

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO  
DE SEMENTES DE ARROZ BASEADO NA  
INTEGRIDADE DAS MEMBRANAS CELULARES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Ana Paula Piccinin Barbieri**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

# DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ BASEADO NA INTEGRIDADE DAS MEMBRANAS CELULARES

**Ana Paula Piccinin Barbieri**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Nilson Lemos de Menezes

Santa Maria, RS, Brasil  
2011

B236d Barbieri, Ana Paula Piccinin  
Determinação do potencial fisiológico de sementes de arroz baseado na integridade das membranas celulares / por Ana Paula Piccinin Barbieri. – 2011.  
80 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Nilson Lemos de Menezes

Coorientador: Sidinei José Lopes

Coorientador: Ênio Marchesan

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2011

1. Agronomia 2. Oryza sativa L. 3. Lixiviação de potássio 4. Condutividade elétrica 5. Teste de vigor 6. Qualidade fisiológica I. Menezes, Nilson Lemos de II. Lopes, Sidinei José III. Marchesan, Ênio IV. Título.

CDU 633.18.03

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE  
ARROZ BASEADO NA INTEGRIDADE DAS MEMBRANAS  
CELULARES**

elaborada por  
**Ana Paula Piccinin Barbieri**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Nilson Lemos de Menezes, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)**

**Maria Ângela André Tillmann, Dra. (UFPeI)**

Santa Maria, 24 de fevereiro de 2011.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Ao professor Nilson Lemos de Menezes, pela orientação, dedicação, paciência, ensinamentos, confiança e exemplo profissional.

A minha família, pelo carinho, compreensão e apoio.

Ao meu noivo, Eduardo, pelo amor, incentivo e compreensão.

Ao professor Sidinei e a Nilson Mattioni pelas orientações nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes, pela amizade e auxílio durante a condução do trabalho.

Aos amigos do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da UFSM: Maquiel, Gerusa, Elisa, Maria Carolina, Josiane, Marília, Vinicius, Bruna e Juan.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão nominalmente citados.

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ BASEADO NA INTEGRIDADE DAS MEMBRANAS CELULARES**

AUTORA: ANA PAULA PICCININ BARBIERI

ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2011.

Procedimentos adequados para avaliar a qualidade de sementes embora de fundamental importância ainda são incompletos nos programas de controle de qualidade. O trabalho teve como objetivo estabelecer a metodologia do teste de condutividade elétrica massal e individual e do teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. Utilizaram-se dez lotes de sementes de arroz produzidos na safra 2008/2009, sendo cinco da cultivar IRGA 424 e cinco da cultivar Puitá Inta CL. Os lotes foram caracterizados inicialmente através das seguintes determinações e testes: teor de água, germinação, primeira contagem, frio sem solo, comprimento e massa seca de plântulas e emergência em campo. Para o teste de condutividade elétrica massal foram estudadas as variações: número de sementes (25 e 50), volume de água (50 e 75 mL), presença ou não de casca e períodos de imersão (1, 2, 4, 8, e 24 horas), na temperatura de 25 °C. No teste de condutividade elétrica individual avaliaram-se os mesmos períodos de imersão em sementes com e sem casca, na temperatura de 25°C, no Analisador Automático de Sementes. Determinou-se também, a quantidade de potássio lixiviado na solução de imersão, através de fotometria de chama em diferentes períodos de imersão (30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos). Concluiu-se que o teste de condutividade elétrica massal e individual é promissor para a separação de lotes de arroz em função do vigor das sementes, porém há influência do genótipo utilizado. Para a cultivar IRGA 424, a condição mais adequada para a realização do teste de condutividade elétrica massal é a utilização de 25 sementes com casca, imersos em 50 ou 75 mL de água destilada e deionizada, por 2 a 8 horas, à 25°C. Para a condutividade elétrica individual o uso de sementes com casca imersas pelo período de 24 horas é o mais adequado. Para o teste de lixiviação de potássio a combinação de 50 sementes puras imersas em 50 mL de água destilada e deionizada, à 25°C, durante 60 minutos representa o mais correto procedimento para classificar lotes de sementes de arroz, em função de sua qualidade fisiológica.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L.. Teste de vigor. Qualidade fisiológica. Condutividade elétrica. Lixiviação de potássio.

## ABSTRACT

Master Course Dissertation  
Graduation Program in Agronomy  
Universidade Federal de Santa Maria

### DETERMINATION OF PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF SEEDS OF RICE BASED CELLULAR INTEGRITY OF MEMBRANES

AUTHOR: ANA PAULA PICCININ BARBIERI

ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES

Defense Place and Date: Santa Maria, February 24<sup>nd</sup>, 2011.

Appropriate procedures for analyze the quality of seed is of fundamental importance, but are still incomplete in the quality control programs. The work was aims to standardize the methodology of the electrical conductivity mass and individual test and potassium leachate test to evaluate the vigor of rice seeds. It was used ten lots of rice seeds produced in the 2008/2009 crop, five the IRGA 424 variety and five Puita Inta CL variety. The lots were initially characterized the following determinations and tests: water content, germination test, first count, cold germination, length and biomass dry of seedlings and field emergence. For the electrical conductivity mass test variations were studied: number of seeds (25 and 50), water volume (50 and 75 ml), presence or absence of bark and immersion periods (1, 2, 4, 8, and 24 hours), temperature of 25 °C. In the conductivity test individually survey the same periods of seeds immersion with and without bark, at a temperature of 25°C and Seed Automatic Analyzer SAD 9000-S. It was also determined the amount of potassium leachate in the immersion solution, through flame photometer in different periods of immersion (30, 60, 90, 120, 150 and 180 minutes). It was concluded that the electrical conductivity mass test and individual is promising for the separation of lots of rice depending on the vigour of the seeds, but in the two ways of applying has influence the genotype used. For variety IRGA 424, the best conditions for the realization of the electrical conductivity mass test is the use of 25 seeds with bark, immersed in 50 or 75 mL of distilled and deionised water for 2 to 8 hours at 25°C. For the evaluation of individual electrical conductivity the use of seeds with bark immersed for a period of 24 hours is appropriate. To the potassium leakage test the correct procedure to classify lots of rice seeds at function their physiological quality, is the combination 50 pure seeds submerged in 50 mL of distilled and deionized water at 25°C for 60 minutes.

**Key words:** *Oryza sativa* L..Vigour test. Physiological quality. Electrical conductivity. Potassium leakage.

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz.....	13
Figura 1 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, com casca, da cultivar IRGA 424, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.....	42
Figura 2 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, com casca, da cultivar Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 .....	42
Figura 3 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, sem casca, da cultivar IRGA 424, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.....	44
Figura 4 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, sem casca, da cultivar Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.....	44
Figura 5 – Box-plot para condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) para Plântulas Normais e Anormais, para todos os lotes de sementes com casca. UFSM, Santa Maria-RS, 2010. ....	46



## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz .....	13
Tabela 1 – Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de frio sem solo (TF) e emergência em campo (EM) dos lotes da cultivar IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 .....	27
Tabela 2 – Valores médios dos resultados do teste de comprimento de parte aérea (PA), raiz (RA) e total (TO) e fitomassa seca de plântulas, dos lotes da cultivar IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 .....	29
Tabela 3 – Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 25 sementes/75mL, com casca, a 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010 .....	33
Tabela 4 – Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) utilizando as combinações 50 sementes/50mL e 50 sementes/75mL, com casca, a 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010 .....	34
Tabela 5 – Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 25 sementes/75mL, sem casca, a 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010 .....	37
Tabela 6 – Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) utilizando as combinações 50 sementes/50mL e 50 sementes/75mL, sem casca, a 25 °C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010 .....	38
Tabela 7 – Dados médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) de cinco lotes de sementes, com casca, das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão (h) a 25 °C. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 ...	41
Tabela 8 – Dados médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) de cinco lotes de sementes, sem casca, das cultivares Irga 424 e Puitá Intá CL, em diferentes períodos de imersão (h) a 25 °C. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 ...	43
Tabela 9 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade massal com 25 sementes imersas em 50 mL de água destilada e deionizada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.....	48

Tabela 10 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade massal com 25 sementes imersas em 75 mL de água destilada e deionizada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010..... 49

Tabela 11 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade individual com casca e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM) e condutividade elétrica massal (CEM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 ..... 50

CAPÍTULO II: Avaliação do vigor de sementes de arroz através do teste de lixiviação de potássio ..... 59

Tabela 1 - Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), frio sem solo (TF), emergência em campo (EM) e condutividade elétrica massal (CEM), dos lotes das cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 ..... 68

Tabela 2 - Comprimento de parte aérea (PA), de raiz (RA), total (TO) e fitomassa seca de plântulas dos lotes de sementes das duas cultivares de arroz. UFSM, Santa Maria, RS, 2010..... 69

Tabela 3 - Valores médios (mg do íon potássio. kg<sup>-1</sup> de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes/ 20 mL dos dez lotes de sementes, das duas cultivares de arroz, em cada período de imersão. UFSM, Santa Maria, RS, 2010..... 71

Tabela 4 - Valores médios (mg do íon potássio. kg<sup>-1</sup> de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes/ 50 mL dos dez lotes de sementes, das duas cultivares de arroz, em cada período de imersão. UFSM, Santa Maria, RS, 2010..... 73

Tabela 5 - Coeficientes de correlação simples (r) entre os dados obtidos pelo teste de lixiviação de potássio com 50 sementes imersas em 20 e 50 mL de água destilada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM) e condutividade elétrica massal (CEM), para as duas cultivares. UFSM, Santa Maria, RS, 2010..... 74

Tabela 6 - Valores médios dos resultados do teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), emergência em campo (EM) e lixiviação de potássio (LK), dos lotes de arroz. UFSM, Santa Maria, RS, 2010 ..... 76

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I - TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ .....</b>	<b>14</b>
2.1 RESUMO .....	15
2.2 ABSTRACT .....	16
2.3 INTRODUÇÃO .....	17
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
2.5.1 Caracterização inicial .....	28
2.5.2 Condutividade elétrica massal .....	31
2.5.3 Condutividade elétrica individual .....	40
2.5.4 Relação entre condutividade elétrica individual e formação de plântulas normais	46
2.5.5 Estudo de correlação entre os testes de condutividade elétrica e os demais testes .....	47
2.6 CONCLUSÕES .....	52
2.7 REFERÊNCIAS .....	53
<b>CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE ARROZ ATRAVÉS DO TESTE DE LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO .....</b>	<b>60</b>
3.1 RESUMO .....	61
3.2 ABSTRACT .....	62
3.3 INTRODUÇÃO .....	63
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	65
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	68
3.6 CONCLUSÃO .....	78
3.7 REFERÊNCIAS .....	79

## INTRODUÇÃO GERAL

O arroz é uma das culturas de grande importância econômica e social para o Brasil, por isto, seu cultivo demanda sementes de alta qualidade e práticas de manejo adequadas. As condições de produção têm exigido dos produtores de sementes o uso de tecnologias modernas em relação às operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização.

A elucidação dos efeitos de diversos fatores que possam comprometer, diretamente, a qualidade das sementes, depende da eficiência das técnicas utilizadas para determiná-los, bem como da obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis, num curto espaço de tempo.

Dentro deste contexto, o interesse pelos testes de vigor tem destaque, em virtude da possibilidade de se identificar possíveis diferenças na qualidade, complementando assim o teste de germinação.

Dentre os métodos considerados rápidos para avaliação da qualidade de sementes, destaca-se o teste de condutividade elétrica, que pode ser realizado de forma massal e individual nas sementes. O princípio do teste de condutividade elétrica está fundamentado na medição da condutividade elétrica dos eletrólitos liberados pela semente na água de imersão e essa condutividade está diretamente associada à integridade das membranas celulares.

No método massal é analisada uma amostra de sementes sendo fornecido como resultado a média de condutividade da solução, porém, se uma semente da amostra apresentar danos, o resultado da amostra poderá ser comprometido.

No método individual, o princípio do teste é o mesmo do massal, porém a quantificação dos lixiviados é feita em cada semente. Para isso, faz-se necessário a utilização de um valor de condutividade denominado ponto de corte para estimar a viabilidade de cada espécie, ou seja, separar as sementes viáveis de sementes não viáveis, o que, para as sementes de arroz, não há informações.

Outro teste é o de lixiviação de potássio, que está baseado no mesmo princípio do teste de condutividade elétrica, porém avalia somente o íon potássio na solução de imersão, sendo capaz, também, de informar sobre o potencial fisiológico das sementes, num curto período de tempo.

Os objetivos deste trabalho foram determinar a metodologia para os testes de condutividade elétrica massal e individual e, de lixiviação de potássio, para uso em sementes de arroz.

## **CAPÍTULO I**

### **TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ**

AUTORA: ANA PAULA PICCININ BARBIERI

ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2011.

A demanda por sementes de arroz no Brasil vem desencadeando um grande interesse em testes rápidos que possibilitem a diferenciação de lotes de qualidade superior. O objetivo do trabalho foi investigar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz. Foram utilizados cinco lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 424 e cinco lotes da cultivar Puitá Inta CL. Inicialmente foram realizados: a determinação do teor de água e os testes de germinação, primeira contagem do teste de germinação, teste de frio sem solo, emergência de plântulas em campo, comprimento e fitomassa seca de plântulas, para caracterizar o potencial fisiológico das sementes. Posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de condutividade elétrica massal e individual, em cinco períodos de imersão (1, 2, 4, 8 e 24 horas). O teste de condutividade elétrica massal foi realizado em aparelho condutivímetro modelo CD-21, utilizando-se copos plásticos contendo 25 e 50 sementes, com e sem casca, em 50 e 75 mL de água deionizada, à temperatura de 25°C. A determinação da condutividade individual foi realizada com analisador automático de sementes SAD 9000-S. Conclui-se que o teste de condutividade elétrica massal e individual é promissor para a separação de lotes de arroz em função do vigor das sementes, porém á influência do genótipo utilizado. Para a cultivar IRGA 424, a condição mais adequada para a realização do teste de condutividade elétrica massal é a utilização de 25 sementes com casca, imersos em 50 ou 75 mL de água destilada e deionizada, por 2 a 8 horas, a 25°C. Para a avaliação da condutividade elétrica individual, o uso de sementes com casca imersas pelo período de 24 horas é o mais adequado.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L.. Vigor de sementes. Qualidade fisiológica.

## ABSTRACT

Master Course Dissertation  
Graduation Program in Agronomy  
Universidade Federal de Santa Maria

### CONDUCTIVITY ELECTRICAL TEST TO EVALUATION PHYSIOLOGICAL POTENTIAL THE RICE SEEDS (*Oryza Sativa* L.)

AUTHOR: ANA PAULA PICCININ BARBIERI

ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES

Defense Place and Date: Santa Maria, February 24<sup>nd</sup>, 2011.

The demand for rice seeds in Brazil has promoted more interest in fast tests that allow the differentiation of top quality lots. The aim the work was investigate the possibility of using the conductivity test to assess the physiological quality of rice. It was used five lots of the rice seeds variety IRGA 424 and five lots of the variety Puit Inta CL. Initially it was performed the water content determination and germination test, first count of germination test, cold test without soil, seedling germination on field, length and biomass dry of seedlings to characterize the physiological potential of seeds. Later the seeds it was submitted the electrical conductivity mass and individual test in five periods of immersion (1, 2, 4, 8 and 24 hours). The electrical conductivity mass test was performed in conductivity model CD-21, using plastic cups containing 25 and 50 seeds, with and without bark, in 50 and 75 mL of deionised water at a temperature of 25°C. The determination individual conductivity was performed with seeds automatic analyzer, model SAD-9000S. It was conclude that the electrical conductivity mass test and individual is promising for the separation of rice lots depending the vigour of the seeds. Both application methods it is influences the genotype used. For variety IRGA 424, the best conditions for the realization of the electrical conductivity mass test is the use of 25 seeds with bark, immersed in 50 or 75 mL of distilled and deionised water for 2 to 8 hours at 25°C. For the evaluation of individual electrical conductivity with the Auto-Analyzer Seeds, model - SAD 9000-S, is better to use of seeds with bark immersed for a period of 24 hours.

**Key words:** *Oryza sativa* L.. Vigour seeds. Physiological quality.



## 2.3 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie anual da família *Poaceae*, com importância milenar na alimentação humana. Cultivado em mais de 150 milhões de hectares no mundo, com uma produção superior a 600 milhões de toneladas, é um dos cereais mais produzidos, especialmente na Ásia, onde se constitui na base alimentar da população (FAO, 2008).

O Brasil está entre os dez principais produtores mundiais de arroz, com cerca de 13 milhões de toneladas, representando, aproximadamente, 1,8% do total mundial e cerca de 50% da produção da América Latina (EMBRAPA, 2008).

A lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul produz anualmente cerca de oito milhões de toneladas, responsável por mais de 57% da produção brasileira, a maior entre os Estados da Federação. Cultivado em cerca de um milhão de hectares, que corresponde a 20% da área cultivada no Rio Grande do Sul, apresenta uma produtividade média em torno de 6550 Kg.ha<sup>-1</sup>, próxima das obtidas em países tradicionais no cultivo de arroz irrigado (IRGA, 2010).

No entanto, apesar da produtividade estar crescendo, os rendimentos alcançados ainda se encontram abaixo do potencial produtivo da cultura. Assim, para tornar a lavoura mais lucrativa é necessário o uso de insumos e técnicas modernas e eficientes, dentre esses insumos deve-se priorizar o uso de sementes de alta qualidade.

Normalmente, a qualidade das sementes é avaliada pelo teste de germinação, o qual determina o potencial máximo de um lote de sementes para formar plântulas normais em condições favoráveis, tendo como vantagem a metodologia padronizada e a possibilidade de repetição dos resultados (AOSA, 1983; MARCOS FILHO, 1999). Apesar de sua ampla utilização, este teste apresenta limitações devido a demora na obtenção dos resultados e, frequentemente, os mesmos não garantem o desempenho em campo e no armazenamento (FRANCO; PERINI, 2002), pois as condições de realização do teste podem superestimar o potencial fisiológico do lote.

A perda de germinação é um indicativo importante da perda de qualidade, mas é a última consequência, ou seja, o evento final do processo de deterioração. Frequentemente, observa-se que lotes de sementes apresentando percentagens de germinação semelhantes exibem desempenhos distintos no campo e/ou no

armazenamento (FRIGERI, 2007). Isto motiva a utilização de métodos que avaliem de maneira rápida e eficiente a qualidade das sementes.

Os testes de vigor avaliam diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes com poder germinativo semelhantes (MARCHI; CÍCERO, 2002), fornecendo uma diferenciação mais sensível do potencial fisiológico da semente (ISTA, 1998).

O principal desafio dos testes de vigor está na identificação dos eventos relacionados à deterioração das sementes, que precedam a perda da capacidade germinativa, ou seja, quanto mais próximo da maturidade fisiológica estiver o parâmetro avaliado, mais sensível será o teste (PERRY, 1981; AOSA, 1983; KRZYZANOWSKI et al., 1999).

O processo de deterioração tem como consequência inicial a desestruturação do sistema de membranas celulares, através da ação de radicais livres (CARVALHO, 1994), que promove o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, com reflexos sobre a qualidade fisiológica das sementes (ALVES et al., 2004).

A organização das membranas celulares é máxima na maturidade fisiológica, assim como a qualidade da semente (ABDUL; BAKI, 1980). À medida que as sementes perdem água, ocorre uma desorganização das membranas celulares e o nível de qualidade começa a decrescer em consequência de diversos fatores, tais como: extremos de temperatura e umidade durante a maturação, deficiências nutricionais, além de técnicas inadequadas de secagem, beneficiamento e armazenamento (CARVALHO et al., 2006) .

Quando as sementes secas entram em contato com a água, durante a imersão, ocorre uma rápida e intensa lixiviação de eletrólitos e, ao mesmo tempo, uma reorganização do sistema de membranas (SIMON, 1974) e, este volta a adquirir permeabilidade e diminui a quantidade de eletrólitos lixiviados do conteúdo celular.

Desse modo, a desestruturação e a perda da integridade do sistema de membranas celulares, com a consequente perda da compartimentalização dos constituintes celulares, aumentam a quantidade de lixiviados para fora das células e diminuem a qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO, 1994). Além disso, sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de solutos durante a imersão, refletindo o grau de desorganização das membranas e, conseqüentemente, sua qualidade. A partir da perda de integridade do sistema de

membranas, ocorre uma série de eventos, tais como: a desnaturação de proteínas, queda dos teores de carboidratos totais, açúcares, proteínas solúveis e de fosfatos, o aumento de ácidos graxos livres, desestabilização da atividade de enzimas, da síntese de RNA e de proteínas (MARCOS FILHO, 2005).

Dessa forma, a integridade das membranas celulares, determinada pelo grau de alterações bioquímicas deteriorativas e ou danos físicos, pode ser considerada como causa fundamental de diferenças no vigor de sementes (POWELL, 1988).

Como a deterioração das sementes inicia pela degradação do sistema de membranas, métodos que avaliam esta degradação são os mais indicados para diferenciar lotes com pequenas diferenças de vigor, detectando o processo de deterioração em sua fase inicial (DESAI et al., 1997; KRZYZANOWSKI et al., 1999). Dentre esses métodos, destaca-se o teste de condutividade elétrica (VIEIRA, 1994), que relaciona o vigor de sementes com a integridade do sistema de membranas celulares (MARCHI; CÍCERO, 2002).

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio que sementes mais deterioradas apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas durante a imersão e, conseqüentemente, liberam maiores quantidades de solutos para a solução (MARCOS FILHO, 2005).

Os solutos liberados possuem propriedades eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica que é medida por um condutímetro. Este aparelho monitora a quantidade de exsudatos das sementes liberadas para o meio externo. Assim, o grau de organização de membranas e a quantidade de lixiviados na solução de imersão permitem relacionar o teste de condutividade elétrica com o vigor de sementes, em que maiores valores de condutividade indicam sementes pouco vigorosas e, menores valores, se relacionam a sementes de maior potencial fisiológico (VIEIRA et al., 2002).

A avaliação da condutividade elétrica pode ser realizada pela condutividade massal ou através da condutividade individual das sementes (KRZYZANOWSKY et al., 1991; VIEIRA, 1994; SAMPAIO et al., 1995). Esses testes preenchem alguns dos requisitos básicos para serem considerados testes de vigor, dentre os quais se destacam: fundamentar-se em base teórica consistente, proporcionar resultados reproduzíveis e, correlacionados a emergência em campo, além de envolver procedimento simples, de baixo custo e fornecer resultados com rapidez (MATTHEWS; POWELL, 1981).

O teste de condutividade elétrica massal mede a qualidade de uma amostra de sementes através de sua imersão em água e a medição da condutividade da solução de imersão (DIAS; MARCOS FILHO, 1995). A quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água é proporcional ao grau de desorganização das membranas celulares e, conseqüentemente, a sua permeabilidade.

Normalmente, para a realização do teste, amostras com 50 sementes, previamente pesadas, são imersas em 75 mL de água destilada e deionizada mantidas à temperatura de 25°C em câmara tipo BOD. Após determinado período de imersão, a solução é avaliada utilizando-se condutímetro calibrados em solução de cloreto de potássio (KCl). Os resultados deste teste são expressos através da condutividade média de determinado número de sementes, o que se constitui numa desvantagem para o teste, pois assume que todas as sementes apresentam o mesmo nível de deterioração (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

A metodologia desse teste deve ser ajustada a cada espécie, pois inúmeros fatores podem afetar seus resultados, tais como: qualidade da água, temperatura de hidratação, duração do período de imersão, grau de umidade, número de sementes testadas, genótipo, entre outros (VIEIRA, 1994).

A duração do período de imersão das sementes tem efeito marcante na capacidade do teste distinguir diferenças de qualidade entre lotes. Este pode ser alterado em função de: características morfológicas do tegumento, temperatura de hidratação, teor de água das sementes, entre outros.

A maioria dos trabalhos tem recomendado o período de 24 horas de imersão para que se proceda à leitura de condutividade elétrica das sementes (KRZYZANOWSKI et al., 1991; VIEIRA, 1994). No entanto, várias pesquisas têm apontado para a possibilidade de redução desse período, tendo em vista que períodos menores de tempo foram capazes de discriminar lotes de sementes com níveis distintos de vigor, tais como: em milho (ROSA et al., 2000), em amendoim (VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999), em milheto (GASPAR; NAKAGAWA, 2002) e em soja (CARVALHO et al., 2009).

Outro fator importante que pode afetar o resultado do teste é o teor de água inicial, que deve se situar entre 11 e 17% (AOSA, 1983), pois teores muito baixos de água na semente elevam os valores de condutividade elétrica, já valores mais altos de umidade reduzem a saída de eletrólitos, diminuindo a condutividade (VAZQUEZ, 1995).

A qualidade e o volume de água também afetam os resultados, por isso recomenda-se o uso de água destilada e/ou deionizada para a realização do teste (LOEFFLER et al., 1988). Outros fatores são o número de sementes e o número de repetições, em que usualmente utilizam-se quatro repetições de 50 sementes, o que possibilita menores coeficientes de variação (VIEIRA, 1994).

Genótipos distintos também interferem nos resultados de condutividade elétrica. Trabalhos conduzidos com sementes de: arroz (GONZALEZ, 1998), girassol (ALBUQUERQUE et al., 2001) e cebola (RODO, 2002) mostraram que sementes de diferentes genótipos, dessas espécies, apresentaram diferentes valores de condutividade elétrica da solução de imersão, mesmo essas diferenças não sendo constatadas pela germinação e vigor avaliados por outros testes. Em algumas situações, as causas do insucesso do teste de condutividade elétrica têm sido atribuídas à influência do genótipo, associada às características do tegumento, o que ocasiona a liberação de lixiviados mais ou menos acentuadas (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001).

A maioria das pesquisas com condutividade elétrica massal foi desenvolvida com sementes de leguminosas, principalmente ervilha e soja, porém, devido à importância deste teste, vários estudos estão sendo realizados com outras espécies: olerícolas, florestais, poáceas e forrageiras.

A condutividade elétrica massal foi considerada eficiente na separação de lotes de sementes: de café, por Costa (2003), de feijão, por Albuquerque (2005), de amendoim, por Vanzolini e Nakagawa (2005), de aveia preta, por Menezes et al. (2007), de mamona, por Souza et al. (2009) e de azevém, por Lopes e Franke (2010).

Em sementes de soja, o teste de condutividade elétrica massal, à 32 ou 40 °C, por 10, 30, 60 ou 120 minutos, foi eficiente na avaliação da qualidade das sementes com diferentes níveis de vigor, sendo que as combinações: 120 minutos/32°C e 60 e 120 minutos/40°C, discriminam lotes de sementes à semelhança do método tradicional (CARVALHO et al., 2009).

A utilização de quatro subamostras de 50 sementes puras imersas em 75 mL de água à 25°C, com período de imersão de três horas, mostrou-se promissora para avaliar a qualidade de sementes de amendoim pelo teste de condutividade elétrica massal (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2005). Em sementes de milho, a temperatura

de 25°C, com período de imersão de duas horas, foi eficiente para separação dos lotes em diferentes níveis de vigor (GASPAR; NAKAGAWA, 2002).

A utilização de 25 sementes de aveia preta, sem casca, imersas em 75 mL de água destilada e um período de oito horas permitiu a estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor (MENEZES et al., 2007). Em sementes de mamona (SOUZA et al., 2009), o teste de condutividade elétrica massal foi eficiente em detectar diferenças na qualidade fisiológica dos lotes, sendo o período de seis horas de imersão indicado para a realização do teste.

O teste de condutividade elétrica massal foi eficiente na distinção de lotes de feijão de diferentes níveis de qualidade fisiológica, independente da cultivar avaliada, sendo o tempo de imersão das sementes em água por 12 horas ideal para a avaliação da qualidade (ALBUQUERQUE, 2005). Em sementes de azevém, o teste de condutividade elétrica conduzido com quatro sub-amostras de 50 sementes puras embebidas em 50 mL de água deionizada, na temperatura de 25°C, permitiu a separação dos lotes a partir de 1 hora de imersão (LOPES; FRANKE, 2010).

Para sementes de arroz, alguns trabalhos foram conduzidos (MENEZES et al., 1994; LIMA, 1997; CAMPOS, 1998), porém sem a utilização de metodologia específica para a espécie. Gonzalez (1998) observou que o teste é eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz com alta germinação, porém encontrou diferenças entre cultivares, presença ou não de casca e período de imersão, tornando-se necessário aferir a metodologia de condução do teste sempre que se utilize uma nova cultivar.

Apesar disso, o teste de condutividade elétrica massal é tido como um dos testes de vigor mais promissores quanto à possibilidade de padronização da metodologia, sendo um dos dois testes de vigor incluídos nas Regras Internacionais para Análise de Sementes, recomendado para sementes de ervilha (ISTA, 2006) e sugerido para sementes de soja (AOSA, 2002), espécie em que tem sido observada relação entre os resultados desse teste com os de emergência de plântulas em campo (VIEIRA et al., 1999).

O teste de condutividade elétrica individual foi criado como uma alternativa ao teste de condutividade elétrica massal, sendo que o mesmo avalia individualmente as sementes. Esse método corrige problemas na realização do teste de condutividade elétrica massal, quando os lotes apresentam sementes com variações na capacidade de lixiviação.

O procedimento adotado no teste individual é semelhante ao de condutividade elétrica massal, porém as sementes são colocadas para imersão em células individuais. O monitoramento dos exsudados de sementes individuais é feito através de analisadores automáticos, que quantificam a passagem da corrente elétrica na solução de imersão, por intermédio de dois eletrodos imersos em cada célula, apresentando os resultados individualmente para cada semente, após o período de imersão (COSTA, 2003). O resultado depende da concentração de íons da solução, sendo expresso em microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) por centímetro e por semente, o que permite a identificação de sementes duras, mortas ou com algum tipo de dano.

O teste de condutividade elétrica individual foi eficiente na distinção de lotes de sementes de milho (RIBEIRO, 1999) e em sementes de soja (HAMMAN et al., 2001; SALINAS et al., 2001), com diferentes níveis de vigor. A utilização da condutividade elétrica individual em lotes de sementes de café foi mais eficaz na distinção de níveis de vigor em relação ao teste de condutividade elétrica massal, após 96 horas de imersão (COSTA; CARVALHO, 2006). Em feijão, o método individual permitiu a diferenciação de lotes com diferentes níveis de vigor após 12 horas de imersão, independente da cultivar avaliada (ALBULQUERQUE, 2005).

Para sementes de trigo, o teste foi eficiente na distinção de lotes em diferentes níveis de qualidade fisiológica, apresentando boa capacidade de resolução e confiabilidade (SILVA et al., 2005). Em sementes de girassol, com e sem pericarpos, o método individual foi eficiente na separação de níveis de vigor (QUEIROGA; DURÁN, 2010), o que torna o teste um dos mais importantes para o estabelecimento de um programa de controle de qualidade, com possibilidades de vir a ser recomendado para a análise de rotina em sementes.

Por outro lado, este teste não foi eficiente na caracterização de lotes com diferentes níveis de vigor, nos períodos testados, em sementes de mamona (SOUZA et al., 2009) e soja (DIAS; MARCOS FILHO, 1996).

O teste de condutividade elétrica individual avalia a qualidade das sementes por meio de dois parâmetros: viabilidade e vigor (MATTHEWS; POWELL, 2006). A viabilidade determina se a semente é capaz de produzir uma plântula normal ou anormal, já o vigor representa atributos de qualidade fisiológica não revelados no teste de germinação (NAKAGAWA, 1999).

Para estimar a viabilidade de cada espécie recomenda-se a utilização de um valor de condutividade elétrica denominado ponto de partição ou de corte. Esse

ponto de corte separa as sementes viáveis de sementes não viáveis (DIAS; MARCOS FILHO, 1996), quando estas apresentarem condutividade abaixo ou acima desse ponto de corte, respectivamente. Segundo Vidal (2010), o ponto de corte pelo teste de condutividade elétrica individual para estimar germinação e vigor de sementes de milho, é  $135 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e  $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , respectivamente, no período de 24 horas de imersão em água.

O estabelecimento de pontos de corte não propicia a estimativa do nível de vigor das sementes de todas as categorias - normais, anormais ou mortas (HAMMAN et al., 2001). Muitas sementes que germinam podem ter a mesma condutividade elétrica das sementes das demais categorias não viáveis. Dessa maneira, a análise individual da condutividade elétrica serve de suporte ao estudo detalhado da performance da semente ou da plântula a que deu origem, verificando o estágio do processo de deterioração na redução do padrão de germinação da espécie.

Apesar do teste de condutividade elétrica ter destaque como um dos testes mais rápidos e promissores na avaliação da qualidade de sementes de diversas espécies, ainda são poucos os estudos pelo método de medição massal e não existem relatos da utilização do método individual na avaliação da qualidade de sementes de arroz. A adequação destes testes, para sementes de arroz, beneficiará os programas de controle de qualidade interno das empresas que se dedicam à produção de sementes, uma vez que a condutividade elétrica de sementes pode identificar de forma rápida e eficiente o vigor das sementes.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi determinar a metodologia para avaliar o potencial fisiológico de sementes de arroz, através da condutividade elétrica massal e individual da solução de imersão.

## **2.4 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de Pesquisas e Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

Foram utilizados dez lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), sendo cinco da cultivar Puitá Inta CL e cinco da cultivar IRGA 424, produzidos na safra



2008/2009. Inicialmente, efetuou-se a caracterização dos lotes através das seguintes determinações e testes:

Teor de água: determinado pelo método de estufa à  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas, com circulação forçada de ar, utilizando-se duas repetições de cinco gramas para cada lote, conforme Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009).

Germinação: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel umedecidos a 2,5 vezes a massa do papel seco e mantidos em germinador regulado à  $25^{\circ}\text{C}$ . As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após início do teste, conforme as RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem do teste de germinação: foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio sem solo: foram utilizados quatro repetições de 100 sementes, distribuídas em rolo de papel toalha, previamente umedecido com água destilada na razão de 2,5 vezes a massa do papel seco e submetido à temperatura constante de  $10^{\circ}\text{C}$ , por um período de cinco dias, conforme metodologia proposta pelo Comitê de Vigor da International Seed Testing Association (ISTA, 1995). Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , durante sete dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântula: foi determinada em quatro repetições de 15 sementes semeadas no terço superior do papel substrato umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, e levadas ao germinador à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . As avaliações foram realizadas aos sete dias após semeadura, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de dez plântulas normais, tomadas ao acaso em cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Fitomassa seca de plântula: foi determinada em quatro repetições de dez plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântulas, e mantidas em sacos de papel, em estufa à  $60^{\circ}\text{C}$ , por 48 horas. Em seguida, determinou-se a massa seca das plântulas em balança de precisão (0,001 g) e o valor obtido pela soma de cada

repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em  $\text{mg.plântula}^{-1}$ .

Emergência das plântulas em campo: foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes, semeadas em linhas de 2,0 m de comprimento com espaçamento de 0,20 m e profundidade média de 0,03 m. A avaliação da porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos sete dias após a semeadura.

Depois de caracterizados os lotes, foi realizado o teste de condutividade elétrica massal e individual, nos dez lotes, através dos seguintes procedimentos:

Teste de condutividade elétrica massal: neste teste foram estudadas variações no volume de água (50 e 75 mL), número de sementes (25 e 50 sementes), período de imersão (1, 2, 4, 8 e 24 horas) e presença ou não de casca (pálea e lema). Foram avaliadas quatro repetições das sementes, fisicamente puras, cuja massa foi determinada com precisão de três casas decimais (0,001g), imersas em água destilada e deionizada, em copos plásticos (200mL) e mantidas em câmara tipo BOD, na temperatura de 25°C. Após cada período de imersão, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de leituras em condutivímetro Digimed, modelo CD-21, com os resultados expressos em  $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de sementes.

Teste de condutividade elétrica individual: foi utilizado um Analisador Automático de Sementes (SAD 9000-S), que permite a avaliação da condutividade elétrica da solução de eletrólitos lixiviados das sementes, individualmente. Foram analisadas repetições de 100 sementes, com e sem casca, por lote, colocadas de forma individual, em bandejas com 100 células contendo seis mililitros de água deionizada. A seguir, as bandejas foram colocadas em germinadores, a temperatura constante de 25°C, por cinco períodos de imersão (1, 2, 4, 8, 24 horas). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  de semente.

Para determinar a relação entre a condutividade elétrica individual e a viabilidade das sementes, foram utilizados lotes de sementes de arroz de diferentes cultivares, que imediatamente após a leitura do valor de condutividade, ou seja, após 24 horas de imersão (melhor período encontrado para realização do teste de condutividade elétrica individual em sementes de arroz, neste trabalho), cada semente foi identificada. As sementes identificadas foram submetidas ao teste de germinação e, ao final do teste, cada uma foi classificada em categorias de acordo com o tipo de plântula a que deu origem: plântula normal e plântula anormal ou

semente morta e, posteriormente, comparadas com o valor de condutividade elétrica individual obtida.

Análise estatística: os dados referentes ao teor de água das sementes não foram analisados estatisticamente. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado para os dados referentes aos testes de: germinação, primeira contagem do teste de germinação, teste de frio sem solo, comprimento de plântulas e fitomassa seca de plântulas. Para os testes de emergência em campo foi adotado o delineamento blocos ao acaso. Os dados relativos ao teste de condutividade elétrica massal foram efetuados no fatorial  $2 \times 2 \times 5 \times 5$  (número de sementes  $\times$  volume de água  $\times$  períodos de imersão  $\times$  lotes). A fim de atender as pressuposições da análise de variância, os resultados expressos em porcentagem foram transformados em arcsen raiz de  $x/100$ , em que  $x$  representa a porcentagem de plântulas normais obtidas pelos testes. Sendo as médias obtidas, comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2008). Adotou-se o fatorial  $5 \times 5$  (lotes  $\times$  períodos de imersão), para aos dados de condutividade elétrica individual, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Os dados relativos aos períodos de imersão em água do teste de condutividade elétrica individual foram analisados através de regressões polinomiais, sendo representadas pelas curvas com maior grau de significância.

Para a classificação da condutividade elétrica individual e sua correspondência na formação de plântulas efetuou-se a confecção do gráfico “Box-plot”. Este gráfico é representado por uma caixa, na qual as extremidades são quartis superiores e inferiores, um ponto central (mediana) e pontos discrepantes (*outliers*). Mostra as diferenças entre as populações, sem fazer qualquer suposição da distribuição estatística subjacente, ou seja, é não-paramétrico. Os espaçamentos entre as diferentes partes da caixa ajudam a indicar o grau de dispersão e a assimetria dos dados.

Calcularam-se também, os coeficientes de correlação simples ( $r$ ) para as combinações entre os testes de condutividade (massal e individual) e os demais testes, separadamente para cada cultivar. A significância dos valores de  $r$  foi determinada pelo teste  $t$  em 5% e 1% de probabilidade.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.5.1 Caracterização inicial

As sementes dos dez lotes apresentaram teores de água com pequenas variações, entre 10,2 e 11,7%, para a cultivar IRGA 424 e entre 10,0 e 11,5%, para a cultivar Puitá Inta CL (Tabela 1). Este é um aspecto importante em estudos sobre o teste de condutividade elétrica, uma vez que a uniformização do teor de água das sementes dos diferentes lotes é fundamental para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes, conforme recomendação de Loeffler et al. (1988) e Vieira e Krzyzanowski (1999).

A análise dos dados relativos à caracterização inicial das cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL estão apresentadas na Tabela 1. Quanto à germinação das sementes da cultivar IRGA 424, verificou-se que houve separação dos lotes em três níveis de qualidade, sendo que os lotes 3 e 5 apresentaram maior porcentagem de plântulas normais diferindo significativamente dos demais. O lote 1 foi considerado como de menor qualidade fisiológica, enquanto que os lotes 2 e 4 de qualidade intermediária, por este teste.

Tabela 1 – Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de frio sem solo (TF) e emergência em campo (EM) dos lotes da cultivar IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamento	Lote	U	G	PC	TF	EM
IRGA 424	1	10,2	69 c	63 d	50 c	68 b
	2	11,7	82 b	79 b	64 b	68 b
	3	11,0	92 a	86 a	84 a	76 a
	4	11,4	84 b	74 c	81 a	70 b
	5	10,2	88 a	81 b	86 a	73 a
CV (%)			4,48	4,98	4,94	3,90
Puitá Inta CL	1	10,0	98 a	97 a	92 a	79 a
	2	11,3	95 a	91 b	93 a	81 a
	3	10,9	87 b	85 c	74 c	69 b
	4	10,0	82 c	79 c	79 b	68 b
	5	11,5	84 c	81 c	79 b	73 b
CV (%)			2,80	3,95	3,09	5,53

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p < 0,05$ .

Os resultados da primeira contagem da germinação da cultivar IRGA 424 (Tabela 1) diferiram significativamente entre si, o que permitiu a separação dos lotes em quatro níveis de vigor, porém evidenciaram o lote 3 como de qualidade superior e o lote 1 como de menor qualidade. Para o teste de frio (Tabela 1), houve a separação em três níveis de vigor, em que os lotes 3, 4 e 5 apresentaram-se com maior vigor e o lote 1 como de menor vigor.

A emergência de plântulas em campo, para a cultivar IRGA 424 (Tabela 1), apresentou diferenças significativas entre os lotes, destacando como de maior vigor os lotes 3 e 5 em relação aos demais, confirmando os resultados obtidos nos demais testes. Segundo Marcos Filho (1999), o teste de emergência de plântulas constitui um parâmetro indicador da eficiência dos testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes.

Com relação aos resultados de comprimento de plântulas para a cultivar IRGA 424 (Tabela 2) observou-se uma inversão nos níveis de vigor dos lotes, em relação aos demais testes, os lotes 1 e 2 apresentaram maior comprimento de raiz e parte aérea de plântulas. O teste de fitomassa seca evidenciou os lotes 1 e 3 como de maior vigor. Sendo assim, o comprimento e fitomassa seca de plântulas não foram sensíveis na identificação de lotes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Resultados similares foram encontrados por Lima (2005), na determinação do potencial fisiológico de sementes de trigo, em que a avaliação do comprimento e fitomassa seca de plântulas, não ordenaram os lotes de maneira consistente.

Tabela 2 – Valores médios (cm) dos resultados do teste de comprimento de parte aérea (PA), raiz (RA) e total (TO) e fitomassa seca de plântulas, dos lotes da cultivar IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Comprimento de plântulas(cm)			Fitomassa seca (g)
		PA	RA	TO	
Irga 424	1	3,33 a	6,91 a	10,25 a	0,041 a
	2	3,65 a	6,46 a	10,12 a	0,032 b
	3	2,57 b	5,27 b	7,84 b	0,043 a
	4	2,28 b	5,41 b	7,69 b	0,025 c
	5	2,94 b	5,13 b	8,07 b	0,024 c
CV (%)		11,77	7,54	8,26	13,78
Puitá Inta CL	1	5,07 a	9,29 a	14,36 a	0,066 a
	2	4,32 b	6,45 b	10,78 b	0,042 b
	3	3,48 c	5,34 c	8,82 c	0,037 b
	4	3,65 c	6,19 b	9,85 b	0,030 c
	5	3,71 c	4,72 c	8,43 c	0,029 c
CV (%)		6,33	11,51	7,33	8,45

\*as médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p > 0,05$ .

Para a cultivar Puitá Inta CL, os resultados (Tabela 1) mostram que no teste de germinação, houve separação dos lotes em três níveis de qualidade, sendo que os lotes 1 e 2 apresentaram maior porcentagem de plântulas normais, diferindo dos demais. A classificação dos lotes 1 e 2 como de maior qualidade fisiológica novamente foi observada pelos testes de frio e emergência de plântulas em campo. Os lotes 4 e 5 obtiveram menor porcentagem de germinação e o lote 3 foi classificado como de qualidade intermediária, através do teste de germinação. Porém, no teste de frio, o lote 3 foi classificado como de menor vigor.

Quanto ao comprimento e a fitomassa seca das plântulas e a porcentagem de plântulas normais no teste de primeira contagem de germinação verificaram-se diferenças significativas entre os lotes, porém somente o lote 1 foi classificado como de maior vigor, enquanto que o lote 2 apresentou-se como de qualidade intermediária.

A discordância entre os resultados obtidos sugere, justamente, a necessidade de realização do maior número possível de testes, antes de classificar os lotes quanto ao potencial fisiológico, pois cada teste tem um princípio diferente e fornece informações complementares para a decisão a respeito do destino final de cada lote de sementes.

Os testes de vigor, como: primeira contagem de germinação, teste de frio e emergência em campo foram mais sensíveis do que os ao avaliar o potencial fisiológico dos diferentes lotes, para as duas cultivares estudadas. Isso porque eles permitiram uma identificação mais nítida da qualidade fisiológica, fornecendo maiores subsídios para a separação desses lotes em diferentes níveis de vigor, quando comparado aos resultados destes testes com os testes de comprimento e fitomassa seca de plântulas.

A análise geral dos dados dos testes de germinação e de vigor (Tabelas 1 e 2), indicou que a classificação dos lotes de sementes de arroz, em níveis de vigor, variou em função do teste utilizado. No entanto, para a cultivar IRGA 424, foi possível destacar o desempenho superior dos lotes 3 e 5, enquanto que o lote 4 mostrou um comportamento intermediário, que variou em função do teste aplicado. Os lotes 1 e 2 variam conforme o teste utilizado, com pequena superioridade para o lote 2, não detectado na emergência em campo. Para a cultivar Puitá Inta CL, os lotes 1 e 2 apresentaram maior vigor quando comparados aos demais. O lote 3 apresentou menor resistência ao estresse aplicado no teste de frio sem solo, indicando sinais de menor vigor, embora não detectado na emergência em campo.

### 2.5.2 Condutividade elétrica massal

Os resultados do teste de condutividade elétrica massal para as combinações: número de sementes, volume de água, presença ou não de casca, nos diferentes períodos de imersão em água, em sementes de arroz das cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL, estão apresentados nas Tabelas 3 a 6.

Para a cultivar IRGA 424, o teste de condutividade elétrica massal destacou os lotes 3 e 5 como de maior qualidade, em relação aos demais, em todas as avaliações, concordando com os resultados de emergência de plântulas em campo (Tabela 1). Este resultado está de acordo com as conclusões de Schuab et al. (2006) em soja e, Silva e Martins (2009), em mamona, que observaram que o teste de condutividade elétrica apresentou sensibilidade suficiente para diferenciar o potencial fisiológico dos genótipos avaliados e está relacionado com a emergência de plântulas em campo. Para que o teste seja eficiente, precisa apresentar boa correlação com a emergência das plântulas em campo, tendo em vista que é nesse

local, onde as condições climáticas são bastante variadas, que se determina o sucesso no estabelecimento inicial das plantas (SILVA; MARTINS, 2009).

Ocorreram algumas variações na classificação dos lotes de menor qualidade da cultivar IRGA 424 quando se comparam os dados de condutividade elétrica massal com a germinação e os testes de vigor utilizados para a caracterização dos lotes. Porém, a maioria dos testes destacou os lotes 3 e 5 como sendo de maior desempenho.

Informações nesse sentido também foram encontradas por outros autores, que verificaram que o teste de condutividade elétrica massal foi considerado eficiente para estimar o vigor de lotes de sementes de milho (GASPAR; NAKAGAWA, 2002), feijão (ALBUQUERQUE, 2005), amendoim (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2005), aveia preta (MENEZES et al., 2007), mamona (SOUZA et al., 2009) e azevém (LOPES et al., 2010).

Com relação ao período de imersão das sementes, para as duas cultivares (Tabelas 3, 4, 5, 6), verificou-se um aumento progressivo das leituras com o aumento do número de horas, corroborando com os dados de Dias e Marcos Filho (1996). Observou-se que, de maneira geral, o período de imersão de uma hora, nas combinações avaliadas, estratificou os lotes quanto ao potencial fisiológico para a cultivar IRGA 424, corroborando com os resultados de Lopes et al. (2010), em azevém. No entanto, essa estratificação só foi considerada consistente no período de duas a oito horas de imersão, demonstrando a possibilidade de redução do período de imersão das sementes em relação ao período de 24 horas, considerado padrão. Resultados semelhantes foram encontrados por: Dias e Marcos Filho (1995) em sementes de soja, Dutra e Vieira (2006), em sementes de abobrinha, e, Menezes et al. (2007) em sementes de aveia preta, que constataram que o tempo de imersão para realização do teste de condutividade elétrica massal pode ser reduzido para oito horas.

A possibilidade de redução no tempo de imersão das sementes para avaliação da condutividade elétrica também foi verificada em soja por Loeffler et al. (1988) e Dias e Marcos Filho (1996); em amendoim, por Vanzolini e Nakagawa (1999), em girassol, por Albuquerque et al. (2001) e em milho, por Gaspar e Nakagawa (2002).

Em relação ao número de sementes (25 e 50 sementes), para a cultivar IRGA 424, os resultados diferenciaram os lotes com relação ao potencial fisiológico



(Tabela 3 e 4). Dessa forma, a utilização de 25 ou 50 sementes permitiram estratificar os lotes com estreita relação com a avaliação da emergência de plântulas em campo.

Para as duas cultivares estudadas, a redução do volume de água, fixando os outros fatores avaliados (período de imersão e número de sementes), estabeleceu um acréscimo no valor da lixiviação, ou seja, com volume de 50 mL, foi observado os maiores valores de condutividade elétrica e na medida em que houve aumento do volume de água utilizado, houve diluição dos lixiviados. Esses resultados concordam com os verificados por Loeffler et al. (1988), que concluiu que há maior diluição dos lixiviados em maiores volumes de água. Observou-se para a cultivar IRGA 424, que para os volumes estudados (50 e 75 mL), houve uma relação direta com a estratificação verificada no teste de emergência de plântulas, apontando os lotes 3 e 5 como os de maior vigor. Esses resultados demonstram a possibilidade de redução para 50 mL, do volume de água para imersão das sementes, sem prejuízo à eficiência do teste.

Com relação à presença ou não de casca, verificou-se que as sementes com casca apresentaram maior quantidade de lixiviados na solução de imersão, em relação às sementes sem casca. A estrutura utilizada como semente de arroz é um fruto denominado cariopse, o qual contém um pericarpo fortemente aderido ao embrião e as substâncias de reserva, além de restos de estruturas florais, lema e pálea, vulgarmente chamadas de casca. O conjunto de estruturas que envolvem a semente propriamente dita exerce influência no processo de lixiviação e, em consequência, na condutividade elétrica.

Tabela 3 - Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para as combinações 25 sementes imersas em 50 e 75 mL de água, com casca, à 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Períodos de imersão (h)				
		1	2	4	8	24
25 sementes/50 mL						
Irga 424	1	25,16 b	30,02 b	35,44 b	40,35 b	51,17 c
	2	26,91 c	30,19 b	35,05 b	40,94 b	52,18 c
	3	10,81 a	13,20 a	16,48 a	20,81 a	31,97 b
	4	23,75 b	31,64 b	36,36 b	42,08 b	52,13 c
	5	9,86 a	11,73 a	14,34 a	18,02 a	28,18 a
Médias		19,29	23,35	27,51	32,44	43,12
CV (%)		12,06	12,84	10,95	9,53	7,97
Puitá Inta CL	1	15,28 a	19,20 a	23,43 a	27,42 a	36,50 a
	2	20,63 c	24,38 b	28,68 b	34,20 c	45,86 c
	3	15,67 a	18,74 a	23,08 a	28,93 a	40,08 b
	4	18,94 b	22,80 b	27,51 b	32,97 c	44,24 c
	5	16,57 a	20,12 a	24,80 a	30,48 a	44,41 c
Médias		17,41	21,04	25,5	30,8	42,21
CV (%)		9,94	9,25	8,49	7,91	6,50
25 sementes/75 mL						
Irga 424	1	17,19 b	21,13 b	22,64 b	26,09 b	34,67 b
	2	19,25 c	21,54 b	22,80 b	26,99 b	36,16 b
	3	8,45 a	9,78 a	10,72 a	13,41 a	20,80 a
	4	17,04 b	20,81 b	22,83 b	26,13 b	32,86 b
	5	9,08 a	9,97 a	10,92 a	13,63 a	21,03 a
Médias		14,20	16,64	17,98	21,25	29,10
CV (%)		11,43	12,06	12,15	12,29	12,56
Puitá Inta CL	1	10,85 a	12,87 a	14,23 a	16,99 a	24,10 a
	2	17,46 d	19,55 d	20,88 c	24,50 c	33,11 c
	3	13,48 b	15,44 b	16,99 b	21,22 b	29,41 b
	4	15,31 c	17,62 c	19,20 c	22,87 c	31,31 c
	5	12,59 b	14,93 b	16,62 b	20,41 b	29,27 b
Médias		13,94	16,08	17,58	21,19	29,44
CV(%)		12,00	10,47	9,82	9,11	8,12

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Tabela 4 - Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para as combinações 50 sementes imersas em 50 e 75 mL de água, à 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Períodos de imersão (h)				
		1	2	4	8	24
50 sementes/50 mL						
Irga 424	1	23,27 b	27,69 b	32,38 b	36,32 b	45,70 b
	2	27,12 c	29,21 b	34,36 b	39,36 c	50,27 c
	3	10,37 a	12,84 a	14,42 a	19,99 a	30,25 a
	4	24,10 b	30,82 b	36,86 c	41,42 c	50,00 c
	5	9,66 a	11,79 a	14,63 a	18,41 a	28,03 a
	Médias	18,90	22,47	26,53	31,10	40,85
	CV (%)	8,63	8,99	10,42	6,62	6,60
Puitá Inta CL	1	13,21 a	17,18 a	21,15 a	25,19 a	34,06 a
	2	19,61 b	23,51 c	27,70 c	32,64 c	42,64 c
	3	13,87 a	16,83 a	20,84 a	26,21 a	36,78 b
	4	18,15 b	21,68 b	25,72 b	30,38 b	40,12 c
	5	14,23 a	17,56 a	21,64 a	26,46 a	37,51 b
	Médias	15,81	19,35	23,41	28,17	38,22
	CV (%)	6,85	6,80	6,52	6,44	6,62
50 sementes/75 mL						
Irga 424	1	16,39 b	19,59 b	21,09 b	24,14 b	31,73 b
	2	20,46 c	22,49 c	23,67 b	27,43 b	35,83 b
	3	7,33 a	8,66 a	9,77 a	12,39 a	19,46 a
	4	15,41 b	20,40 b	22,79 b	26,05 b	32,60 b
	5	7,00 a	8,13 a	9,08 a	11,32 a	17,69 a
	Médias	13,31	15,85	17,28	20,26	27,46
	CV (%)	5,05	6,15	5,62	5,55	6,02
Puitá Inta CL	1	10,46 a	13,09 a	14,87 a	17,78 a	24,40 a
	2	13,78 b	17,20 b	18,89 b	22,46 b	30,44 b
	3	11,02 a	12,43 a	14,27 a	18,42 a	26,73 a
	4	13,41 b	15,57 b	17,48 b	20,67 b	27,92 b
	5	11,30 a	13,01 a	14,51 a	17,92 a	26,01 a
	Médias	11,99	14,26	16,00	19,45	27,1
	CV(%)	12,82	6,70	6,93	6,80	6,79

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Para sementes sem casca, o teste de condutividade elétrica sob as condições em que foi aplicado (Tabelas 5 e 6), não estratificou os lotes, na maioria dos casos, com base no vigor das sementes. Apenas para a cultivar IRGA 424, na combinação 25 sementes, 50 mL de água e períodos de imersão de 1 e 2 horas houve estratificação dos lotes de acordo com a emergência das plântulas em campo.

Porém, de maneira geral, os resultados se mostraram bastante variáveis, ora considerando um lote como de maior vigor, ora classificando-o como de menor vigor e, muitas vezes, não mostrando diferença significativa entre os lotes.

Estes resultados estão em desacordo com aqueles encontrados por Menezes et al. (2007), em que a utilização de sementes de aveia preta sem casca permitiu a estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor. No entanto, cabe salientar que as glumelas nestas duas espécies são completamente distintas, o que pode ter afetado os resultados obtidos, embora arroz e aveia preta sejam espécies da mesma família.

Para a cultivar Puitá Inta CL, com casca (Tabelas 3 e 4), nas diferentes combinações, o teste de condutividade elétrica massal não apresentou semelhança com os testes de germinação, teste de frio e emergência de plântulas em campo (Tabela 1), ou seja, enquanto que esses testes definiram como de maior qualidade fisiológica os lotes 1 e 2, o teste de condutividade elétrica, classificou, de maneira geral, como de maior vigor os lotes 1, 3 e 5, e como de menor qualidade o lote 2. Porém, observou-se que em todas as combinações e períodos o teste de condutividade elétrica evidenciou como de maior qualidade o lote 1, corroborando com os resultados de primeira contagem da germinação (Tabela 1), comprimento e fitomassa seca de plântulas (Tabela 2).

Para sementes sem casca (Tabelas 5 e 6), nas diferentes combinações, também não houve uma diferenciação dos lotes de acordo com o nível de qualidade dos mesmos. Na combinação 50 sementes e 75 mL de água houve uma inversão dos níveis de qualidade fisiológica, em que o lote 1, que foi considerado de maior qualidade pelos outros testes, neste caso, foi classificado como de menor qualidade em relação aos demais, nos diferentes períodos.

Nas sementes sem casca, possivelmente, o alto conteúdo de substâncias amiláceas do endosperma é um fator de grande influência na medida da condutividade elétrica e que tem efeito agravado pela variação do tamanho das sementes. O tecido de reserva é bem maior do que o embrião, o qual contribui bem menos para a solução. Em vista disso, a retirada da casca não foi uma prática eficiente para a realização do teste de condutividade elétrica massal, pois a mesma não trouxe resultados eficientes, além de ser um processo demorado e difícil.

Com relação à identificação dos lotes de sementes de vigor intermediário, para as duas cultivares, a mesma ainda representa um desafio para as pesquisas

em sementes, uma vez que dependendo do teste realizado, podem ser classificados como maiores e/ou menores que o vigor real dos lotes. Esta é uma observação comum entre pesquisadores, especialmente quando os lotes de sementes possuem diferenças estreitas de qualidade (McDONALD; WILSON, 1979; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002). Porém, os testes de vigor para que sejam eficientes e utilizáveis pela indústria de sementes devem revelar diferenças de desempenho entre alto e baixo potencial fisiológico de diferentes lotes de sementes.

Os genótipos também interferiram nos resultados de condutividade elétrica, visto que para a cultivar IRGA 424 observou-se uma diferenciação dos lotes em função dos diferentes níveis de vigor, conforme os dados da caracterização inicial. Para a cultivar Puitá Inta CL isto não foi verificado nas combinações utilizadas. Trabalhos conduzidos com sementes de arroz (GONZALEZ, 1998) e girassol (ALBUQUERQUE et al., 2001) mostraram que sementes de diferentes genótipos apresentaram diferentes valores de condutividade elétrica da solução de imersão, mesmo essas diferenças não sendo constatadas pela germinação e vigor avaliados por outros testes. Muitas vezes, as causas do insucesso do teste de condutividade elétrica têm sido atribuídas à influência do genótipo, associada a características do tegumento, o que ocasiona a liberação de lixiviados mais ou menos acentuadas (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001). Resultados similares, quanto à eficiência do teste em função da cultivar utilizada, foram observados por Rodo (2002), em sementes de cebola, quando para uma cultivar, o teste proporcionou informações totalmente distintas das observadas nos testes de classificação do vigor de plântulas e emergência das plântulas em campo. Assim, a obtenção de resultados discrepantes no teste de condutividade elétrica, dentro de mesma espécie, pode estar associada às características do tegumento e outras estruturas que envolvem as sementes, que pode variar conforme o genótipo.

De modo geral, os resultados indicaram que o método de condutividade elétrica massal realizado com 25 sementes imersas em 50 ou 75 mL de água por 2 a 8 horas, a 25 °C, constituiu-se em uma alternativa promissora para a separação dos níveis de potencial fisiológico em sementes de arroz, para a cultivar IRGA 424, pois os resultados foram semelhantes aos dos testes convencionais. No entanto, existe a necessidade de se estudar com maior profundidade as diferenças entre as cultivares, produzidas pelas estruturas que envolvem suas sementes.

Tabela 5 - Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para as combinações 25 sementes imersas em 50mL e 75mL de água, sem casca, a 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Períodos de imersão (h)				
		1	2	4	8	24
25 sementes/50 mL						
Irga 424	1	13,74 b	14,24 b	15,49 a	17,00 a	24,82 a
	2	14,24 b	15,56 b	17,98 b	21,70 b	33,62 b
	3	11,76 a	12,75 a	14,64 a	16,73 a	26,85 a
	4	13,05 b	14,11 b	16,20 b	19,23 b	30,87 b
	5	10,84 a	11,67 a	13,17 a	15,45 a	24,50 a
Médias		12,76	13,66	15,49	18,02	28,13
CV (%)		10,74	11,71	11,97	10,47	9,43
Puitá Inta CL	1	13,11 a	14,15 a	16,20 b	18,96 b	29,61 b
	2	12,64 a	13,67 a	15,43 b	18,29 b	27,23 a
	3	13,27 a	14,49 a	16,59 b	19,90 b	30,78 b
	4	11,28 a	12,27 a	13,73 a	16,03 a	24,67 a
	5	12,68 a	13,75 a	15,72 b	18,96 b	30,57 b
Médias		12,59	13,66	15,53	18,42	28,57
CV (%)		9,70	8,50	8,20	8,17	7,97
25 sementes/75 mL						
Irga 424	1	10,61 b	10,41 a	11,68 a	11,84 a	16,93 a
	2	10,84 b	11,27 a	13,10 a	13,76 a	20,38 b
	3	8,84 a	9,04 a	10,35 a	10,60 a	15,78 a
	4	10,08 b	10,43 a	12,18 a	13,01 a	19,94 b
	5	8,75 a	8,97 a	10,40 a	10,97 a	16,63 a
Médias		9,82	10,02	11,54	12,03	17,93
CV (%)		10,74	11,71	11,97	10,47	9,43
Puitá Inta CL	1	9,77 a	10,01 a	11,26 a	11,89 a	17,95 a
	2	10,57 a	10,98 a	13,10 a	13,97 a	21,60 a
	3	10,40 a	10,76 a	12,57 a	13,64 a	21,21 a
	4	9,68 a	9,97 a	11,30 a	12,08 a	18,63 a
	5	10,21 a	10,47 a	11,88 a	12,73 a	19,47 a
Médias		10,12	10,43	12,02	12,86	19,77
CV(%)		9,70	8,50	8,20	8,17	7,97

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Tabela 6 – Dados médios de condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ), para as combinações 50 sementes imersas em 50mL e 75mL de água, sem casca, a 25°C, de cinco lotes de sementes das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão. Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Períodos de imersão (h)				
		1	2	4	8	24
50 sementes/50 mL						
Irga 424	1	8,38 a	8,95 a	9,98 a	11,36 a	15,95 a
	2	9,42 a	10,52 a	12,29 b	14,91 b	22,53 b
	3	7,99 a	10,00 a	12,80 b	17,26 b	29,13 c
	4	7,99 a	9,07 a	11,07 b	14,32 b	22,80 b
	5	6,77 a	7,56 a	8,92 a	11,06 a	17,21 a
Médias		8,11	9,22	11,01	13,78	21,52
CV (%)		10,74	11,71	11,97	10,47	9,43
Puitá Inta CL	1	8,93 a	10,19 a	12,16 a	15,38 b	24,75 b
	2	8,43 a	9,25 a	10,75 a	13,10 a	19,95 a
	3	8,36 a	9,14 a	10,57 a	12,69 a	19,14 a
	4	7,33 a	8,00 a	9,23 a	11,10 a	16,85 a
	5	8,07 a	8,92 a	10,53 a	12,97 a	20,27 a
Médias		8,22	9,1	10,64	13,04	20,19
CV (%)		9,7	8,5	8,2	8,17	7,97
50 sementes/75 mL						
Irga 424	1	6,79 a	7,08 a	7,56 a	8,36 a	12,62 a
	2	6,87 a	7,15 a	7,80 a	8,73 a	13,29 a
	3	6,28 a	7,05 a	8,23 a	9,73 a	17,32 b
	4	7,04 a	7,39 a	8,22 a	9,12 a	14,36 a
	5	5,80 a	6,05 a	6,56 a	7,36 a	11,57 a
Médias		6,55	6,94	7,67	8,66	13,83
CV (%)		10,74	11,71	11,97	10,47	9,43
Puitá Inta CL	1	6,96 b	7,40 b	8,03 b	9,26 b	15,43 b
	2	4,15 a	4,61 a	5,97 a	7,12 a	12,74 a
	3	4,17 a	4,66 a	5,77 a	6,79 a	12,83 a
	4	3,38 a	3,72 a	4,55 a	5,34 a	10,14 a
	5	4,76 a	5,10 a	6,08 a	6,88 a	11,91 a
Médias		4,68	5,09	6,08	7,07	12,61
CV(%)		9,70	8,50	8,20	8,17	7,97

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

### 2.5.3 Condutividade elétrica individual

Os resultados do teste de condutividade elétrica individual em sementes com casca, relativos aos lotes das cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL estão apresentados na Tabela 7 e nas Figuras 2 e 3.

Para a cultivar IRGA 424, com uma e duas horas de imersão, em água destilada e deionizada foi possível estratificar os lotes em três níveis de qualidade e identificar os lotes 3 e 5 como aqueles mais vigorosos, mas com variações na classificação dos demais lotes. Este fato dificultou a interpretação e impossibilitou apontar os períodos iniciais como adequados para o teste. No período de quatro horas de imersão, observou-se variação entre lotes, pois a estratificação apontou quatro níveis de vigor. Tal variação, embora possível a partir dos resultados absolutos, não foi detectada pela análise estatística dos dados nos testes iniciais, inclusive pela emergência em campo, que foi considerado o parâmetro principal para ranqueamento dos lotes, pois estima o desempenho das sementes e lotes em condições variadas de ambiente (MENEZES et al., 2007).

O período de oito horas de imersão estratificou os lotes em três níveis de vigor, classificando os lotes 3 e 5 como de qualidade superior, os lotes 1 e 4 de menor qualidade e o lote 2 como de vigor intermediário. Esses resultados não propiciaram classificação conforme a emergência de plântulas em campo, apenas confirmaram os lotes 3 e 5 como de qualidade superior aos demais.

Os resultados obtidos para a cultivar IRGA 424 se assemelharam aos verificados em outras espécies, quando os autores (TEKRONY; EGLI, 1988, SAMPAIO et al., 1995) indicaram que lotes com diferenças de vigor menos acentuadas precisam de períodos mais longos de condicionamento, para que a diferença de qualidade de lotes seja detectada.

Com 24 horas de imersão, houve a diferenciação dos lotes em dois níveis de vigor, conforme verificado no teste de emergência de plântulas em campo. Este resultado concorda com os de Schuab et al. (2006), em que o teste de condutividade elétrica apresentou sensibilidade suficiente para diferenciar o potencial fisiológico dos lotes dos genótipos avaliados, se relacionando aos de emergência de plântulas em campo.

Essas informações indicaram que o período de 24 horas foi o mais adequado para estratificar os lotes de acordo com o vigor através da condutividade elétrica



individual. Esses resultados vem ao encontro dos observados por Sampaio et al. (1995) que recomendaram o período de 24 horas de imersão para a leitura da condutividade elétrica individual, utilizando o ASAC 1000, e por Vidal (2010), em sementes de milho, que indicou o período de 24 horas como o mais eficiente para determinar o potencial fisiológico dos lotes, utilizando o modelo SAD-9000S.

Para a cultivar Puitá Inta CL, foram observadas variações na ordem de classificação dos lotes em relação ao vigor, após os diferentes períodos de imersão (Tabela 7). No teste de condutividade elétrica individual, com sementes intactas nos cinco períodos de imersão, o lote 3 apresentou menor lixiviação de eletrólitos, o que representou maior vigor. No entanto, nos testes de caracterização inicial foi o lote 1 que apresentou maior vigor, o qual no teste de condutividade elétrica individual apresentou vigor intermediário. Assim, para essa cultivar o método de condutividade elétrica individual não possibilitou caracterizar de maneira eficiente os lotes, pois ocorreram muitas variações entre os resultados deste teste e dos demais testes convencionais. Esses resultados se assemelharam aos obtidos por Dias e Marcos Filho (1996) e Souza et al. (2009), em que a condutividade elétrica individual não forneceu informações consistentes sobre o potencial relativo dos lotes, apresentando eficiência variável de acordo com as cultivares de soja e de mamona estudadas, respectivamente.

O comportamento distinto das cultivares sugere efeito dos genótipos nos resultados do teste. Conforme salientaram Vieira et al. (1996), genótipos distintos podem gerar diferenças significativas nos valores da condutividade elétrica. A interferência do genótipo nas leituras de condutividade elétrica também foi constatada por Gonzalez (1998), em sementes de arroz. Estas diferenças que ocorrem em sementes de arroz, parecem ter forte influência das estruturas florais aderidas à cariopse e das substâncias amiláceas provenientes das reservas da semente.

Nas figuras 1 e 2, observou-se o aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes com o aumento do período de imersão, para ambas as cultivares, ratificando a importância deste fator na capacidade do teste em distinguir diferenças de vigor entre os lotes de sementes. O mesmo foi relatado por Menezes et al. (2007), em sementes de aveia preta, Fessel et al. (2005), em sementes de brócolis e Roveri-José et al. (2001), em sementes de pimentão.

Tabela 7 - Dados médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) de cinco lotes de sementes, com casca, das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de avaliação (h) a 25 °C. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Período de avaliação (horas)				
		1	2	4	8	24
Irga 424	1	3,95 c	5,36 c	6,77 d	7,83 c	9,56 b
	2	3,73 c	4,56 b	4,84 b	7,06 b	8,91 b
	3	1,90 a	2,25 a	2,50 a	3,37 a	5,20 a
	4	3,38 b	4,74 b	6,21 c	7,83 c	9,89 b
	5	1,86 a	2,13 a	2,26 a	2,91 a	5,35 a
Médias		2,96	3,80	4,51	5,8	7,78
CV (%)		52,74	53,72	53,25	49,91	56,86
Puitá Inta CL	1	2,19 a	3,08 c	3,87 b	4,75 b	7,75 b
	2	3,01 c	4,30 d	5,35 c	6,61 d	9,46 d
	3	2,26 a	2,47 a	3,00 a	3,85 a	6,61 a
	4	2,53 b	3,32 c	4,13 b	5,40 c	8,18 c
	5	2,33 a	2,84 b	3,56 b	4,53 b	6,97 a
Médias		2,46	3,20	3,98	5,02	7,79
CV (%)		37,46	46,93	57,27	60,56	53,06

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Pela análise dos dados da cultivar IRGA 424 (Figura 1) foi constatado que a partir de quatro horas de imersão, os lotes 3 e 5 apresentaram menor quantidade de lixiviados na solução de imersão que os demais lotes e assim, pode-se considerá-los como mais vigorosos, diferindo dos demais lotes classificados como de menor vigor. Porém, os períodos a partir de oito horas de imersão das sementes permitiram a melhor visualização das diferenças de vigor entre lotes.

A liberação inicial de eletrólitos é intensa, tanto pelas sementes intactas e vigorosas como pelas danificadas, esse fato torna difícil à identificação de possíveis diferenças de qualidade entre os lotes logo no início da imersão. No entanto, com o decorrer deste processo, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes vigorosas vai se estabilizando, em razão, principalmente, da reorganização das membranas, favorecendo a ordenação dos lotes em níveis de qualidade, ao contrário de sementes mais deterioradas ou danificadas que liberam maiores quantidades de solutos durante a imersão refletindo o grau de desorganização de suas membranas e, conseqüentemente, sua qualidade fisiológica e vigor.

Para a cultivar Puitá Inta CL (Figura 2), os dados da condutividade elétrica individual mostraram comportamento linear para todos os lotes, exceto pra o lote, evidenciando a liberação de eletrólitos com o decorrer do tempo.

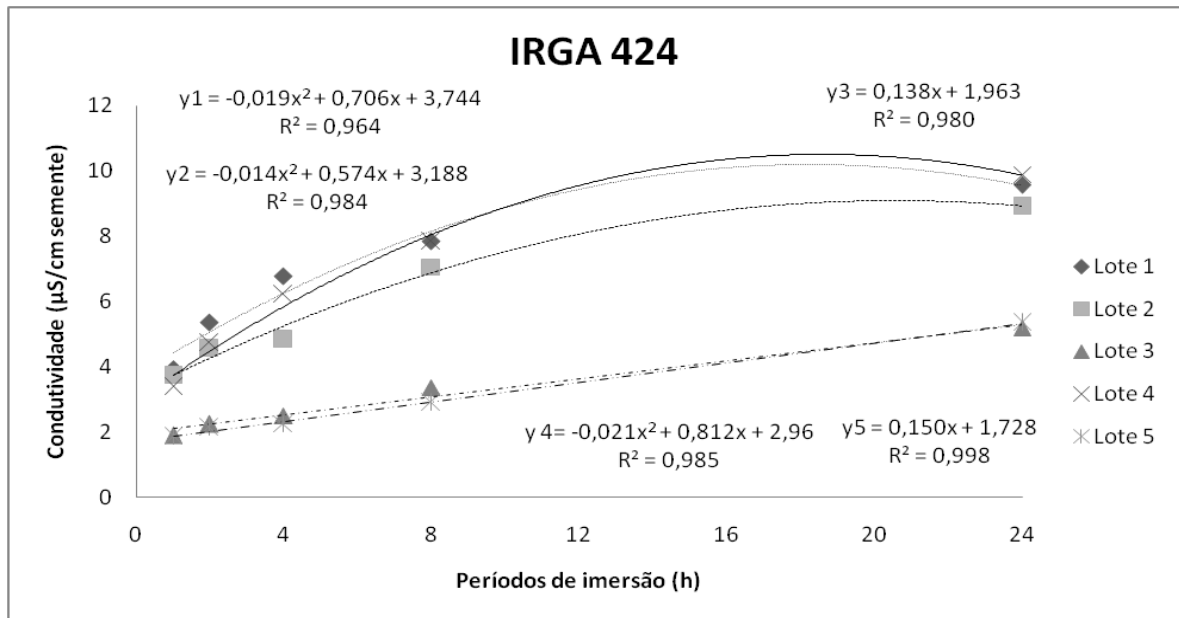


Figura 1 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, com casca, da cultivar IRGA 424, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

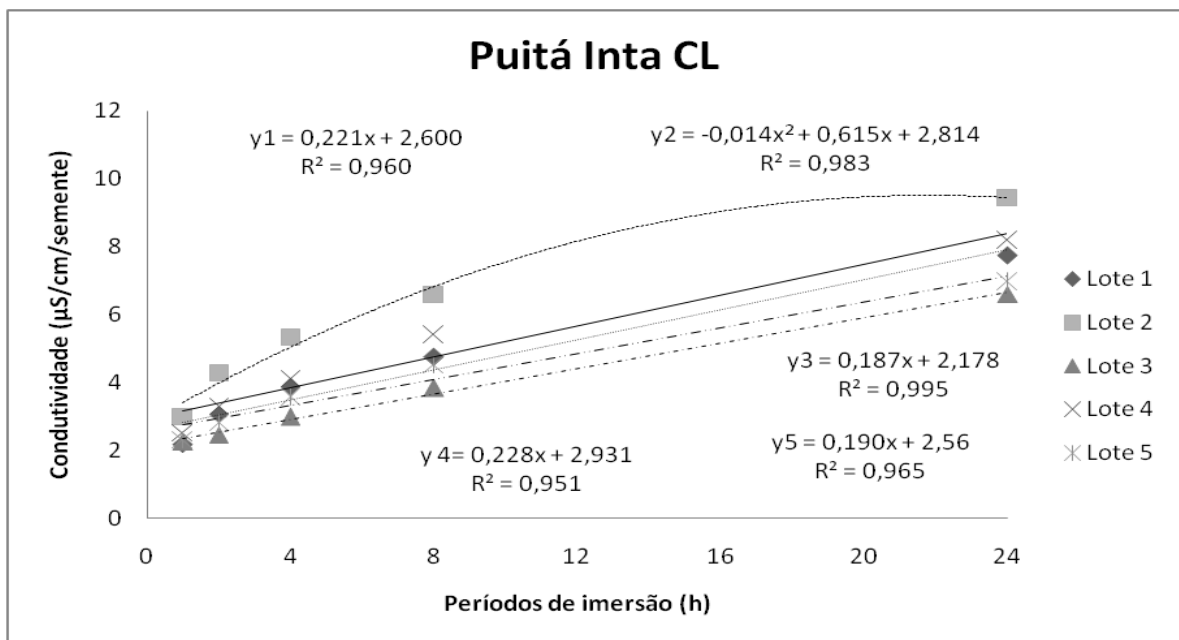


Figura 2 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes com casca, da cultivar Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão a 25°C, em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Com relação aos resultados de condutividade elétrica individual dos lotes das duas cultivares de arroz sem casca (Tabela 8 e Figuras 3 e 4). Observou-se que apenas no período de uma hora de imersão, para os lotes das duas cultivares e de 24 horas para a cultivar Puitá Inta CL, houve diferença significativa entre os lotes. Porém esta diferenciação não está relacionada com os dados da caracterização inicial apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 8 - Dados médios de condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) de cinco lotes de sementes, sem casca, das cultivares Irga 424 e Puitá Inta CL, em diferentes períodos de avaliação (h) a 25 °C. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Período de avaliação (h)				
		1	2	4	8	24
Irga 424	1	1,81 b	1,92 a	2,01 a	2,20 a	3,38 a
	2	1,66 b	1,90 a	2,04 a	2,39 a	3,49 a
	3	1,35 a	1,67 a	1,87 a	2,15 a	3,18 a
	4	1,52 a	1,69 a	1,97 a	2,18 a	3,23 a
	5	1,37 a	1,62 a	1,83 a	2,00 a	2,85 a
Médias		1,54	1,76	1,94	2,18	3,22
CV (%)		9,02	9,88	8,31	11,43	14,04
Puitá Inta CL	1	1,91 b	1,94 a	2,05 a	2,24 a	3,68 a
	2	1,78 b	1,91 a	1,96 a	2,16 a	3,31 a
	3	1,40 a	1,65 a	1,91 a	2,05 a	2,58 a
	4	1,81 b	1,94 a	2,01 a	2,54 a	4,86 b
	5	1,66 b	1,87 a	1,96 a	2,16 a	3,01 a
Médias		1,71	1,86	1,97	2,23	3,48
CV (%)		7,27	3,85	4,18	10,41	15,92

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Nos demais períodos de imersão (2, 4, 8 e 24 horas), não houve diferenciação entre os lotes quanto ao potencial fisiológico para as duas cultivares de arroz sem casca (Figuras 3 e 4). Estes dados estão em desacordo com os obtidos por Brandão Junior et al. (1997) e Queiroga e Durán (2010), os quais verificaram que os tratamentos com sementes sem pericarpo de girassol, imersas por diferentes períodos, apresentaram maior eficiência para detectar as diferenças de qualidade existentes entre os lotes. Porém, em girassol ao se retirar o pericarpo, o teste de condutividade elétrica é aplicado em embriões grandes capazes de lixiviar eletrólitos que estabelecem diferenças entre lotes. No caso do arroz, o pequeno embrião basal lateral, responsável pela parte vital da semente, é muito pequeno

quando comparado com o tamanho total da cariopse. Talvez por isso não se tenha observado diferenças entre os lotes de sementes.

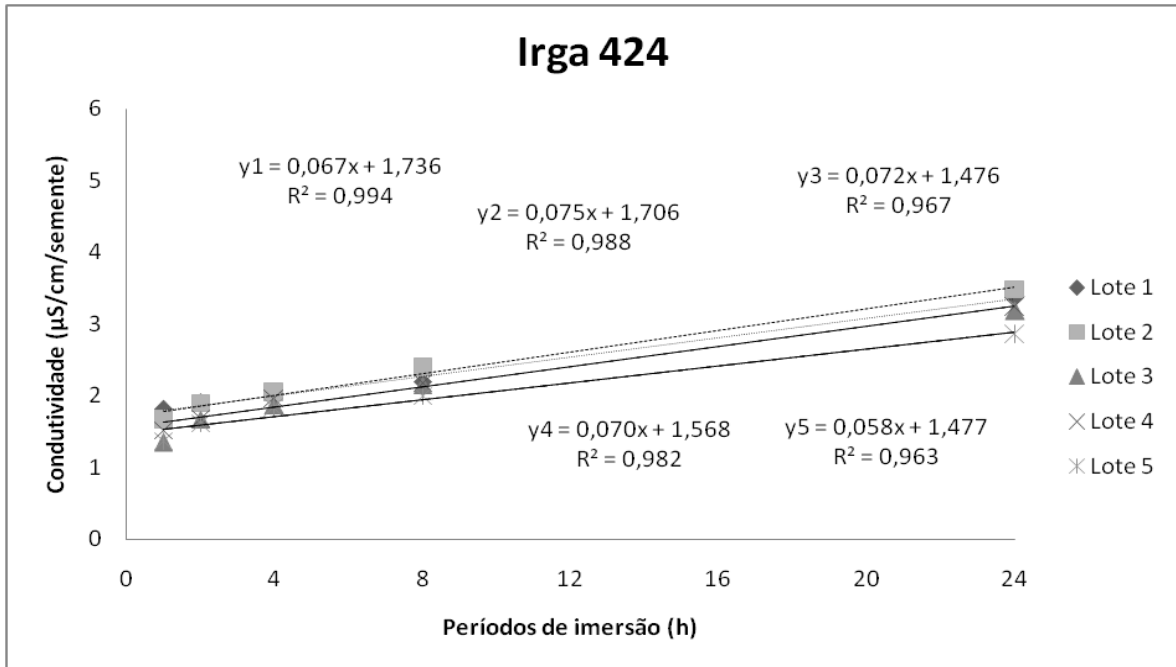


Figura 3 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes, sem casca, da cultivar IRGA 424, em diferentes períodos de imersão a  $25^\circ\text{C}$ , em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

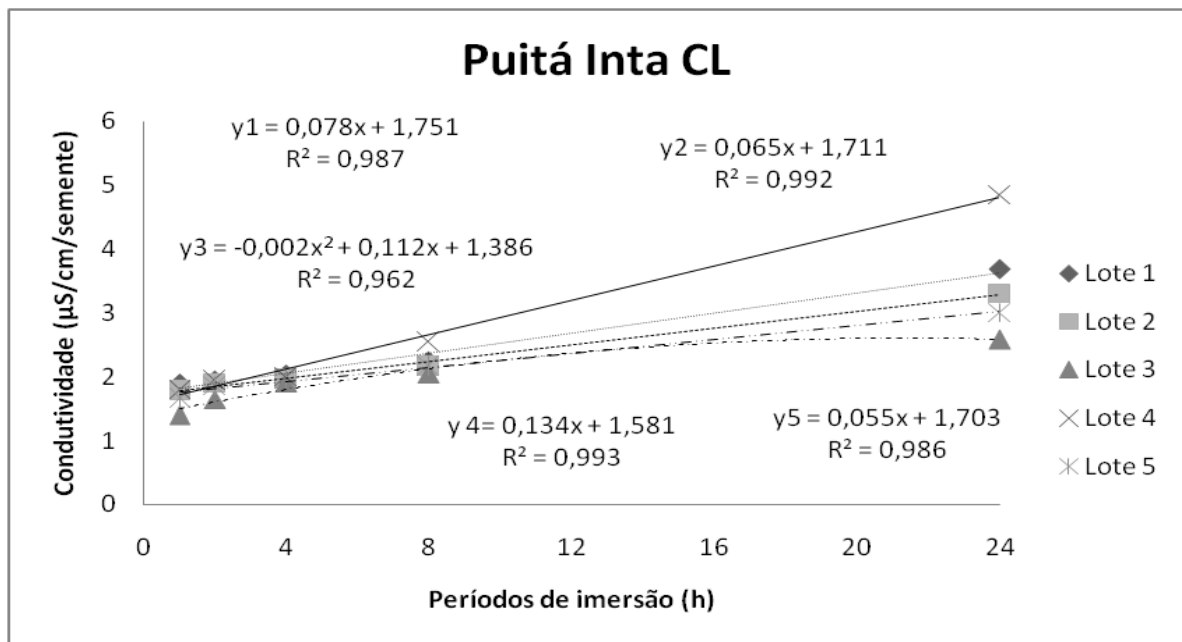


Figura 4 – Condutividade elétrica individual ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ ) dos cinco lotes sem casca, da cultivar Puitá Inta CL, em diferentes períodos de imersão a  $25^\circ\text{C}$ , em 6 mL de água deionizada. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Com base nesses resultados pode-se observar que a duração do período de imersão de oito e 24 horas das sementes com casca, para a cultivar Irga 424, teve efeito na capacidade do teste de condutividade elétrica individual em distinguir diferenças de vigor entre lotes.

#### 2.5.4 Relação entre condutividade elétrica individual e formação de plântulas normais

A condutividade elétrica individual das sementes com casca e a germinação das mesmas sementes foram comparados a fim de verificar a relação entre os valores obtidos nesse teste e a formação de plântulas normais e anormais e estão apresentados no gráfico box-plot (Figura 5). As sementes que originaram plântulas normais tiveram valores de condutividade entre 4 e 8  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , além de menor variabilidade entre os dados, pois 50% dos dados se concentraram nesta faixa de variabilidade e para as sementes que originaram plântulas anormais, os valores variaram de 9 a 15  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Diferentes valores de condutividade elétrica individual têm sido indicados em algumas culturas, como valores de corte, capazes de antever a germinação ou a formação de plântulas normais ou até mesmo vigor, porém as metodologias ainda não estão padronizadas e os resultados não são comparáveis. Costa e Carvalho (2006) verificaram que para obter uma probabilidade de comercialização, com base nos padrões de comercialização de sementes de café (70% de germinação), as sementes devem apresentar até 120,5  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , para lotes de sementes de café recém-colhidos e imersas por 96 horas. De maneira semelhante, Vidal (2010), observou que valores de condutividade elétrica individual situados entre 135 $\mu\text{S}$  e 150 $\mu\text{S cm}^{-1}$ , após 24 horas de imersão, são capazes de estimar a germinação de sementes de milho, com tolerância de 5%.

Sementes com baixas condutividades e que originaram plântulas anormais foram encontradas (*outliers*), provavelmente devido à infecção causada por fungos ou danos fisiológicos produzidos por manejo pós-colheita deficiente. Sementes que apresentaram condutividade alta também originaram plântulas normais. Isto ocorreu em lotes de maior qualidade fisiológica e pode ser atribuído à presença de danos mecânicos na semente, que não afetaram o embrião. Resultados semelhantes foram

encontrados por Costa e Carvalho (2006), em sementes de café, que também verificaram a formação de plântulas anormais a partir de sementes com baixa condutividade elétrica e plântulas normais a partir de sementes com alta condutividade elétrica na solução de imersão.

No caso de sementes sem casca, tanto as sementes que originaram plântulas normais quanto as que formaram plântulas anormais apresentaram valores de condutividade baixos. Assim a relação condutividade elétrica individual com a formação de plântulas normais, nesse caso, não pôde ser determinada. Da mesma forma, o ponto de corte não pode ser determinado em sementes de mamona, devido às sementes que originaram plântulas normais apresentarem altos valores de condutividade elétrica e grande variabilidade (SOUZA, 2007).

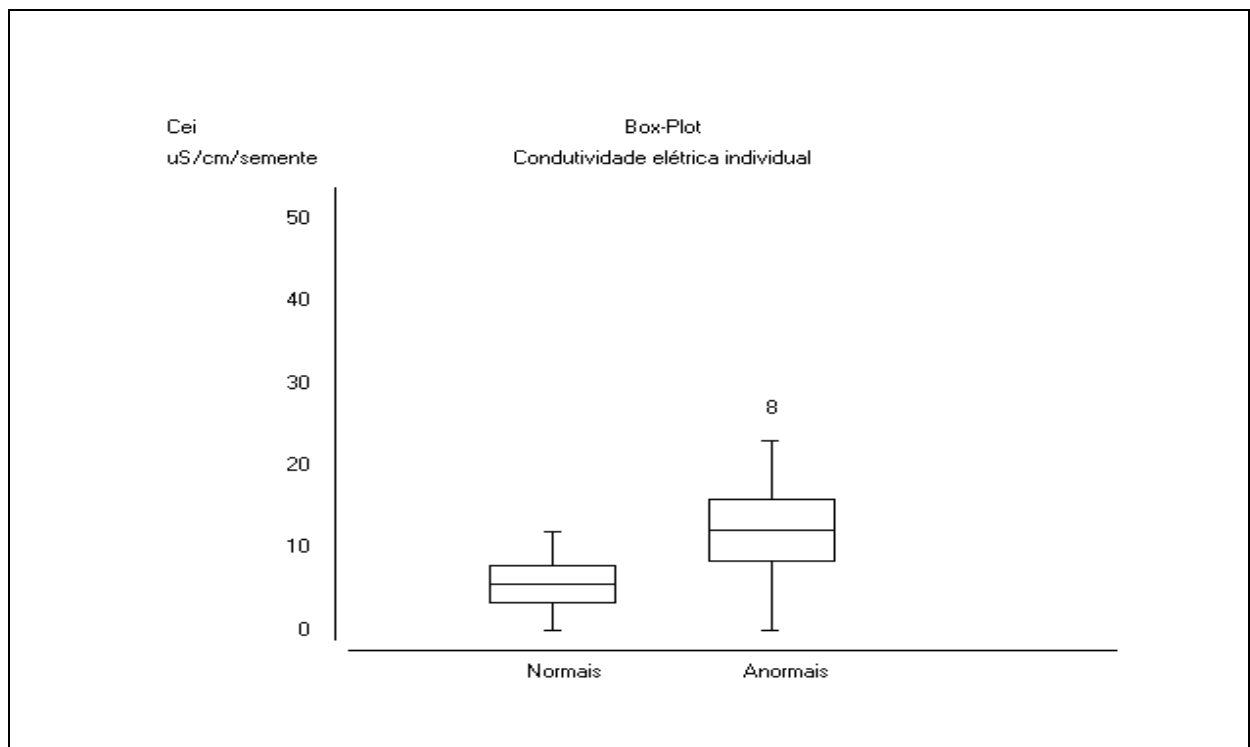


Figura 5 – Box-plot para condutividade elétrica individual ( $\text{uS}\cdot\text{cm}^{-1}\text{semente}$ ) para plântulas normais e anormais, para todos os lotes de sementes com casca. UFSM, Santa Maria-RS, 2010.

### 2.5.5 Estudo de correlação entre os testes de condutividade elétrica e os demais testes

As correlações entre os dados da condutividade elétrica massal obtidos na combinação do número de sementes e do volume de água que melhor classificou os

lotes quanto ao vigor das sementes e os testes convencionais foram determinados para cada tempo de imersão (1, 2, 4, 8 e 24 horas) e estão descritas nas tabelas 9 e 10.

Para a cultivar IRGA 424 (Tabelas 9 e 10), os valores de condutividade elétrica massal, realizado com 25 sementes imersas em 50 e 75 mL de água deionizada se correlacionaram negativa e significativamente com o teste de emergência de plântulas em campo, em todos os períodos de imersão. A correlação linear simples permite avaliar a magnitude e o sentido da associação entre dois caracteres, ou seja, através da correlação pode-se verificar se ocorre uma variação proporcional e inversa entre dois testes. Os resultados obtidos indicaram haver um alto grau de relacionamento entre os testes de condutividade elétrica e emergência de plântulas em campo, cuja causa, neste trabalho, considerou-se o nível de qualidade dos lotes de sementes.

O teste de condutividade elétrica tem sido considerado como um bom indicador da emergência de plântulas em campo. Para ser considerado eficiente, um teste de vigor deve proporcionar uma classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à da emergência das plântulas no campo, tendo em vista que é nesse local, onde as condições climáticas são variadas e determinam o estabelecimento da cultura (MARCOS FILHO, 2005).

Os resultados da correlação significativa ( $P < 0,05$ ) e negativa, entre o teste de condutividade elétrica e a emergência das plântulas mostram que, com o aumento do valor de condutividade elétrica da solução de imersão, menor foi a emergência de plântulas em campo, ou seja, menor qualidade das sementes. Esses resultados são similares aos encontrados por Marcos Filho et al., (1986), em sementes de ervilha, por Prete et al., (1994) e Vieira et al., (1999), em sementes de soja, por Fagioli, (1997) em sementes de milho, por Ávila et al. (2005), em sementes canola e por Alves e Sá (2010), em sementes de rúcula.

Para a cultivar Puitá Inta CL (Tabela 9), não houve correlação significativa entre os dados do teste de condutividade elétrica massal e os demais testes convencionais para avaliação da qualidade.



Tabela 9 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade massal com 25 sementes imersas em 50 mL de água destilada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Testes	IRGA 424					Puitá Inta CL				
	1h	2h	4h	8h	24h	1h	2h	4h	8h	24h
<b>G</b>	-0,72	-0,69	-0,71	-0,68	-0,68	-0,04	0,005	-0,07	-0,25	-0,46
<b>PC</b>	-0,67	-0,69	-0,70	-0,68	-0,67	-0,17	-0,12	-0,20	-0,38	-0,59
<b>F</b>	-0,75	-0,66	-0,68	-0,66	-0,68	0,33	0,41	0,34	0,13	-0,09
<b>CPA</b>	0,43	0,26	0,28	0,27	0,30	-0,10	-0,006	-0,06	-0,30	-0,51
<b>CRA</b>	0,77	0,68	0,70	0,68	0,71	-0,19	-0,089	-0,14	-0,38	-0,67
<b>CTO</b>	0,67	0,54	0,56	0,55	0,57	-0,17	-0,06	-0,12	-0,36	-0,64
<b>FMS</b>	0,02	-0,03	-0,003	-0,007	0,027	-0,35	-0,28	-0,34	-0,55	-0,76
<b>EM</b>	-0,92*	-0,88*	-0,88*	-0,88*	-0,88*	0,22	0,28	0,21	0,054	-0,07

\* Significativos a 5%.

Tabela 10 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade massal com 25 sementes imersas em 75 mL de água destilada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Testes	IRGA 424					Puitá Inta CL				
	1h	2h	4h	8h	24h	1h	2h	4h	8h	24h
<b>G</b>	-0,69	-0,73	-0,72	-0,71	-0,74	-0,12	-0,10	-0,20	-0,32	-0,4
<b>PC</b>	-0,63	-0,71	-0,71	-0,69	-0,68	-0,24	-0,29	-0,34	-0,44	-0,52
<b>F</b>	-0,70	-0,71	-0,69	-0,70	-0,76	0,13	0,11	0,06	-0,08	-0,15
<b>CPA</b>	0,45	0,37	0,33	0,36	0,47	-0,30	-0,32	-0,37	-0,51	-0,57
<b>CRA</b>	0,74	0,73	0,71	0,72	0,78	-0,35	-0,37	-0,42	-0,55	-0,64
<b>CTO</b>	0,66	0,62	0,59	0,61	0,69	-0,34	-0,37	-0,41	-0,55	-0,63
<b>FMS</b>	-0,07	-0,03	-0,05	-0,05	0,002	-0,46	-0,49	-0,54	-0,65	-0,72
<b>EM</b>	-0,94*	0,93*	-0,92*	-0,93*	-0,94*	0,07	0,05	0,009	-0,11	-0,15

\* Significativo a 5%.

As correlações entre os dados da condutividade elétrica individual para sementes com casca e os testes convencionais foram determinados para cada tempo de embebição (1, 2, 4, 8 e 24 horas) (Tabela 11).

Para a cultivar IRGA 424 (Tabela 11), os valores de condutividade elétrica individual se correlacionaram negativa e significativamente com o teste de emergência de plântulas em campo, em todos os períodos de imersão, exceto para quatro horas. Houve, também, correlação positiva e significativa entre os valores de condutividade elétrica individual em todos os períodos de imersão com os da condutividade elétrica massal.

Tabela 11 – Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade individual com casca e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM) e condutividade elétrica massal (CEM), para as cultivares IRGA 424 e Puitá Inta CL. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Testes	IRGA 424					Puitá Inta CL				
	1h	2h	4h	8h	24h	1h	2h	4h	8h	24h
<b>G</b>	-0,83	-0,83	-0,82	-0,74	-0,73	0,101	0,39	0,40	0,27	0,40
<b>PC</b>	-0,78	-0,83	-0,87	-0,76	-0,76	-0,03	0,27	0,28	0,15	0,30
<b>F</b>	-0,83	-0,79	-0,72	-0,69	-0,65	0,32	0,59	0,60	0,48	0,60
<b>CPA</b>	0,47	0,33	0,17	0,23	0,21	-0,19	0,12	0,13	0,003	0,18
<b>CRA</b>	0,85	0,79	0,70	0,70	0,66	-0,29	0,02	0,03	-0,05	0,16
<b>CTO</b>	0,73	0,64	0,50	0,54	0,50	-0,27	0,05	0,06	-0,04	0,17
<b>FMS</b>	0,10	0,084	0,07	0,01	-0,08	-0,30	0,01	0,03	-0,09	0,09
<b>EM</b>	-0,94*	-0,90*	-0,83	-0,90*	-0,90*	0,30	0,51	0,53	0,39	0,46
<b>CEM</b>	0,98**	0,96**	0,89*	0,96**	0,95*	0,86	0,66	0,65	0,74	0,59

\*\* e \* Significativos a 1% e 5%, respectivamente.

Para a cultivar Puitá Inta CL, não houve correlação significativa entre os dados do teste de condutividade elétrica individual, tanto com a presença (Tabela 11) ou não de casca, e os demais testes convencionais para avaliação da qualidade. A correlação nem sempre é a análise mais correta para definir as conclusões (SOUZA, 2007), uma vez que dados que avaliam a permeabilidade das membranas podem não se correlacionar com dados obtidos no teste de germinação ou mesmo em outros testes de vigor.

No caso de sementes sem casca, os dados relativos a cultivar IRGA 424, no período de uma hora de imersão se correlacionaram negativa e significativamente com o teste de germinação e frio e positivamente com o teste de comprimento de raiz. Para duas horas de imersão houve correlação significativa e negativa com o teste de frio e positiva com os testes de comprimento de raiz e total. No período de quatro horas de imersão os dados de condutividade elétrica individual se

correlacionaram significativa e negativamente com a emergência de plântulas em campo e positivamente com a condutividade elétrica massal.

Em todos os testes, observou-se uma resposta em função do genótipo. Na cultivar IRGA 424, obteve-se uma correlação altamente significativa e na cultivar Puitá Inta CL, isso não aconteceu, devendo ressaltar que o efeito devido ao genótipo pode ter sido responsável por esse comportamento. Sendo assim, é recomendável que a análise do potencial fisiológico de sementes não seja realizada com o mesmo procedimento para todas as espécies, nem para todas as cultivares dentro da mesma espécie.

## **2.6 CONCLUSÕES**

O teste de condutividade elétrica massal e individual é promissor para a separação de lotes de arroz em função do vigor das sementes, porém nos dois testes há influência do genótipo utilizado.

Para a cultivar IRGA 424, a condição mais adequada para a realização do teste de condutividade elétrica massal é a utilização de 25 sementes com casca, imersos em 50 ou 75 mL de água destilada e deionizada, por 2 a 8 horas, a 25°C.

Para a avaliação da condutividade elétrica individual, com o Analisador Automático de Sementes SAD 9000-S, o uso de sementes com casca imersas pelo período de 24 horas é o mais adequado.

O valor de condutividade elétrica individual até  $8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  é capaz de estimar a formação de plântulas normais em arroz.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, Dez. 1980.
- ALBUQUERQUE, M. C. F. E. et al. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.1-8, 2001.
- ALBUQUERQUE, A. D. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica em sementes de feijão**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.
- ALVES, C.V.; SÁ, M.E. de. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.1, p.203-215, 2009.
- ALVES, E. et al. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.2, p.119-125, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. AOSA. 1983. 93p. (Contribution, 32).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). 2002. **Seed vigor testing handbook**. Contribution, 32. Association of Official Seed Analysts. 105p.
- BRANDÃO-JR., D.S.; RIBEIRO, D.C.A.; BERNADINO-FILHO, J.R.; VIEIRA, M.G.C.C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.184, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.
- CAMPOS, V. C. **Metodologia do teste de frio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado**. 1998. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1998.
- CARVALHO, M.L.M. et al. Controle de qualidade na produção de semente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.232, p.52-58, maio/jun., 2006.
- CARVALHO, L.F. de et al. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p.009-017, 2009.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

CONAB. **Central de Informações Agropecuárias: safra de grãos 2008/2009.** Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra>>. Acesso em 18 de maio de 2009.

COSTA, P. S. C. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.).** 2003. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

COSTA, P.S.C.; CARVALHO, M.L.M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.30, n.1, p.92-96, 2006.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DESAI, B. B. et al. **Seeds handbook.** New York, 1997. 627 p.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.1-11, 1996.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.2, p.117-122, 2006.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Relationship between laboratory índices of soybean seed vigor and Field emergence. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p.573-77, 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Embrapa Arroz e Feijão, 2008. **Arroz Irrigado no Brasil.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>>. Acesso em: 15 abril 2008.

FAGIOLI, M. **Relação entre condutividade elétrica e ou de sementes e a emergência de plântulas de milho em campo.** 1997. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

FAO. **Arroz Híbrido para Contribuir a la Seguridad Alimentaria.** Disponível em: <<http://www.fao.org/rice2004/es/rice2.htm>>. Acesso 14 de abril de 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.

FESSEL, S.A.; SILVA, L.J.R.; SADER, R. Teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.35-41, 2005.

FRANCO, D. F.; PERINI, J. A. Testes de vigor em sementes de arroz. EMBRAPA Clima Temperado. **Comunicado técnico**, 68. Pelotas, RS, 2002.

FREITAS, R.A. et al. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de algodão e a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.22, p.97-103, 2000.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GASPAR C.M.; NAKAGAWA J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.2, p.82-89, 2002.

GONZALEZ, A. M. A. **Teste de condutividade elétrica em sementes de arroz**. 1998. 34 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1998.

HAMMAN, B. et al. Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n.3, p. 575-586, 2001.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Dados de Safra**. Disponível em: [http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=noticia\\_detalhe&id=3437](http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=noticia_detalhe&id=3437). Acesso em 03 de maio de 2010.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA **Handbook of vigor test methods**. 3 ed. Zurich, 1995. 117p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **ISTA Rules proposals 25<sup>th</sup> ISTA congress in Pretoria**, South Africa: 1998. 26 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 403, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos teste de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, n.1, v.2, p.15-53, 1991.

KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LIMA, D. de. **Influência de altas temperaturas de secagem em sementes de arroz**. 1997. 61 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1997.

LIMA, T.C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado) Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, SP, 2005.

LOEFFLER, T.M., et al. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53,1988.

LOPES, R.L.; FRANKE, L.B. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de aveia (*Lolium Multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n.1 p.123-130, 2010.

McDONALD, M.B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, v.4, p.1-11, 1979.

MARCHI, J. L. DE; CICERO, S. M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.12, n.1,2,3, p.20-27, 2002.

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

MARCOS FILHO, J. et al. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", v.43, p.389-443, 1986.

MARCOS FILHO, J; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (eds). **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES- Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, p.1.1-1.21,1999.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigor methods**. Zürich, ISTA, p.37-42, 1981.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. ISTA. **News Bulletin**, n.131, p.32-35, 2006.

MENEZES, N. L. De et al. Comparação entre métodos para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.16, n.2, p.121-127, 1994.

MENEZES, N. L. De et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.29, n.2, p.138-142, 2007.



MIGUEL, M.H. et al. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.741-746, 2001.

MIGUEL, M.V.C; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.315-319, abr/jun. 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, Abrates, 1999, p.2-1-2-21.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential tomato seeds. **Seed Science and Technology**, Kentucky, v.23, n.2, p.151-161, 2001.

PERRY, D. A. Report of vigour test committes. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.9, n.1, p.115-126, 1981.

POWELL, A.A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, New York, v.11, p.29-61, 1988.

PRETE, C.E.C.; CICERO, S.M.; FOLEGATTI, M.V. Emergência de plântulas de soja no campo e sua relação com a embebição e condutividade elétrica das sementes. **Semina**, Londrina, v.15, n.1, p.32-37, 1994.

QUEIROGA, V.de P., DURÁN, J.M. Análise da qualidade fisiológica em sementes de girassol com e sem pericarpos. **Anais... IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, PB – 2010, p.1944-1950.

RIBEIRO,D.M.C.A. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo**. 2002. 123 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSA, S. D. V. F. et al. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.54-63, 2000.

ROVERI-JOSÉ, S.C.B. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.55-61, 2001.

SALINAS, A. R. et al.. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.371-379, 2001.

SAMPAIO, N.V. et al. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.5, n.3, p.39-52, 1995.

SILVA, L.B.; MARTINS, C.C. Teste de condutividade elétrica para sementes de mamoneira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p.1043-1050, 2009.

SILVA, A.C.S. et al. Metodologia para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) através de um analisador automático de sementes, modelo IRUTRON 2000. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.10, n.1, p.122-129, 2005.

SIMON, E. W. Phospholipids and plant membrane permeability. **New Phytologist**, v.73, n.3, p. 377-420, 1974.

SCHUAB, S.R.P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientia Agronomica**. Maringá, v.28, n. 4, p. 553-561, Out./Dez., 2006.

SOUZA, L.F. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

SOUZA, L.F. de et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.1, p.060-067, 2009.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: Efeitos de temperatura e períodos de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.41-45, 1999.

VANZOLINI S.; NAKAGAWA J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n.2, p.151-158, 2005.

VAZQUEZ, G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. 1995. 138 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1995.

VIDAL, M. **Condutividade elétrica massal e individual para determinação do potencial fisiológico de sementes de milho**. 2010. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VIEIRA, R. D. et al. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. **Seed Technology**, Zurich, v.27, n.1, p.67-75, 1999.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 1999. cap. 4, p.1-26.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996.

VIEIRA, R.D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1333-1338, set., 2002.

## **CAPÍTULO II**

### **AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE ARROZ ATRAVÉS DO TESTE DE LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE ARROZ ATRAVÉS DO TESTE DE LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO**

AUTORA: ANA PAULA PICCININ BARBIERI  
ORIENTADOR: NILSON LEMOS DE MENEZES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2011.

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de testes que avaliam de modo rápido a qualidade fisiológica das sementes ainda é uma necessidade para a implementação dos sistemas de controle de qualidade que sustentem a produção de sementes. O presente trabalho teve como objetivo determinar as condições do teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. Cinco lotes de sementes da cultivar IRGA 424 e cinco da cultivar Puitá Inta CL foram submetidos a esse teste, cuja eficiência foi comparada à dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, frio sem solo, comprimento da parte aérea, raiz e total, fitomassa seca, condutividade elétrica massal e emergência de plântulas em campo. A quantidade de potássio exsudado foi determinada em fotômetro de chama, após 30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos de imersão de 50 sementes, em água destilada e deionizada nos volumes de 20 e 50 mL, à 25°C. O teste de lixiviação de potássio é eficiente para avaliar o vigor de sementes de arroz. A combinação de 50 sementes puras embebidas em 50 mL de água destilada e deionizada, à 25°C durante 60 minutos representa o procedimento para classificar lotes de sementes de arroz, em função de sua qualidade fisiológica.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L.. Análise de sementes. Teste de vigor. Qualidade de sementes.

## ABSTRACT

Master Course Dissertation  
Graduation Program in Agronomy  
Universidade Federal de Santa Maria

### EVALUATION OF VIGOUR IN RICE SEEDS THROUGH THE POTASSIUM LEAKAGE TEST

AUTHOR: ANA PAULA PICCININ BARBIERI

ADVISER: NILSON LEMOS DE MENEZES

Defense Place and Date: Santa Maria, February 24<sup>nd</sup>, 2011.

To implement the control systems that sustain the quality seed production, it is necessary the development and refinement of tests that assess quickly the physiological quality of seeds. The aimed this study was to determine the conditions of potassium leaching test to evaluate the vigour of rice seeds. Five seed lots IRGA 424 variety and five seed lots Puita Inta CL variety, they were subjected to this test, whose efficiency was compared with germination tests, first germination count, without soil, length above ground part, (root and total) dry phytomass, electrical conductivity mass and seedlings germination on field. The amount of potassium leachate was determined using a flame photometer, after 30, 60, 90, 120, 150 and 180 minutes of immersion of 50 seeds in distilled and deionised water in volumes of 20 and 50 mL at 25° C. The potassium leachate test is efficient to evaluate the vigour of the rice seeds. The correct procedure to classify lots of rice seeds at function their physiological quality, is the combination 50 pure seeds submerged in 50 mL of distilled and deionized water at 25° C for 60 minutes.

**Key words:** *Oryza sativa* L.. Seed testing. Vigour testing. Seed quality.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A avaliação do potencial das sementes é de fundamental importância para o controle da qualidade, num programa de produção de sementes. Na atualidade, uma das principais exigências em termos de avaliação da qualidade das sementes, refere-se à rapidez na obtenção de resultados confiáveis, permitindo a agilidade das tomadas de decisões, principalmente no que se refere às operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização, o que diminui riscos e custos.

Testes rápidos de vigor são associados com a determinação das atividades enzimáticas e respiratórias e com a integridade da membrana celular, como os testes de tetrazólio e de condutividade elétrica (ABDUL-BAKI; BAKER, 1973).

O processo de deterioração das sementes tem como consequência inicial à desestruturação do sistema de membranas celulares, através da ação de radicais livres (CARVALHO, 1994) e a organização das membranas é máxima na maturidade fisiológica (ABDUL; BAKI, 1980). À medida que as sementes perdem água, ocorre a desorganização das membranas celulares.

Durante o processo de imersão das sementes, ocorre a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, proporcionalmente ao estado de desorganização das membranas e inversamente proporcional à velocidade das membranas se reorganizarem (VIEIRA, 1994). Dentre os lixiviados liberados na solução de imersão estão: açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons orgânicos ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e  $Na^+$ ).

A elevada lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência da redução no vigor das sementes de um lote, causada pela deterioração e por danos de embebição, os quais interagem entre si, pois sementes mais deterioradas são mais susceptíveis ao dano de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATTHEWS; POWELL, 2006).

O teste de lixiviação de potássio baseia-se em princípio semelhante ao do teste de condutividade elétrica, porém visa à determinação da quantidade de íons de potássio liberada pelas sementes durante a imersão (DIAS; MARCOS FILHO, 1995), com a vantagem adicional de fornecer informações sobre a qualidade fisiológica dos lotes em período de tempo consideravelmente reduzido em relação à condutividade elétrica, o que o torna um índice rápido da avaliação do vigor de sementes de algumas espécies.

O íon potássio é o principal elemento em termos de quantidade lixiviada. Muitos íons diferentes permeiam simultaneamente as membranas de células vivas, mas o íon potássio tem a concentração mais elevada e a maior permeabilidade em células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Este íon desempenha papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além de ativar enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese e manter a eletroneutralidade celular. Ao estudarem sementes de milho, Alves et al. (2004) encontraram, na solução de imersão, maior quantidade de potássio lixiviado, do que outros elementos. Tal constatação, igualmente, foi feita em soja por Dias et al. (1997), Vieira et al. (2008) e Fessel et al. (2010). A liberação de potássio e outros íons está diretamente ligada ao estado das membranas celulares (CUSTÓDIO; MARCOS FILHO, 1997; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001; MIGUEL, 2001). Desse modo, a quantidade de potássio liberada por sementes embebidas tem sido utilizada como um indicador da integridade do sistema de membranas celulares (WOODSTOCK et al., 1985).

A lixiviação de potássio tem sido utilizada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de diferentes espécies. Em algodão, a avaliação da quantidade de  $K^+$  liberados pelas sementes embebidas mostrou-se um indicador de qualidade fisiológica mais eficiente do que a quantidade de eletrólitos totais (WOODSTOCK et al., 1985). Em soja, as avaliações feitas aos 60, 90 e 120 minutos mostraram-se adequadas para a identificação de lotes com diferentes níveis de vigor, constituindo-se em um método simples e rápido para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes (DIAS et al., 1997; CUSTÓDIO; MARCOS FILHO, 1997).

Em milho, o teste de lixiviação de potássio foi uma eficiente alternativa para avaliar o vigor das sementes, proporcionando informações rápidas e consistentes, sendo que a combinação de 50 sementes puras imersas em 75 mL de água destilada ou deionizada, à 25°C, durante 30 minutos, é o procedimento mais correto para classificar lotes de sementes de milho em função do seu potencial fisiológico (MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002). Da mesma forma, a utilização de 50 sementes em 50 mL de água, por 2 horas, à 30 °C, foi à combinação mais adequada na separação de lotes de sementes de rúcula com relação ao potencial fisiológico (ALVES; SÁ, 2010). Em sementes de amendoim, a quantidade de potássio lixiviado permitiu a identificação de lotes com diferentes níveis de vigor (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2003, KIKUTI et al., 2008).



A determinação do potássio lixiviado durante a embebição das sementes tem se mostrado como uma alternativa promissora para a obtenção de informações rápidas sobre a qualidade fisiológica das sementes. Sendo assim, o aperfeiçoamento da metodologia de lixiviação de potássio, para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz deve ser priorizado, devido à importância econômica dessa espécie, bem como, a grande necessidade de testes rápidos, reproduzíveis e de fácil execução para um programa de controle da qualidade de sementes.

O presente trabalho teve como objetivo determinar as condições para o teste de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz.

### **3.4 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LPDS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

Foram utilizados dez lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), sendo cinco da cultivar Puitá Inta CL e cinco da cultivar IRGA 424, produzidos na safra 2008/2009, nos quais, primeiramente foi feita a caracterização através das seguintes determinações e testes:

Teor de água: determinado pelo método de estufa a  $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas com circulação forçada de ar, utilizando-se duas repetições para cada lote, conforme Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009).

Germinação: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel umedecidos a 2,5 vezes a massa do papel seco e mantidos em germinador regulado a  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após início do teste, conforme as RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem do teste de germinação: foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio sem solo: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes, distribuídas em rolo de papel toalha, previamente umedecido com água destilada, na

razão de 2,5 vezes a massa do papel seco e submetido à temperatura constante de 10°C, por um período de cinco dias, conforme metodologia proposta pelo Comitê de Vigor, da International Seed Testing Association (ISTA, 1995). Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de 25°C, durante sete dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântulas: utilizaram-se quatro repetições de 15 sementes, as quais foram semeadas em papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato e levadas ao germinador à temperatura de 25°C. As sementes foram semeadas no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal, sendo as avaliações realizadas aos sete dias após semeadura, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de dez plântulas, tomadas ao acaso, de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Fitomassa seca de plântulas: foi determinada em quatro repetições de dez plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântulas, sendo que as repetições foram mantidas em sacos de papel, em estufa a 60 °C, por 48 horas. Em seguida, foi obtida a massa das plântulas, em balança de precisão (0,001g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg plântula<sup>-1</sup>.

Emergência das plântulas em campo: foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes em linhas de 2,0 m de comprimento com espaçamento de 0,20m, em que a semeadura foi feita a uma profundidade média de 0,03m. A avaliação da porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos sete dias após a semeadura.

Teste de condutividade elétrica massal: foi determinado em quatro repetições de 50 sementes para cada lote, para as quais foram determinadas a massa em balança com precisão de 0,001 g, colocadas em copos plásticos com 75 mL de água destilada e deionizada, mantidos em um germinador a 25 °C. Após 24 h, a condutividade elétrica da solução de imersão foi determinada em condutímetro marca Digimed, modelo CD-21. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes.

Depois da caracterização dos lotes foi conduzido o teste de lixiviação de potássio, através do seguinte procedimento:

Lixiviação de Potássio: foram estudados os efeitos do período de imersão (30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos) e do volume de água destilada e deionizada (20 e 50 mL). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes fisicamente puras para cada lote. Determinou-se a massa das sementes em balança de precisão de 0,001g, as quais foram colocadas para embeber em copos plásticos contendo água destilada e deionizada, sendo estes mantidos em germinador, a temperatura de 25°C, durante cada período de imersão. Transcorrido o período de imersão, a solução contendo as sementes foi colocada em frascos de vidro, identificados e encaminhados para a determinação de íons no Laboratório de Solos da UFSM. A determinação de potássio foi feita empregando-se o método de fotometria de chama. Os valores foram expressos em mg do íon potássio.  $\text{kg}^{-1}$  de semente.

Após a obtenção da melhor combinação entre volume de água e período de imersão para a realização do teste de lixiviação de potássio, essa foi avaliada pela sua aplicação em um grupo de lotes de sementes, com o procedimento descrito a seguir.

Doze lotes de sementes de arroz de diferentes cultivares foram submetidos aos testes de germinação, primeira contagem de germinação e emergência de plântulas conforme descrito anteriormente. Para o teste de lixiviação de potássio foram utilizados quatro repetições de 50 sementes que foram imersas em 50 mL de água destilada e a leitura realizada após 60 minutos de imersão das sementes.

Análise estatística: Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado e as análises de variância foram efetuadas no esquema fatorial 6 x 2 (períodos de imersão x volume de água), com quatro repetições por tratamento. A fim de atender as pressuposições da análise de variância, os resultados expressos em porcentagem foram transformados em arcoseno raiz de  $x/100$ , em que  $x$  representa a porcentagem de plântulas normais obtidas pelos testes. Sendo as médias obtidas, comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2008). Também foram calculados os coeficientes de correlação para todas as combinações entre os testes de lixiviação de potássio e os demais testes.

Os dados da etapa final de comprovações da utilidade do teste de lixiviação de potássio foram avaliados com a análise de variância e comparados pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes, determinado no momento da caracterização inicial, para a cultivar IRGA 424, variou de 10,2% a 11,7% entre os lotes de sementes e, para a cultivar Puitá Inta CL, variou de 10% a 11,5% (Tabela 1). Portanto, a pequena variação no teor de água das sementes entre os lotes parece não ser a causa das diferenças observadas nos testes posteriores, como também foi observado por outros autores (VIEIRA; CARVALHO, 1994; MARCOS FILHO, 1999), quando o teor de água apresentou pequena variação entre os lotes.

A Tabela 1 mostra que todos os testes de vigor classificaram os lotes de sementes quanto à qualidade fisiológica, para as duas cultivares, mas os mesmos apresentaram diferentes sensibilidades para detectar o nível de vigor das sementes.

Para a cultivar IRGA 424, os dados do teste de germinação mostraram que as sementes dos lotes: 3, 4 e 5, obtiveram maior porcentagem de plântulas normais do que os lotes 1 e 2. A germinação não definiu completamente a ordem dos lotes quanto a sua qualidade, considerando emergência de plântulas, pois ela é rápida e máxima em condições ótimas de ambiente e, portanto, não prevê o comportamento da semente sob ampla variação das condições do ambiente (MARCOS FILHO, 2005). Isso indica a necessidade da complementação dessas informações através de outros testes.

Na primeira contagem da germinação apenas o lote 1 foi classificado como de qualidade inferior. No teste de frio, os lotes 3, 4 e 5 foram considerados como de maior vigor, o lote 1 como de menor vigor e o lote 2 como de qualidade intermediária. Com base nos resultados do teste de primeira contagem e de frio pode-se deduzir que o lote 1 encontrava-se em estado de deterioração mais avançado do que os demais lotes.

Com relação aos testes de emergência de plântulas e condutividade elétrica massal, os mesmos apresentaram resultados idênticos, estratificando os lotes em dois níveis quanto ao vigor, em que os lotes 3 e 5 destacaram-se como de maior vigor em relação aos lotes 1, 2 e 4 (Tabela 1). As diferenças observadas entre os resultados expressos pelos lotes nestes testes, que não haviam sido detectadas no teste de germinação, podem ser atribuídas ao potencial fisiológico dos lotes testados em situação diferente da ideal. Nas condições de campo, onde a temperatura, a umidade e a presença de patógenos não são controladas, os lotes com

percentagem de germinação semelhante podem diferir quanto ao desempenho em campo, principalmente quando as condições de ambiente desviam-se das ideais (TORRES, 2002).

Os dados de germinação da cultivar Puitá Inta CL (Tabela 1) classificaram os lotes em três níveis, sendo que o lote 1 obteve maior porcentagem de plântulas normais, o lote 4 menor germinação e os lotes 2, 3 e 5 obtiveram porcentagens intermediárias. Com relação aos testes de vigor, primeira contagem do teste de germinação, teste de frio e emergência de plântulas em campo, os mesmos apresentaram resultados semelhantes entre si, os quais classificaram os lotes 1 e 2 como de maior vigor em comparação aos demais lotes. No teste de condutividade elétrica massal, os lotes 1, 3 e 5 foram classificados como de maior vigor, devido a menor lixiviação de eletrólitos e os lotes 2 e 4 como de menor vigor, provavelmente em função do grau de deterioração desses lotes (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), frio sem solo (TF), emergência em campo (EM) e condutividade elétrica massal (CEM) ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ), dos lotes. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamento	Lote	U	G	PC	TF	EM	CEM
Irga 424	1	10,2	75 b	61 b	50 c	68 b	31,73 b
	2	11,7	84 b	78 a	64 b	68 b	35,83 b
	3	11,0	94 a	91 a	84 a	76 a	19,46 a
	4	11,4	88 a	84 a	81 a	70 b	32,60 b
	5	10,2	94 a	90 a	86 a	73 a	17,69 a
CV (%)			7,76	9,98	4,94	3,9	6,02
Puitá Inta CL	1	10,0	96 a	94 a	92 a	79 a	24,40 a
	2	11,3	90 b	89 a	93 a	81 a	30,44 b
	3	10,9	88 b	75 b	74 c	69 b	26,73 a
	4	10,0	78 c	71 b	79 b	68 b	27,92 b
	5	11,5	87 b	78 b	79 b	73 b	26,01 a
CV (%)			5,25	8,25	3,09	5,53	6,79

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p>0,05$ .

Os resultados de comprimento de plântulas (parte aérea, raiz e total) (Tabela 2) para a cultivar IRGA 424, foram semelhantes entre si e classificaram os lotes em dois níveis quanto ao vigor, sendo os lotes 1 e 2 com maior vigor em comparação aos demais, porém os mesmos não estratificaram os lotes de acordo com os outros

testes realizados. Segundo Popinigis (1985), o crescimento das plântulas é um parâmetro muito variável e fortemente influenciado por fatores genéticos e ambientais.

Os resultados de fitomassa seca das plântulas classificaram os lotes 1 e 3 como de maior vigor e os lotes 4 e 5 como de menor vigor, sendo o lote 2 intermediário, não correspondendo a classificação encontrada pelos outros testes. Os dados de comprimento de plântulas para a cultivar Puitá Inta CL (Tabela 2), evidenciaram o lote 1 como de maior vigor em relação aos demais, mesma classificação encontrada na fitomassa seca de plântulas.

Tabela 2 - Comprimento de parte aérea (PA), de raiz (RA), total (TO) e fitomassa seca de plântulas dos lotes de sementes das duas cultivares de arroz. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar	Lote	Comprimento de plântulas (cm)			Fitomassa seca (g)
		PA	RA	TO	
Irga 424	1	3,33 a	6,91 a	10,25 a	0,041 a
	2	3,65 a	6,46 a	10,12 a	0,032 b
	3	2,57 b	5,27 b	7,84 b	0,043 a
	4	2,28 b	5,41 b	7,69 b	0,025 c
	5	2,94 b	5,13 b	8,07 b	0,024 c
CV (%)		11,77	7,54	8,26	13,78
Puitá Inta CL	1	5,07 a	9,29 a	14,36 a	0,066 a
	2	4,32 b	6,45 b	10,78 b	0,042 b
	3	3,48 c	5,34 c	8,82 c	0,037 b
	4	3,65 c	6,19 b	9,85 b	0,03 c
	5	3,71 c	4,72 c	8,43 c	0,029 c
CV (%)		6,33	11,51	7,33	8,45

\*as médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p > 0,05$ .

De acordo com esses resultados, os testes de germinação e vigor apresentaram informações similares sobre o potencial fisiológico, principalmente para os lotes de qualidade superior. Com relação à identificação dos lotes de sementes de vigor intermediário, para as duas cultivares, a mesma ainda representa um desafio para as pesquisas em sementes, uma vez que dependendo do teste realizado, são maiores e/ou menores que o vigor real dos lotes. Esta é uma observação comum entre pesquisadores, especialmente quando os lotes de sementes possuem diferenças estreitas de qualidade (MCDONALD; WILSON, 1979; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002). Porém, os testes de vigor para que sejam

eficientes e utilizáveis pela indústria de sementes devem revelar diferenças de desempenho entre alto e baixo potencial fisiológico de diferentes lotes de sementes. A maioria dos testes destacou os lotes 3 e 5, para a cultivar IRGA 424, e o lote 1, para a cultivar Puitá Inta CL, como sendo os de maior potencial fisiológico.

Os dados do teste de lixiviação de potássio, envolvendo as combinações volume de água/períodos de avaliação, encontram-se nas Tabelas 3 e 4, nas quais constatou-se que as diferentes combinações estratificaram os lotes, para ambas as cultivares, em função do vigor das sementes. Analisando os resultados, verificou-se que a combinação de 50 sementes/20 mL (Tabela 3), possibilitou classificar os lotes, em todos os períodos de avaliação, para as duas cultivares.

Para a cultivar IRGA 424, o lote 5 apresentou-se como de maior vigor, os lotes 1, 2 e 4 como aqueles de menor vigor e o lote 3 como intermediário, na maioria dos períodos de avaliação (Tabela 3). De forma geral, os resultados de lixiviação de potássio, realizado com 50 sementes imersas em 20 mL de água, foram semelhantes quanto à indicação dos lotes em maior e menor qualidade com os de emergência de plântulas em campo e condutividade elétrica massal (Tabela 1). Exceção ocorre para o lote 3, em que o mesmo foi classificado como de alta qualidade na caracterização inicial e no teste de lixiviação apresentou-se como de qualidade intermediária.

Com relação aos lotes da cultivar Puitá Inta CL, para as combinações 50 sementes/20 mL (Tabela 3), o teste de lixiviação de potássio não apresentou concordância com os testes de germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio e emergência de plântulas em campo (Tabela 1), ou seja, enquanto que estes testes definiram como de maior qualidade fisiológica os lotes 1 e 2, o teste de lixiviação de potássio, classificou como de maior vigor os lotes 1, 3 e 5, e como de menor qualidade o lote 2. Por outro lado, verificou-se que os resultados de lixiviação de potássio se relacionaram aos de condutividade elétrica massal, apresentando ordenação semelhante dos lotes aos 60, 90 e 150 minutos após a imersão das sementes em água destilada e deionizada. Isto ocorreu, provavelmente, devido aos princípios semelhantes de ambos os testes, corroborando com os resultados encontrados por Dias et al. (1997).

Tabela 3 - Valores médios (mg do íon potássio. kg<sup>-1</sup> de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes/ 20 mL dos dez lotes de sementes, das duas cultivares de arroz, em cada período de avaliação. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar Lote	Período de avaliação (min)						
	30	60	90	120	150	180	
Irga 424	1	163,0 c	211,2 c	215,5 c	326 b	539 c	587 c
	2	203,5 d	214,0 c	215,5 c	437 c	510 c	635 d
	3	121,5 b	174,0 b	191,5 b	295 b	433 b	450 b
	4	154,0 c	108,7 c	218,0 c	394 c	506 c	561 c
	5	90,0 a	112,5 a	112,5 a	206 a	243 a	239 a
Médias	146,4	164,1	190,6	331,6	446,2	494,4	
CV (%)	8,54	12,04	7,51	14,02	13,96	10,8	
Puitá Inta CL	1	118,5 a	175,2 a	154,2 a	285 a	353 a	375 a
	2	148,7 b	195,5 b	193,2 b	442 c	490 b	504 c
	3	130,7 a	168,5 a	159,2 a	301 a	349 a	379 a
	4	162,7 c	191,0 b	195,0 b	411 c	421 b	435 b
	5	121,7 a	161,5 a	167,2 a	339 b	366 a	336 a
Médias	136,4	178,3	173,7	355,6	395,8	405,8	
CV (%)	7,15	7,65	7,96	9,93	6,62	11,22	

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, p>0,05.

Com relação à combinação 50 sementes/50 mL de água destilada, nos diferentes períodos de avaliação, para as duas cultivares (Tabela 4), verificou-se uma estratificação mais clara dos lotes, assemelhando-se os resultados deste, com os resultados dos testes de caracterização inicial.

Para a cultivar IRGA 424 (Tabela 4), os períodos de avaliação de 60, 120 e 150 minutos, classificaram os lotes 3 e 5 como de maior vigor e os demais como de menor vigor, concordando com os resultados de emergência de plântulas em campo e condutividade elétrica massal. Além disto, o teste de lixiviação de potássio apresentou a vantagem de ser mais rápido (60 minutos de imersão). A avaliação realizada aos 180 minutos, classificou os lotes 1 e 2 como de menor vigor, e os lotes 3, 4 e 5 como de maior qualidade, resultados verificados pelo teste de germinação.

No teste de lixiviação de potássio foi possível destacar, para essa cultivar, o comportamento inferior dos lotes 1, 2 e 4, quando comparados aos lotes 3 e 5 (Tabela 4), já aos 60 minutos de imersão e no volume de água de 50 mL, sendo esses resultados semelhantes aos obtidos nos demais testes de vigor (Tabela 1).



Este teste permite a avaliação do vigor das sementes em menor tempo porque, o início da imersão é acompanhado pela rápida lixiviação de exsudados, principalmente o íon potássio, que é o cátion que está em maior concentração nas membranas e também por possuir maior disponibilidade nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, as sementes mais deterioradas, no caso as dos lotes 1, 2 e 4, liberaram maiores quantidades de potássio e outros exsudados, provavelmente por possuírem as membranas desestruturadas. Porém, nas sementes mais vigorosas, lotes 3 e 5, a reestruturação das membranas foi mais rápida e eficiente, ocorrendo poucos minutos após o início da hidratação, assim, a liberação de potássio decresce até atingir a neutralidade celular, o que é importante para a manutenção do vigor das sementes. O íon potássio é cofator de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, assim se o potássio for lixiviado, esses processos ficarão prejudicados, o que diminuirá a qualidade das sementes.

Para a cultivar Puitá Inta CL (Tabela 4), a combinação 50 sementes/50 mL estratificou os lotes em diferentes níveis de vigor até os 90 minutos de avaliação, a partir desse período não houve diferença significativa entre os lotes. Nos períodos de avaliação de 30 e 60 minutos, houve a classificação do lote 1 como de qualidade fisiológica superior aos demais, resultado este semelhante ao do teste de germinação, comprimento de plântulas (parte aérea, raiz e total) e fitomassa seca de plântulas, que obtiveram a mesma classificação. No entanto, para o período de 90 minutos, os lotes 1 e 5 foram considerados como de maior vigor, resultado este que se assemelha ao do teste de condutividade elétrica massal.

Tabela 4 - Valores médios (mg do íon potássio. kg<sup>-1</sup> de semente) do teste de lixiviação de potássio na combinação 50 sementes/ 50 mL dos dez lotes de sementes, das duas cultivares de arroz, em cada período de avaliação. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Cultivar Lote	Período de avaliação (min)						
	30	60	90	120	150	180	
Irga 424	1	104,0 c	120,2 c	153,0 c	177,7 b	160,0 b	211,2 b
	2	138,0 d	141,2 c	186,0 d	220,2 b	209,2 b	247,0 b
	3	65,0 b	52,0 a	102,0 b	136,7 a	101,0 a	139,0 a
	4	110,0 c	88,7 b	152,2 c	179,0 b	209,2 b	173,0 a
	5	46,0 a	42,7 a	71,2 a	86,7 a	73,25 a	119,7 a
Médias	92,6	88,9	132,8	160,1	150,5	177,98	
CV (%)	8,54	12,04	7,51	14,02	13,96	10,8	
Puitá Inta CL	1	61,2 a	69,2 a	101,0 a	118,7 a	145,2 a	161,0 a
	2	107,0 c	89,2 b	136,2 b	162,7 a	149,7 a	185,7 a
	3	84,0 b	96,0 b	129,0 b	133,7 a	136,7 a	141,7 a
	4	103,2 c	104,7 b	117,2 b	149,7 a	157,2 a	160,0 a
	5	75,0 b	89,2 b	100,7 a	119,2 a	138,2 a	136,7 a
Médias	86,1	89,6	116,8	136,8	145,4	157,0	
CV (%)	7,15	7,65	7,96	9,93	6,62	11,22	

\*as médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p > 0,05$ .

As pesquisas com condutividade elétrica e lixiviação de potássio apresentam resultados similares no ranqueamento do potencial fisiológico dos lotes de sementes. A principal diferença entre esses testes é a rapidez de informação, que permite decisões rápidas em programas de controle de qualidade de sementes.

O teste de condutividade elétrica, que tem base no mesmo princípio, fornece resultados apenas depois de uma imersão de um período de 24 horas, quando realizado de acordo com o procedimento atual (AOSA, 1983). Woodstock et al. (1985) relataram que a avaliação de potássio e cálcio, liberados durante a embebição das sementes, foi melhor para a avaliação do vigor do que o total de eletrólitos avaliado pelo teste de condutividade elétrica.

As correlações entre os dados de lixiviação de potássio e os testes convencionais foram determinadas para cada tempo de imersão (30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos) e estão descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os dados obtidos pelo teste de lixiviação de potássio com 50 sementes imersas em 20 e 50 mL de água destilada e os demais testes: germinação (G), primeira contagem (PC), frio (F), comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CRA) e total (CTO), fitomassa seca (FMS), emergência (EM) e condutividade elétrica massal (CEM), para as duas cultivares. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

		G	PC	F	CPA	CRA	CTO	FMS	EM	CEM			
20mL	IRGA	30	-0,68	-0,58	-0,68	0,54	0,75	0,70	0,19	-0,78	0,91*		
		60	-0,65	-0,64	-0,79	0,77	0,84	0,85	0,74	-0,40	0,47		
		90	-0,62	-0,54	-0,57	0,105	0,6	0,41	0,43	-0,52	0,76		
		424	120	-0,46	-0,34	-0,42	0,23	0,49	0,41	0,045	-0,64	0,83	
		150	-0,72	-0,65	-0,67	0,18	0,69	0,51	0,46	-0,6	0,81		
		180	-0,71	-0,62	-0,67	0,31	0,72	0,58	0,35	-0,68	0,87		
	Puita Intá CL	30	-0,75	-0,43	-0,05	-0,34	-0,19	-0,23	-0,46	-0,27	0,75		
		60	-0,22	0,17	0,52	0,2	0,23	0,23	0,034	0,33	0,58		
		90	-0,65	-0,27	0,13	-0,25	-0,25	-0,25	-0,49	-0,02	0,83		
		120	-0,52	-0,15	0,24	-0,18	-0,26	-0,24	-0,45	0,13	0,86		
		150	-0,24	0,13	0,48	0,057	-0,06	-0,03	-0,19	0,39	0,77		
		180	-0,16	0,18	0,49	0,13	0,12	0,13	-0,01	0,37	0,67		
		50mL	IRGA	30	-0,66	-0,55	-0,63	0,44	0,69	0,62	0,05	-0,82	0,94*
				60	-0,82	-0,75	-0,83	0,67	0,88*	0,84	0,17	-0,9*	0,95*
				90	-0,71	-0,61	-0,67	0,44	0,73	0,65	0,13	-0,81	0,94*
424	120			-0,65	-0,55	-0,64	0,41	0,7	0,61	0,21	-0,73	0,9*	
150	-0,56			-0,45	-0,47	0,187	0,52	0,41	-0,10	-0,77	0,92*		
180	-0,78			-0,7	-0,8	0,69	0,86	0,84	0,21	-0,85	0,91*		
Puita Intá CL	30		-0,63	-0,37	-0,03	-0,42	-0,4	-0,41	-0,56	-0,13	0,94*		
	60		-0,92*	-0,9*	-0,67	-0,9*	-0,73	-0,78	-0,9*	-0,74	-0,76		
	90		-0,17	-0,12	0,004	-0,29	-0,27	-0,28	-0,25	0,024	0,73		
	120	-0,40	-0,11	0,21	-0,17	-0,15	-0,15	-0,29	0,1	0,83			
	150	-0,47	-0,04	0,35	0,16	0,3	0,27	-0,02	0,05	0,37			
	180	0,15	0,54	0,8	0,51	0,45	0,48	0,34	0,66	0,36			

\* Significativos a 5%.

Os valores de lixiviação de potássio, com volume de água de 20 mL não se correlacionaram com os outros testes, exceto aos 30 minutos de imersão, em que houve correlação positiva com a condutividade elétrica massal, para a cultivar IRGA 424 (Tabela 5). No volume de água de 50 mL, para a cultivar IRGA 424, em todos os períodos de imersão, houve correlação positiva e significativa com a condutividade

elétrica massal. No período de 60 minutos, para a cultivar Irga 424, houve correlação negativa e significativa entre os valores de lixiviação de potássio e emergência de plântulas em campo. Os resultados da correlação significativa ( $P < 0,05$ ) e negativa, entre o teste de lixiviação de potássio e a emergência das plântulas em casa de vegetação foram similares aos encontrados por Alves e Sá (2010), em sementes de rúcula e por Ávila et al. (2005), em sementes canola, porém neste caso, com o teste de condutividade elétrica.

Para a cultivar Puitá Inta CL, no período de imersão de 60 minutos, houve correlação negativa e significativa entre os dados do teste de lixiviação de potássio, e os testes de germinação, primeira contagem, comprimento de parte aérea e fitomassa seca. Em virtude desses testes avaliarem diferentes aspectos da qualidade fisiológica das sementes, a correlação entre eles não era esperada, como foi observado para a cultivar IRGA 424 e nos outros períodos de imersão, porém isso também foi observado por outros autores, como Rosa et al. (2000), em sementes de milho.

A análise de correlação mostrou a existência de relacionamento entre a combinação de 50 sementes em 50 mL, imersas por 60 minutos, para o teste de lixiviação de potássio com a emergência, para a cultivar IRGA 424 e com o crescimento de plântulas para a cultivar Puitá Inta CL, o que se poderia chamar de uma correlação forte, visto que os coeficientes de correlação linear são maiores do que 0,9. A partir desta observação admite-se que, ao usar sementes de um mesmo lote homogêneo, ocorrerão variações proporcionais e com sentidos opostos, nos referidos testes, visto que as correlações foram negativas, as quais acredita-se que se devam a qualidade das sementes. Desse modo, se o teste de lixiviação de potássio foi capaz de indicar as variações no crescimento ou emergência das plântulas, poder-se-ia classificá-lo como eficiente para separar lotes de sementes de arroz em função do vigor, tal como foi apontado em outras culturas por diversos autores (DIAS et al., 1997; ÁVILA et al., 2005; KIKUTI et al., 2008; ALVES; SÁ, 2010).

Na tabela 6, estão apresentados os valores médios dos resultados do teste de germinação, primeira contagem de germinação e emergência em campo que foram comparados ao teste de lixiviação de potássio (50 sementes/50 mL/ 60 minutos) para confirmar os resultados obtidos, como sendo esta a melhor combinação pra avaliar o potencial fisiológico das sementes.

Através da análise da germinação das sementes, não foi observada diferença estatística significativa entre os lotes. Isso porque as condições ideais da realização do teste de germinação nem sempre permitem observar as pequenas diferenças no potencial de qualidade dos lotes (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Assim, diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante estão associadas ao fato de que os primeiros sinais da deterioração ocorrem antes da perda da viabilidade. Os resultados da primeira contagem de germinação classificaram os lotes em dois níveis de vigor, sendo os lotes 8 e 9 como de menor vigor em relação aos demais.

Tabela 6 - Valores médios da germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), emergência em campo (EM) e lixiviação de potássio (LK), de 12 lotes de arroz. UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Lote	G (%)	PC (%)	E (%)	LK (mgK <sup>+</sup> )
1	92 a	90 a	89 a	37,89 a
2	96 a	91 a	92 a	35,21 a
3	90 a	85 a	83 b	40,17 a
4	96 a	94 a	95 a	38,74 a
5	95 a	90 a	89 a	41,20 a
6	95 a	94 a	83 b	69,50 b
7	94 a	92 a	84 b	86,38 c
8	92 a	72 b	77 c	111,36 d
9	87 a	78 b	87 a	65,15 b
10	94 a	93 a	89 a	35,57 a
11	93 a	90 a	85 b	32,38 a
12	91 a	86 a	84 b	80,02 c
CV(%)	3,88	5,1	4,23	9,06

\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott,  $p < 0,05$ .

A emergência das plântulas separou os lotes em três níveis, destacando os lotes 1, 2, 4, 5, 9 e 10 como de maior vigor, o lote 8 como de menor potencial e os demais como intermediários. O teste de lixiviação de potássio destacou os lotes 1, 2, 3, 4, 5, 10 e 11 como de maior potencial e o lote 8 como o de menor vigor, concordando parcialmente com os resultados dos outros testes. Esses resultados são coerentes, pois de acordo com Marcos Filho (2005), é esperado que os testes de vigor permitam distinguir, com segurança, os lotes de alto e baixo vigor e, que as diferenças detectadas estejam relacionadas às características da semente e ao comportamento das sementes no armazenamento e campo.

Além disso, os testes de vigor, além de ranquear os lotes, devem associar-se ao desempenho das plântulas em campo, a fim de um monitoramento da eficiência dos procedimentos adotados em laboratório (MARCOS FILHO, 1999), o que foi conseguido neste trabalho, comprovando, nessas condições, ser um teste bastante promissor na separação de diferentes níveis de vigor em sementes de arroz.

### **3.6 CONCLUSÃO**

O teste de lixiviação de potássio é eficiente para avaliar o vigor de sementes de arroz. A combinação de 50 sementes puras imersas em 50 mL de água destilada e deionizada, à 25 °C durante 60 minutos representa o procedimento para classificar lotes de sementes de arroz, em função de sua qualidade fisiológica.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A.A.; BAKER, J.E. Are changes in cellular organelles or membranes related to vigor loss in seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, p.89-125, 1973.
- ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.6, p.765-771, Dez. 1980.
- ALVES, C.Z.; SÁ, M.E. de. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.2, p.108-116, 2010.
- ALVES, E. et al. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.2, p.119-125, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- AVILA, M.R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.1, p.62-70, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.
- CUSTODIO, C.C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.3, p.549-564, 1997.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p. 427-52, 1973.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELLO, Q.A.C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.24, p.7-18, 1997.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v.6, p.36-41, 2008.

FESSEL, S.A et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.207-214, 2010.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA **Handbook of vigor test methods**. 3 ed. Zurich, 1995. 117p.

KIKUTI, H. et al. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.30, n.1, p.10-18, 2008.

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

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity vigour test: physiological basic and use. **ISTA News Bulletin**, Zurich, n.131, p.32-35, Abr. 2006.

McDONALD, M.B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, v.4, p.1-11, 1979.

MIGUEL, M.V.C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho através do teste de lixiviação de potássio**. Piracicaba, São Paulo, 2001. 113 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MIGUEL, M.V.C; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.315-319, abr/jun. 2002.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, Lansing, v.23, n.2, p.151-161, 2001.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

ROSA, S. D. V. F. et al. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.54-63, 2000.

SIMON, E. W. Phospholipids and plant membrane permeability. **New Phytologist**, v.73, n.3, p. 377-420, 1974.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, 4 ed, 2009. 819 p.



TORRES, S.B. **Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ, Piracicaba, 2002.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n.2, p.7-12, 2003.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.D. et al. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.65, n.5, p.496-501, Set/Out, 2008.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K.; LEFFLER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism and mineral leaching from cotton seeds. **Crop Science**, Madison, v.25, p.459-466, 1985.