR) e comprimento de plântula (CP), com e sem estresse por frio na fase III da germinação, safra 2013/14.

F.V.	GL	Quadrado médio	
		GR	CP
<b>Cultivar (C)</b>	6	0,133*	10,81*
<b>Estresse por frio (EF)</b>	2	1,234*	389,34*
<b>EF*C</b>	12	0,026*	8,28*
<b>Erro</b>	63	0,003	3,622
<b>C.V. (%)</b>	-	5,66	8,44

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. \* significativo; <sup>ns</sup> não significativo a  $p>0,05$  pelo teste F.

Tratamentos: sem estresse por frio, estresse de três dias a 10 °C e cinco dias a 10 °C na fase III da germinação.

O efeito significativo da interação entre as cultivares e o estresse por frio foi desdobrado e apresentado na Tabela 15.

Tabela 15- Percentual de germinação e comprimento de plântula sem estresse e após o estresse por frio na fase III da germinação, em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14 (Continua).

Cultivar	Germinação (%)		
	Sem estresse	3 dias	5 dias
<b>Epagri 108</b>	97aA	80bA	65cB
<b>Epagri 109</b>	92aABC	41bC	44bC
<b>SCS BRS Tio Taka</b>	88aC	61bB	59bB
<b>SCS 114 Andosan</b>	95aAB	76bA	83bA
<b>SCS 116 Satoru</b>	93aABC	55bB	59bB
<b>SCS 117 CL</b>	93aABC	76bA	78bA
<b>SCS 118 Marques</b>	89aBC	62bB	59bB

Tabela 15 - Percentual de germinação e comprimento de plântula sem estresse e após o estresse por frio na fase III da germinação, em sementes de arroz irrigado, safra 2013/14 (Conclusão).

Cultivar	Comprimento de plântula (cm)		
	Sem estresse	3 dias	5 dias
<b>Epagri 108</b>	27aAB	22bAB	18bA
<b>Epagri 109</b>	28aA	23bAB	18cA
<b>SCS BRS Tio Taka</b>	26aAB	22bAB	18cA
<b>SCS 114 Andosan</b>	23aB	22aAB	20aA
<b>SCS 116 Satoru</b>	25aAB	21bB	18cA
<b>SCS 117 CL</b>	28aA	26aA	20bA
<b>SCS 118 Marques</b>	24aAB	24aAB	16bA

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

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

Tratamentos: sem estresse por frio, estresse de três dias a 10 °C e cinco dias a 10 °C na fase III da germinação.

No teste de germinação houve apenas diferença significativa entre a condição sem estresse e as duas condições de estresse por frio, com exceção da cultivar Epagri 108 (Tabela 15).

As condições de estresse impostas as sementes ocasionaram redução no percentual de germinação, variando de 10 a 50%, de acordo com a cultivar.

As cultivares SCS 114 Andosan (76%/3 dias e 83%/5 dias) e SCS 117 CL (76%/3 dias e 78/5 dias), apresentaram a menor redução no seu percentual de germinação diante das duas condições de estresse, e a Epagri 108 (80%) apenas na condição de frio durante três dias, mostrando-se tolerantes às condições de estresse impostas na fase III da germinação. Segundo Mertz et al. (2009), sementes que apresentem



germinação acima de 70%, podem ser consideradas como tolerantes ao frio.

A cultivar Epagri 109, pode ser considerada a mais sensível a ocorrência de baixas temperaturas na fase III da germinação, pois reduziu sua germinação em 50%, nas duas condições de estresse.

No comprimento de plântula (Tabela 15), apenas a cultivar SCS 114 Andosan não apresentou redução diante do estresse por frio. As cultivares SCS 117 CL e SCS 118 Marques, apresentaram redução de aproximadamente 8 cm, apenas após cinco dias a 10 °C. As cultivares Epagri 109, SCS BRS Tio Taka e SCS 116 Satoru apresentaram redução no seu comprimento de plântula com três (23, 22 e 21 cm, respectivamente) e cinco dias (18 cm) de estresse, no qual a redução foi mais acentuada e diferente estatisticamente da condição de estresse por três dias. Para a Epagri 108, não houve diferença entre as duas condições de estresse, porém houve redução no comprimento de plântula quando comparado com a condição sem estresse.

Na condição de estresse por frio durante três dias houve apenas diferença significativa entre as cultivares SCS 117 CL, com a menor redução no comprimento de plântula (26 cm), e SCS 116 Satoru com o menor comprimento de plântula (21 cm). Na condição de estresse de 5 dias não houve diferença significativa entre as cultivares. Segundo Bortolotto et al. (2008), sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, por apresentarem maior capacidade de transformação e suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destes pelo eixo embrionário.

As cultivares que demonstraram maior tolerância às condições de baixas temperaturas na fase inicial de germinação (SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques), foram as que apresentaram qualidade fisiológica superior. Demonstrando que, sementes com elevada qualidade

fisiológica apresentam maior capacidade de resistir a condições de estresse (MIELEZRSKI et al., 2008). Estas cultivares podem ser indicadas em sementeiras antecipadas, pois demonstraram tolerar condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação.

## 5.5 CONCLUSÃO

As cultivares SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram elevada qualidade fisiológica (germinação acima de 90% e vigor acima de 80%), e demonstraram tolerar condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação, podendo ser indicadas em sementeiras antecipadas

A tolerância às condições de baixas temperaturas na fase III da germinação foi dependente da qualidade fisiológica das sementes e da cultivar.

O estresse por frio na fase III da germinação foi eficaz na discriminação das cultivares quanto a tolerância ao frio.

## REFERÊNCIAS

- BENNETT, M.A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo ABRATES**, v. 11, p.58-62. 2001.
- BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: Springer Verlag, 1994. 375p.
- BORTOLOTTO, R. P. et al. Comportamento de hidratação e qualidade fisiológica das sementes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.991-996, 2008.
- BOSETTI, F. **Diversidade genética em germoplasma de arroz japonês utilizando marcadores moleculares e agromorfológicos**. 2012. 183 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 365p.
- COELHO, C. M. M. et al. Características morfo agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 1177-1186, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.

**Acompanhamento de safra brasileira 2015.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_grãos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_grãos_setembro_2014.pdf)>. Acesso em: 21 abril. 2015.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por tras do que se vê.** 2.ed. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.

GMACH, J. R. et al. Métodos para Superação da Dormência em Sementes de Genótipos Locais de Arroz Produzidos em Sistema Agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, Porto Alegre, 2013.

HÖFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26 n.1, p.92-97, 2004.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2. 1991.

MARCOS FILHO, M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MERTZ, L. M. et al. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 262-270, 2009.

MIELEZRSKI, F. et al. Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 086-094, 2008.

RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J.  
Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, 2000.

SANTOS, C. M.R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A.  
Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.1, p.110-119, 2004.

SILVA, F. de A. S. Assistat. Versão 7.7 beta (2011).  
Disponível em <http://www.assistat.com/indexp.html>.

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

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

VIEIRA. R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

WRASSE, C. F. et al. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Científica**, Jaboticabal, v.37, n.2, p.107 - 114, 2009.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação a avaliação da dormência em sementes de arroz, verificou-se que a sua ocorrência e manutenção após a colheita foi dependente da cultivar e das condições climáticas ocorridas durante a formação das sementes, principalmente com relação a ocorrência de chuvas na pré colheita.

A dormência interfere na avaliação da qualidade fisiológica logo após a colheita, quando não é totalmente superada. Recomenda-se incluir o teste de tetrazólio nas análises fisiológicas, pois o mesmo é eficiente na determinação da viabilidade das sementes, mesmo estas estando dormentes.

A condição de armazenamento convencional por um período de 120 dias foi eficiente na superação da dormência para todas as cultivares avaliadas, mostrando ser este o melhor momento para a realização das análises de qualidade fisiológica em sementes de arroz irrigado. Além de dispensar a utilização de métodos de superação de dormência, permite verificar se a mesma foi realmente superada com o período de armazenamento. Quando a análise necessita ser realizada antes desse período, recomenda-se realizar o teste de tetrazólio.

Para evitar problemas com relação a baixa germinação de sementes, recomenda-se realizar o teste de germinação próximo a comercialização das sementes sem a utilização de métodos de superação da dormência, para verificar se a mesma foi superada totalmente durante o armazenamento (período de entre safra).

Os métodos de superação da dormência, em sementes recém colhidas, baseados na pré-secagem em estufa foram os mais eficientes, e podem ser adaptados e utilizados em um grande volume de sementes, principalmente em momentos que antecedem a comercialização das mesmas, e que o período de entre safra não foi suficiente para total superação da dormência.

A tolerância às condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação foi dependente da qualidade fisiológica das sementes e da cultivar. O estresse ocasionado nesta fase foi eficaz na discriminação das cultivares quanto a tolerância ao frio. Mostrando que a metodologia para avaliação da tolerância ao frio na fase III da germinação proposta neste trabalho pode ser utilizada para avaliação desta característica em cultivares de arroz irrigado no sistema pré germinado, visto que não existem metodologias na literatura, para avaliação desta característica em sementes pré germinadas.

As cultivares SCS 117 CL, SCS 114 Andosan e SCS 118 Marques apresentaram elevada qualidade fisiológica e demonstraram tolerar condições de baixas temperaturas no início da fase III da germinação, podendo ser utilizadas em semeaduras antecipadas no estado de Santa Catarina.