

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL/PR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

COMPARAÇÃO DE TESTES PARA ANÁLISE DE VIGOR EM SEMENTES DE SOJA
E SUA RELAÇÃO COM A EMERGÊNCIA EM CAMPO

MÁRCIA SANTORUM

CASCAVEL

2011

MÁRCIA SANTORUM

**COMPARAÇÃO DE TESTES PARA ANÁLISE DE VIGOR EM SEMENTES DE SOJA E
SUA RELAÇÃO COM A EMERGÊNCIA EM CAMPO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Sistemas Agroindustriais**.

Orientadora: Prof^a. Dra. Lúcia Helena Pereira Nóbrega

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Godoy de Souza

Cascavel- Paraná - Brasil
2011

Márcia Santorum

Comparação de testes para análise de vigor em sementes de soja e sua relação com a emergência em campo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Sistemas Agroindustriais, aprovada pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof^a. Dra. Lúcia Helena Pereira Nóbrega
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIOESTE

Prof^a. Dra. Nádia Canali Lângaro
Departamento de Agronomia – Universidade de Passo Fundo - UPF

Prof. Dr. Walter Boller
Departamento de Agronomia – Universidade de Passo Fundo - UPF

Cascavel, 2011

BIOGRAFIA

Nascimento: 05 de julho de 1982.

Local: Catanduvas /PR.

Graduação: Licenciatura plena em Ciências Biológicas / UNIPAR- Cascavel - 2008

“Há quem diga que todas as noites são de sonhos.
Mas há também quem garanta que nem todas...só as de verão.
Mas, no fundo, isso não tem muita importância.
O que interessa mesmo não são as noites em si, mas os sonhos.
Sonhos que o homem sonha sempre, em todos os lugares, em todas as épocas do
ano, dormindo ou acordado.”

Shakespeare

Dedico este trabalho às pessoas que acreditaram nos meus sonhos e ajudaram a
torná-los realidade.

Agradecimentos

A Deus, por ter dado forças para continuar e por me guiar sempre;

Aos meus pais Emilio e Lucia Santorum, por lutarem sempre para que eu chegasse até aqui, aos meus irmãos Mauro e Marildo, pelo apoio e dedicação, à minha irmã Marilucia por estar perto em todos os momentos em que mais precisei, inclusive ajudando nas avaliações;

À minha orientadora professora Doutora Lúcia Helena Pereira Nóbrega, pela oportunidade oferecida, por acreditar em mim e compartilhar seu conhecimento comigo, por ter sido muito mais que orientadora, por ter sido mãe, amiga e por ter me ajudado em um dos momentos mais difíceis de minha vida;

Ao meu co-orientador professor Doutor Eduardo Godoy de Souza, pelo apoio e auxílio estatístico;

Meus agradecimentos também à profa Mestre Claudia Tatiana Araújo Cruz-Silva pela primeira oportunidade oferecida, por ter me dado o primeiro impulso em busca do conhecimento, a partir de pesquisas;

À profa Doutora Andréia Maria Teixeira Fortes pela grande oportunidade de trabalhar em seu projeto e por todas as experiências compartilhadas;

Aos meus amigos Gislaine, Danielle, Márcia M., Márcia K., Diego, Samara, Fábio, Rodrigo, Micheli, Ariane, Jaqueline e Francielle, pelos momentos de descontração, pelo auxílio nas dúvidas e montagem dos experimentos, não medindo esforços para realização dos mesmos;

Aos meus amigos do coração Ligia, Juliano, Junior, Jessé, Márcio, André, Fernando, Niva, Maria, Romildo, Euclides, Claudinha, Carla, Daniel, Simone, Jaqueline, Cristiana e Roberta, pela força positiva que passaram durante todo esse tempo;

À Delma, por ter me ajudado a superar os obstáculos e acreditar mais em mim;

À COODETEC pela disponibilidade de sementes e da área para montagem do experimento em campo, principalmente à Margarete, técnica do Laboratório de Sementes e ao Engenheiro Agrônomo Mestre Celso Ari Palagi;

Aos membros da banca: Prof. Doutor Walter Boller e Profa Doutora Nádia Canali Lângaro, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas contribuições;

Aos docentes da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIOESTE;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), pela oportunidade e

À CAPES e à Fundação Araucária, pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Soja.....	3
2.2 Histórico e importância econômica da soja.....	3
2.3 Qualidade de sementes.....	4
2.3.1 Germinação.....	8
2.4.2 Testes de vigor – Potencial fisiológico e vigor de sementes	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Avaliação das sementes em laboratório	30
3.2 Avaliações das sementes em campo	30
3.1.1 Testes de qualidade de sementes	31
3.1.2 Testes de vigor de sementes.....	34
3.2 Emergência em campo.....	42
3.2.1 Porcentagem de emergência das plântulas no campo	43
3.3 Delineamento experimental.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Análises em laboratório	49
4.2 Testes em campo.....	72
4.3 Análise de regressão.....	87
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6 CONCLUSÃO	90
7 REFERÊNCIAS	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação das cultivares de sementes por tamanho, em peneiras de 5 a 8 mm, com variações de 0,5 em 0,5 mm de diâmetro	30
Tabela 2 Valores de teor de água das cultivares na colheita (COODETEC) e teor de água determinado na entrada do laboratório para auxiliar nas análises dos testes realizados.....	48
Tabela 3 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para o teste de germinação (plântulas normais, anormais e sementes mortas); índice de velocidade de germinação (IVG); velocidade de germinação (VG); coeficiente de velocidade de germinação (CVG)	49
Tabela 4 Porcentagem média de plântulas normais, anormais, mortas, índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) em dias, e coeficiente de velocidade de germinação (CVG), obtidas pelos teste de germinação	50
Tabela 5 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para os dados de vigor determinado pelo teste de envelhecimento acelerado (EA) para sementes de cultivares de soja	52
Tabela 6 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais, sementes não-germinadas e mortas avaliadas pelo teste de envelhecimento acelerado para sementes de cultivares de soja	53
Tabela 7 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros plântulas normais, anormais e sementes mortas do vigor determinado pelo teste de deterioração controlada de sementes de cultivares de soja	54
Tabela 8 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais e sementes mortas obtidas pelo teste de deterioração controlada de sementes de cultivares de soja.....	55
Tabela 9 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros plântulas normais, anormais e mortas do teste de frio em sementes de cultivares de soja	56
Tabela 10 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais e sementes mortas obtidas pelo teste de frio em sementes de cultivares de soja.....	57
Tabela11 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para emergência em areia; índice de velocidade de emergência em areia (IVE); velocidade de emergência em areia (IVE); coeficiente de velocidade de emergência em areia (CVE); massa verde de raiz; massa verde de parte aérea; massa seca de raiz; massa seca de parte aérea; comprimento de raiz e altura de parte aérea de plântulas de soja	58
Tabela 12 Médias em porcentagem de plantas emersas, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e coeficiente de velocidade de emergência obtidos no teste de emergência em areia.....	59

Tabela 13 Médias de massa verde de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz e comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de soja obtidas no teste de emergência em areia.....	60
Tabela 14 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros avaliados pelo teste de tetrazólio	61
Tabela 15 Porcentagens médias de sementes sem dano (SD), vigor e viabilidade obtidas pelo teste de tetrazólio.....	62
Tabela 16 Porcentagens médias de dano mecânico 1-8, dano mecânico 6-8, dano por umidade 1-8, dano por umidade 6-8, dano por ataque de percevejo 1-8, sementes sem danos (SD), vigor, viabilidade obtidos pelo teste de tetrazólio.....	62
Tabela 17 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para determinação de massa de 100 sementes, condutividade elétrica e sementes entumescidas do teste de hipoclorito de sódio	64
Tabela 18 Médias de massa de 100 sementes, de condutividade elétrica e média de porcentagem de sementes entumescidas do teste de hipoclorito de sódio	65
Tabela 19 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) do teste de crescimento de plântulas	67
Tabela 20 Médias de altura de parte aérea, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz obtidas pelo teste de crescimento de plântulas em laboratório.....	68
Tabela 21 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) do teste pureza	70
Tabela 22 Porcentagens médias de sementes puras, quebradas, sem tegumento, trincadas e atacadas por percevejos e infestadas obtidas pelo teste de pureza.....	71
Tabela 23 Resumo de análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e Coeficiente de variação (CV) para emergência em campo, índice de velocidade de emergência em campo (IVE), velocidade de emergência em campo (VE), Coeficiente de velocidade de emergência em campo (CVE), altura e comprimento de plântula, massa seca das plântulas de soja	72
Tabela 24 Médias de porcentagem de emergência, altura de plântula, massa seca de plântula, índice de velocidade de emergência em campo (IVE), velocidade de emergência em campo (VE) e coeficiente de velocidade de germinação (CVE) obtidas pelo teste de emergência em campo de sementes de soja	73
Tabela 25 Valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e suas interpretações	76
Tabela 26 Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os testes de emergência em campo, de germinação e de vigor das sementes de soja, obtidos com base nas médias das cinco cultivares de soja	77

Tabela 27 Modelos ajustados, por mínimos quadrados, a emergência em campo em função de testes para avaliação de vigor, viabilidade e crescimento de plântulas e respectivos R2	87
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Vista das peneiras sobrepostas para as análises de classificação das sementes.	29
Figura 2 Estufas utilizadas na realização de ensaios experimentais de germinação de sementes e análise de plântulas na COODETEC – Cascavel.....	31
Figura 3 Sistema de irrigação utilizado nos experimentos realizados na COODETEC - Cascavel.	31
Figura 4 Vista de uma das bandejas no teste de emergência em areia.....	33
Figura 5 Imagem da esquerda plântulas após lavagem, corte e medida da parte aérea e raiz, prontas para pesagem. Imagem da direita, pesagem de massa verde da parte aérea.....	38
Figura 6 A esquerda, sementes seccionadas longitudinalmente com auxílio do bisturi, prontas para observação e análise. A direita, semente com danificação por picada de percevejo.	40
Figura 7 Vista do tabuleiro utilizado para semeadura de sementes de soja em campo.	42
Figura 8 Mensuração de plântula.	45
Figura 9 Plântulas sendo cortadas rente ao solo para determinação de massa seca..	45

RESUMO

Comparação de testes para análise de vigor em sementes de soja e sua relação com a emergência em campo

Um dos maiores problemas na produção de sementes de soja é obter uma semente vigorosa que possa emergir sob larga faixa de condições no campo. Se algum fator compromete a germinação das sementes e a emergência das plântulas, compromete, também, o estande da cultura. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar testes utilizados para a identificação de vigor em sementes de soja, relacionando, após a comparação, testes que possam proporcionar resultados mais rápidos, e estabelecer um modelo que correlacione o vigor das sementes determinado em laboratório com a emergência em campo. O trabalho foi realizado no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas (LASP) da Unioeste – campus de Cascavel e em campo, na COODETEC – Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, no município de Cascavel. Foram utilizados cinco cultivares de soja, produzidos no ano agrícola 08/09, oriundos da COODETEC, sob iguais condições de manejo e colheita (mecânica) e com características morfológicas diferenciadas. Os testes empregados foram determinação do teor de água, germinação, emergência em areia, pureza, imersão em hipoclorito de sódio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, teste de frio, crescimento de plântulas, condutividade elétrica, tetrazólio, porcentagem de emergência e comprimento das plântulas no campo e massa seca de plântula. O delineamento experimental, utilizado para os testes foi inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se a partir dos resultados que as três cultivares que se destacaram na maioria dos testes, também apresentaram melhor emergência em campo. Dentre os testes analisados pode-se concluir que envelhecimento acelerado, deterioração controlada e tetrazólio, apresentaram respostas mais próximas a emergência em campo. Pela análise de correlação pode-se concluir que as melhores correlações com emergência em campo foram observadas pelos testes de deterioração controlada, velocidade de emergência em areia, coeficiente de velocidade de emergência em areia, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação e tetrazólio para sementes sem danos. O modelo de regressão múltipla ajustado para explicar a emergência em campo contemplou a velocidade de emergência em areia (VE), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o índice de velocidade de emergência em areia (IVE), como variáveis que correlacionam melhor o vigor das sementes com a emergência em campo.

Palavras-chave: qualidade de sementes, modelo experimental de regressão, germinação.

ABSTRACT

Comparison of tests for analysis of soybean seed vigor and its relationship to field emergence

One of the biggest problems in the production of soya is to get a vigorous seed that can emerge under wide range of conditions in the field. If some factor threatens seed germination and seedling emergence, it threatens also the stand of crop. Thus, the objective of this work was to compare the tests used to identify vigor in soybean seeds relating after comparison, tests that can be used with lower cost and faster results, and establish a model that correlates seeds' vigor given in the laboratory with field emergence. The work was conducted at the Laboratory for Seeds and Plants Evaluation (LASP), Unioeste - Campus Cascavel and in field at the COODETEC – Central Cooperative for Agricultural Research, in Cascavel. Soybean seeds were harvested with mechanical harvesters. Five cultivars of soybeans produced in crop year 08/09 from COODETEC, under the same conditions of management and harvesting and with different morphological characteristics were used. The tests used included determination of moisture content, germination, emergence in sand, purity, immersion in sodium hypochlorite, accelerated aging, controlled deterioration, cold test, seedling growth, electrical conductivity, tetrazolium, emergence percentage and seedling length in field and seedling dry weight. The experimental design used for tests was randomized and the resulting means were compared by the Tukey test at 5% significance level. It was observed from the results that the three cultivars that stood out in most of tests also showed better field emergence. Among the analyzed tests, it can be concluded that the controlled deterioration, tetrazolium, purity, germination speed index emergence speed and emergence speed coefficient in sand showed closer to the emergency response in field. A multiple regression model was then adjusted to account for the emergence in the field, which included the emergence speed in sand (ES), the germination speed index (GSI) and the emergence speed index in sand as variables correlating better seed vigor with field emergence.

keywords: seeds quality, experimental regression design, germination

1 INTRODUÇÃO

A soja é excelente fonte de proteína e óleo e, por esse motivo, é hoje um dos produtos agrícolas de maior importância na economia brasileira. É muito utilizada na alimentação humana e animal e apresenta inúmeras aplicações na exportação do país. Pode-se destacar os principais produtores como sendo os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e Índia (PINAZZA, 2007).

A semente é a base de todo o avanço da cultura, sendo um insumo de grande importância no processo produtivo, e sua qualidade é considerada elemento indispensável no sucesso de uma cultura.

A obtenção de sementes de boa qualidade tem sido uma preocupação entre grande parte das regiões produtoras de soja no Brasil, além do setor sementeiro. Sementes de baixa qualidade podem prejudicar o desenvolvimento da planta, afetando, dessa forma, o estabelecimento da cultura e até a produtividade final.

A qualidade da semente é determinada por um conjunto de fatores que interferem desde as condições sob as quais ela foi produzida até a semeadura.

Trabalhos (Vanzolini *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2005; Krzyzanowski *et al.*, 2006; Krzyzanowski *et al.*, 2008b) têm sido conduzidos com o propósito de avaliar os processos fisiológicos e bioquímicos e as condições ambientais durante o desenvolvimento e maturação que possam causar a redução da qualidade da semente durante o desenvolvimento no campo e no armazenamento. Vários são, também, os trabalhos que relatam os danos mecânicos que a semente sofre nos processos de colheita, secagem e beneficiamento (NÓBREGA *et al.*, 2007; MARCONDES *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2001a; FLOR *et al.*, 2004). A evolução da tecnologia nesse sentido tem sido satisfatória.

O estabelecimento de uma lavoura com população adequada de plantas é um dos fatores que assegura o sucesso da produção e a obtenção de altos rendimentos, mas para que isso ocorra é necessária a utilização de sementes de excelente qualidade. A utilização de sementes de soja de baixa qualidade pode resultar na perda da produção, implicando em nova semeadura e prejuízos significativos aos produtores, principalmente em termos de custo de produção (PINTO, 2006).

Muitas vezes, uma semente classificada como de excelente qualidade em testes de laboratório, pode não apresentar o mesmo desempenho sob condições de campo. Se algum fator compromete a germinação das sementes e a emergência das plântulas, compromete, também, o estande da cultura. As condições de temperatura e umidade em testes de laboratório são favoráveis à germinação e ao desenvolvimento

da plântula, e essas mesmas condições podem, também, ocorrer no campo no momento da semeadura. Se o estande for baixo pode-se supor que, no momento da semeadura, a semente perdeu qualidade pela interferência de algum fator não considerado, o qual prejudicou o vigor da mesma e, conseqüentemente, seu desempenho durante a emergência. Também, a semente pode perder qualidade durante o armazenamento, mesmo depois de avaliada em laboratório e classificada como sendo de boa qualidade, podendo, após a semeadura, emergir com estandes irregulares (NÓBREGA, 1998).

Para resolver esses problemas de perda de vigor, desenvolveram-se vários testes para avaliação. Porém, nem todos representam de forma clara a emergência em campo e, assim, fazem-se necessários estudos dos mesmos, tentando representar o desenvolvimento que as sementes teriam em campo, com os testes de laboratório.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivos comparar testes utilizados para identificação de vigor de sementes de soja para definir quais são mais eficientes e relacionar, após a comparação, testes que possam ser utilizados com resultados mais rápidos e estabelecer um modelo que possa correlacionar o vigor das sementes determinado em laboratório com a emergência em campo, em cultivares de soja convencionais e transgênicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja

A soja [*Glycine max* (L. Merrill)] é uma planta herbácea, dicotiledônea pertencente à família Fabaceae. O caule é ramoso, com 80 a 150 cm de comprimento. As folhas são longopeciadas, com folíolos cordiformes. As flores são reunidas em cachos curtos, axilares, sésseis, de cor branca, violácea ou amarela, conforme a cultivar. As vagens levemente arqueadas, peludas, apresentam de uma a cinco sementes. As sementes são lisas, ovóides, globosas ou elípticas, possuem hilo quase sempre castanho (GOMES, 1975; BERGAMIN; CANCIAN; CASTRO, 1999).

Uma semente madura de soja é constituída, essencialmente, de um fino tegumento, dois cotilédones, um eixo hipocótilo-radícula e uma plúmula. O hilo é o ponto pelo qual a semente se liga ao fruto, localizado na superfície do tegumento (ASSOCIATED SEED GROWERS, 1949) e, segundo Rossini *et al.* (1995), é parte do tegumento e, como tal, é proveniente de tecido materno; dessa forma, se não ocorrer mutação, a cor do hilo será idêntica em todas as sementes da mesma planta.

Os dois cotilédones estão ligados um ao outro na porção apical do hipocótilo e abrigam a plúmula entre eles. O eixo hipocótilo-radícula está localizado próximo ao tegumento da semente, e esta posição característicamente torna-o suscetível aos danos durante as operações mecânicas (ASSOCIATED SEED GROWERS, 1949).

A semente madura é frequentemente esférica, com um embrião grande e bem desenvolvido, envolto por um fino tegumento. Quando a semente perde muita água, torna-se seca e quebradiça e podem ocorrer rupturas no tegumento e nos cotilédones, e/ou danos no eixo hipocótilo-radícula (TEKRONY *et al.*, 1980).

2.2 Histórico e importância econômica da soja

A evolução da soja foi a partir de cruzamentos naturais de espécies selvagens, as quais foram domesticadas por cientistas da antiga China (EMBRAPA SOJA, 2008). Nativa do sudoeste da Ásia, foi implantada no Brasil no início do século passado, objetivando a alimentação de animais (SEPROTEC, 2008).

Até a década de 1940 não tinha importância econômica no contexto agrícola nacional e, por apresentar pequena produção, não participava dos levantamentos estatísticos. A sua expansão pode ser observada nas décadas de 1970 e 1980, com

maior concentração nos estados produtores da região Sul (TANAKA & MASCARENHAS, 1992).

A soja está entre os quatro grãos mais produzidos no mundo, ficando o Brasil em segundo lugar na produção mundial, com 23,6%, atrás apenas dos Estados Unidos, que produz 39,6%. O estado do Paraná é o segundo maior produtor da cultura, assumindo 22,65% da produção nacional (SEPROTEC, 2007). O Brasil ainda apresenta claras indicações de que no decorrer desta década será o primeiro produtor mundial, visto que os outros países apresentam limitações de áreas para expansão da leguminosa (EMBRAPA SOJA, 2008).

Em razão da importância da cultura da soja para o agronegócio brasileiro, procura-se aumentar sua produção por meio do incremento na área cultivada e/ou do rendimento por área. Dessa forma, o uso de sementes de alta qualidade assume papel fundamental (GUARNIERI, 2006).

Pelo fato de haver boa aceitação das novas tecnologias, por parte dos produtores, que são desenvolvidas no país e da associação aos programas de melhoramento genético, consegue-se obter produtividades superiores a 3000 kg ha⁻¹ em várias regiões do país (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

Segundo Teixeira *et al.* (2008), a grande adaptação da soja em diversas regiões do país e o aumento expressivo da produtividade se devem principalmente ao melhoramento genético dessa cultura.

Porém, independente de serem utilizadas sementes convencionais ou geneticamente modificadas, todo o cuidado deve ser tomado na sua produção para que se possa obter sementes de boa qualidade, já que são elas fundamentais para o bom desempenho de plântula e, conseqüentemente, excelentes resultados na produção e no rendimento final.

2.3 Qualidade de sementes

Na agricultura primitiva, a prática, ensinou que somente as sementes de boa qualidade deveriam ser selecionadas, com o desenvolvimento do comércio nacional e internacional, esse assunto passou a ser debatido muito mais, principalmente por questões negativas. O comércio, muitas vezes realizado de forma desonesta ou até mesmo por falta de conhecimento dos envolvidos, na Europa e Américas no século XIX, apressou o surgimento das primeiras leis de produção e comércio de sementes (HAMPSON, 2001).

A partir desse período, com a crescente modernização da agricultura, observa-

se a exigência de mudanças profundas no sentido da racionalização do processo produtivo. Dentre os insumos do setor agrícola, a semente ocupa papel fundamental em todo o sistema de produção que busca a otimização de padrões quantitativos e qualitativos. Um dos fatores que mais contribui para o sucesso de uma lavoura é a utilização de sementes de elevada qualidade, que vão garantir população adequada de plantas, contribuindo dessa forma, para o sucesso da produção e a obtenção de rendimentos elevados. Sementes de baixa qualidade comprometem a obtenção de estande de plantas adequado, influenciando diretamente na produtividade da lavoura (COSTA *et al.*, 2001b; PINTO *et al.*, 2007; KRZYZANOWSKI, FRANÇA NETO, 2009).

Para que se alcance sucesso na implantação de uma cultura, é fundamental o emprego de sementes de alta qualidade. No caso da soja, é indicada a utilização de sementes com vigor superior a 75% e evitada a utilização de lotes com vigor abaixo de 60% (EMBRAPA SOJA, 2005).

Marcondes *et al.* (2005) e Krzyzanowski (2004) ressaltaram que a qualidade de semente é garantida por meio de padrões mínimos de germinação, pureza física e varietal, e sanidade; padrões esses estabelecidos e controlados pelo governo por meio de normas de produção e comercialização. Tais fatores contribuem para que sejam alcançados níveis altos de produtividade.

A qualidade de sementes pode ser definida como um padrão de determinados atributos que subsidia o desempenho da semente durante o armazenamento e a semeadura, ainda que para muitos a semente de boa qualidade seja aquela que germina e se apresenta livre de espécies indesejadas. Talvez por esse motivo, dos testes requeridos nos laboratórios de análises, cerca de 80 a 90% são de germinação e pureza. Porém, Hampton (2001) agrupou em três categorias os componentes da qualidade de sementes, deixando claro que a ordem de importância não é a mesma em todas as situações:

- 1) Descrição: Espécie e pureza varietal; pureza analítica; uniformidade; peso da semente.
- 2) Higiene: Contaminação com invasoras nocivas; sanidade da semente; contaminação com insetos e ácaros;
- 3) Potencial de desempenho: germinação; vigor; emergência e uniformidade em campo.

A qualidade da semente de soja pode ser influenciada por diversos fatores, os quais podem ocorrer durante todas as etapas de produção, iniciando pelo campo, antes e durante a colheita, e durante as etapas de secagem, beneficiamento, armazenamento, transporte e até mesmo na semeadura. É influenciada ainda pelas oscilações de temperatura durante a maturação e das condições de umidade

ambiente, como períodos chuvosos e de seca, deficiências de nutrição das plantas, ataque de insetos e patógenos, incluindo ainda o uso de técnicas e regulagens de equipamentos inadequados durante a colheita, secagem e beneficiamento (KRZYZANOWSKI, 2008b). A interação de todos esses fatores contribuem para um resultado em comum: a deterioração da semente e, como consequência, a perda de qualidade (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008a).

Krzyzanowski *et al.* (2008b) também detalharam alguns dos fatores que afetam a qualidade de sementes de soja, dentre eles:

- pureza genética: a qual se apresenta importante pelo fato da expressão dos seus atributos de qualidade como o ciclo de vida, produtividade, resistência a enfermidades, tipo de grão, qualidades organolépticas e de semente;

- qualidade fisiológica (vigor e germinação): como dano por umidade, causado pela ocorrência de chuvas, neblina e orvalho, principalmente quando associadas a altas temperaturas, efeito causado pela hidratação e desidratações do tegumento e dos cotilédones em proporções diferentes, promovendo a deterioração no campo; picadas por percevejos, pois inocula fungos, o que, dependendo da umidade da semente, provoca necrose dos tecidos afetados; altas temperaturas na fase de enchimento de grãos, resultando em grãos enrugados; estresses ambientais, que promovem a morte prematura, maturação forçada e podendo produzir sementes esverdeadas, que apresentam vigor e germinação inferiores, principalmente com a armazenagem; doenças de raiz; déficit hídrico, principalmente durante a fase final de enchimento de grãos e maturação, ainda mais associado a altas temperaturas;

- Qualidade física: a pureza indica qualidade do lote quanto à sua composição, a uniformidade permite que se faça o ajuste correto da população de plantas no campo, sementes com elevados níveis de danos mecânicos promovem níveis elevados de baixa produtividade.

- Qualidade sanitária: diversos fungos ao infectarem as sementes, contribuem para a redução do vigor e da germinação, além de que a semente pode ser um veículo de disseminação e introdução para áreas livres de doenças.

A vantagem da utilização de sementes de excelente qualidade, em qualquer localização, já é conhecida e até mesmo comprovada. No entanto, a obtenção de sementes de qualidade em ambientes tropicais é mais difícil. Os trópicos apresentam clima quente e úmido, com ocorrência de tempestades no período da tarde, e a semente fica exposta a esses eventos, ocorrendo danos por deterioração. Quando secada ao ar livre pode umidecer rapidamente – além da secagem ao sol não ser eficiente, é danosa se a superfície apresentar temperaturas muito elevadas, podendo perder viabilidade dentro de semanas (HAMPTON, 2001).

França Neto e Krzyzanowski (2000), Costa *et al.* (2001a) e Costa *et al.* (2005) afirmaram que a alternativa mais viável para produção de sementes com alto potencial fisiológico nas regiões tropicais, em que predominam altas temperaturas e excesso de chuvas no período de maturação da soja, é a escolha de regiões com altitudes superiores a 700 m, onde predominam climas amenos e seco neste período, ou fazer o ajustamento na data da semeadura, para ocorrência da maturação em condições ambientais mais favoráveis.

Um dos problemas mais sérios na produção de soja, na questão de qualidade, que permanecem entre os países produtores, são as perdas durante a colheita. Pelo fato de a demanda de mercado consumidor apresentar maiores restrições a produtos de qualidade inferior, são fatores determinantes de competição no mercado internacional os aspectos físicos, como níveis de grãos quebrados e de danos mecânicos não-visíveis, que podem influenciar na qualidade de produtos de processamento, como óleo, farelo, proteína, além das qualidades sanitárias e fisiológicas (MESQUITA *et al.*, 1999).

Para Flor *et al.* (2004), as trincas e rachaduras situadas superficialmente são facilmente detectadas, diferentemente dos danos internos, que exigem exames mais detalhados para detecção. Tanto os danos grandes, visíveis, quanto os microdanos, invisíveis ao olho nu, dependendo da sua localização, podem reduzir significativamente a qualidade da semente.

França Neto *et al.* (2007) afirmaram ser necessário um sistema de controle de qualidade ágil, dinâmico e eficaz, associado às etapas de produção, assegurando elevada qualidade das sementes, de acordo com a demanda do setor produtivo da soja. Sendo assim, um dos grandes desafios para o setor sementeiro, principalmente para as regiões tropicais e subtropicais, é a produção de sementes de soja que apresentem elevada qualidade. Nessas regiões, tem-se a adoção de técnicas especiais para que a produção da semente seja possível, sendo que o plantio deve ser feito em períodos recomendados para que as sementes não fiquem expostas a mudanças drásticas de ambiente, além de controlar mais severamente os insetos e microorganismos já que nestes locais esses tem condições favoráveis para o seu desenvolvimento, ainda manter regulagem adequada dos equipamentos durante a colheita e beneficiamento, destaca-se a utilização de genótipos adequados para a região, esta última bem observada por Matsuo *et al.* (2008), dentre outras técnicas. Sem o uso dessas técnicas a produção pode resultar em sementes com qualidade inferior, ocasionando grande redução na produtividade.

As sementes de soja possuem tegumento frágil, o que facilita a ocorrência de danos mecânicos, podendo afetar o eixo hipocótilo-radícula, e prejudicando a

qualidade. Assim, faz-se necessária a utilização de testes que possam diagnosticar esses problemas para que não chegue até o produtor uma semente de baixo vigor, afetando o estabelecimento das plantas no campo, e conseqüentemente, ocasionando redução nos lucros, que sejam rápidos e eficazes e identifiquem os danos que sofrem as sementes de soja ao passar nas etapas da produção. A germinação e o vigor, segundo Schuab *et al.* (2000), podem influenciar o rendimento de uma cultura. Os efeitos podem ser indiretos, ou seja, efeitos sobre a porcentagem de emergência e o tempo da semeadura até a emergência, afetando o rendimento, como consequência das alterações na densidade da população de plantas, arranjo espacial e tempo de ciclo da cultura, ou diretos, que estão relacionados a capacidade de acúmulo de matéria seca em plântulas, em função dos níveis de vigor.

Dentro deste contexto, a qualidade de sementes estimula o processo de competição entre os países produtores e, dessa forma, os que possuem tecnologia mais evidenciada, no caso do primeiro mundo, tentam rebaixar os produtos do terceiro mundo, principalmente o Brasil, já que é o segundo maior produtor destas. Um artigo publicado no “UNITED SOYBEAN BOARD, USB”, dos Estados Unidos fazia uma comparação da soja produzida no Brasil e na Argentina alegando que a soja destes últimos apresentava um percentual de proteína inferior ao produzido naquele país. Porém, algumas instituições brasileiras, como Embrapa Soja e Emater – Paraná, rebateram e juntamente com outras entidades, realizaram pesquisas desmantelando esta afirmação (COSTA e MESQUITA, 2001c).

2.3.1 Germinação

A germinação acontece quando as condições são favoráveis para o crescimento e caso as sementes não apresentem algum tipo de dormência. A primeira exigência da semente para o processo de germinação é a água, além disso, cada espécie tem uma faixa ideal para temperatura, com temperaturas limitantes para tal (BASKIN e BASKIN, 1998, apud CASTRO *et al.*, 2004). No caso da soja, a temperatura ideal de germinação é de 25 a 30°C (BRASIL, 2009). A taxa de embebição para o processo da germinação varia extensamente, dependendo do tipo de tecido que envolve o embrião (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Carvalho e Nakagawa (2000) definiram o processo de germinação como ininterrupto. A germinação, segundo eles, é um processo que utiliza a energia proveniente da degradação de substâncias de reserva da semente, queimadas a partir do oxigênio, ou seja, utiliza-se da energia da respiração. A respiração não cessa, apenas

diminui de tal forma que aparenta nada estar acontecendo.

Após o período de embebição ocorre a protrusão da radícula, ou seja, é iniciado o processo de emergência, considerado um dos estádios mais críticos no ciclo de vida de uma planta, por ser altamente vulnerável aos estresses ambientais e, infelizmente, uma vez iniciado este processo, não há mais retorno (CASTRO *et al.*, 2004).

A taxa de embebição e a temperatura podem alterar de forma acentuada o processo de germinação e a qualidade de sementes (vigor). Algumas sementes são danificadas pela embebição rápida associadas a baixas temperaturas, ou seja, ocorre o dano por embebição. Quando as sementes estão muito secas, ao entrar em contato com a água podem sofrer danos nas membranas, como trincas e ruptura no caso da soja, o que promove a lixiviação de conteúdos celulares (CASTRO *et al.*, 2004), podendo afetar organelas como as mitocôndrias, o que dificulta a produção de energia (ATP), afetando negativamente o processo de germinação (PINTO *et al.*, 2007).

Além da embebição, outros processos podem afetar a germinação – é o caso da deterioração por umidade. A semente inicia a deterioração logo após a sementeira, durante a armazenagem e até mesmo no campo à espera do momento ideal para a colheita. No entanto, esses sintomas são mais evidentes durante a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas. Esse dano manifesta-se, dentre muitos outros, pela redução da taxa de germinação em laboratório, pela necessidade de maiores especificidades em relação às condições do ambiente para a germinação, desuniformidade e desenvolvimento de plântulas, além do aumento acentuado de plântulas anormais e redução da porcentagem de emergência em campo (MARCOS FILHO, 2005).

Schuab *et al.* (2002) relataram, a partir de seus estudos, que o retardamento da germinação provocou retardamento e aumento de desuniformidade da emergência.

Devido à germinação apresentar grande importância na análise de qualidade de sementes, foi estabelecido pela SEAB-PR (1986) que a porcentagem deve ser acima de 80% para comercialização. Ainda, Brasil (2003) denotou, na lei para comercialização, a porcentagem mínima de germinação como sendo 80%. A análise da germinação tem validade por seis meses (SEAB-PR, 1986), pois a semente de soja pode perder qualidade durante o armazenamento, principalmente se a semente possuir qualidade inicial baixa (BAUTED, 2003). Nesse período, a germinação pode baixar pelo processo de deterioração das sementes, o qual é irreversível e inexorável, de acordo com Delouche (2002).

O teste de germinação é muito utilizado para avaliação da qualidade de sementes, mas muitas vezes não apresenta correlação com a emergência em campo. Quando ocorrem baixos percentuais de emergência em campo, a germinação é

influenciada normalmente pelas condições de solo e ambiente e vigor das sementes. Pelo fato dessa inadequação dos testes de germinação, surgiu então o conceito de vigor e novos testes para avaliá-lo (SCHUAB *et al.*, 2002).

2.3.2 Vigor

Sob a visão dos produtores, o estabelecimento do estande é a primeira oportunidade real para avaliar de forma prática a qualidade das sementes obtidas e o efeito dos procedimentos utilizados no momento da semeadura. O estabelecimento de um bom estande, com emergência rápida e uniforme, revigora o entusiasmo e as expectativas do produtor em atingir todas as metas estabelecidas e obter bom retorno financeiro. Ainda, elimina a preocupação de prejuízos, decorrentes de falhas no estabelecimento do estande ou da desuniformidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005).

A semente possui atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária que lhes garantem bom desempenho agrônômico, fundamental para o sucesso de uma lavoura, diferente do grão que muitas vezes pode germinar, mas não possui atributos de qualidade de sementes, comprometendo, dessa forma, o sucesso econômico do produtor (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008 b).

Segundo Frazin e Roversi (2009), para a “Association of Official Seed Analysts” (AOSA) semente vigorosa é aquela que apresenta potencial para emergência rápida e uniforme, além de desenvolvimento de plântulas normais em uma larga faixa de condições de campo. Se, por exemplo, dois lotes de sementes apresentarem excelente germinação em laboratório e forem semeados em dois campos, um apresentando condições favoráveis e outro desfavoráveis, e os dois apresentaram boa emergência no primeiro e apenas um apresentar boa emergência no segundo, significa que um dos lotes de semente apresenta baixo vigor em relação ao outro lote, ou seja, é menos vigoroso. Este exemplo hipotético demonstra que lotes com a mesma porcentagem de germinação, podem apresentar desempenhos inferiores de emergência em campo, dependendo da quantidade de estresse submetido e do nível de vigor de cada lote.

Marcos Filho (2005) resumiu, de maneira geral, as manifestações do baixo potencial fisiológico de sementes da seguinte maneira:

- maior intervalo entre semeadura e início da germinação;
- baixa velocidade de germinação;
- falta de sincronia na germinação;

- maior grau de exigência a condições do ambiente para a germinação ou maior sensibilidade a estresse;
- plantas com crescimento lento, reduzido, desuniforme e com menor desenvolvimento radicular;
- aumento da sensibilidade de sementes e plântulas a injúrias causadas por microorganismos;
- aumento progressivo do número de sementes que apodrecem e morrem após a semeadura; e
- baixo potencial de armazenamento.

E, ainda, reforçou a idéia da necessidade de atenção permanente durante as etapas sucessivas para a produção de sementes. A obtenção e conservação de sementes de alta qualidade é um requisito que não pode ser desconsiderado pelo fato de constituir um fator de segurança para redução de prejuízos aos produtores.

Medeiros *et al.* (2006) afirmaram que dentro do contexto das cadeias produtivas é essencial o controle de qualidade de sementes de soja, dessa forma, ou o produtor segue as regras de forma clara e eficiente ou será eliminado dessa atividade.

A necessidade de se obter sementes de boa qualidade não se restringe apenas à soja. Binotti *et al.* (2008), por exemplo, relataram que a obtenção de altas produtividades do feijoeiro estão relacionadas à utilização de sementes de excelente qualidade pelo produtor e que essa qualidade está ligada ao grau de pureza física e varietal, poder de germinação, vigor e seu estado fitossanitário. Assim, faz-se necessário aprimorar os métodos de análises da qualidade de sementes para que se possa obter resultados de germinação e vigor mais seguros e mais precisos.

São muitos os testes utilizados para avaliar o potencial fisiológico das sementes de soja, dentre eles, o mais utilizado é o de germinação. Porém, este nem sempre apresenta boas correlações com a emergência de plântulas no campo (SCHUAB *et al.*, 2002).

A constatação da inadequação do teste de germinação para estimar a emergência das plântulas em campo, sob condições adversas de ambiente, estimulou o desenvolvimento de conceitos de vigor e, conseqüentemente, de novos testes para aumentar a eficiência da avaliação da qualidade das sementes (McDONALD & WILSON, 1979 apud GUARNIERI, 2006).

A qualidade fisiológica de sementes é um importante aspecto a ser considerado pelas empresas produtoras, pois o emprego de uma metodologia que seja adequada pode estimar o vigor, possibilitando o conhecimento do desempenho das sementes em campo e a necessidade de descarte de lotes, reduzindo os riscos e prejuízos e melhorando a competitividade de mercado. Diante desta situação, é crescente a

necessidade da utilização de métodos que permitam avaliar, de maneira ágil e eficiente, a qualidade fisiológica das sementes e, desta forma, possibilitar a tomada de decisões referentes à colheita, beneficiamento, armazenamento e comercialização (BARROS e MARCOS FILHO, 1997; PINTO; CICERO; FORTI, 2007).

Os testes de vigor têm sido instrumentos de uso cada vez maior pelas indústrias produtoras de sementes, como determinação da sua qualidade fisiológica. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle e garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 1999). Além do mais, os teste de vigor podem selecionar lotes que apresentam porcentagem de germinação semelhantes, mas que apresentam diferentes capacidades de armazenagem (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

É importante, na avaliação da qualidade das sementes, o período de tempo necessário para realização dos testes. A rapidez na obtenção dos resultados proporciona muitas vantagens nos mais variados segmentos da produção de sementes, principalmente nas etapas de pré-colheita, recepção e processamento, permitindo rapidez nas tomadas de decisões (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

2.3.2.1 Fatores que afetam o vigor

- Fatores genéticos

São os que determinam em grande parte o vigor das sementes. Se possuem progenitores fortes essas irão produzir descendentes fortes, porém, se possuem progenitores fracos, irão produzir descendentes fracos, com sérias deficiências na questão de reserva nutricional, embriões deformados e conseqüentemente, plântulas anormais no momento da emergência (ROCHA *et al.* 1990). Pode ser bem observado essa diferença no controle genético de híbridos em relação a plantas normais (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

- Fatores ambientais

Dentre os fatores que podem afetar o vigor das sementes pode-se destacar os ambientais, os quais podem afetar o vigor antes do estágio de desenvolvimento da semente e até mesmo depois do estágio de maturação fisiológica. As condições de clima podem afetar o desenvolvimento e o processo de florescimento da planta, refletindo no vigor das sementes produzidas. Porém, esses efeitos são difíceis de detectar,

principalmente, quando comparados com os da fase final de maturação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Pelo fato da formação das flores se darem de forma gradativa, da mesma forma que a fertilização, e por ser um processo lento, este fica sujeito às condições climáticas diferentes, refletindo na qualidade da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). O florescimento precoce impede que a planta produza número de ramos e folhas suficientes, em número de nós reduzidos, o que conseqüentemente reduz o número de flores e, em decorrência disso, o rendimento é menor. Se o oposto acontecer, terá um exagerado crescimento vegetativo, o que origina muitos ramos e nós, porém, um elevado aborto floral e de legumes (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

As condições climáticas durante todas as etapas da produção de sementes é um fator que pode ter grande influência sobre o vigor. Para que não se formem sementes defeituosas é importante no momento da transferência de matéria seca para a semente, que exista disponibilidade essencial de água. Ainda, a ocorrência de temperaturas elevadas durante a maturação, principalmente associadas a baixas temperaturas, promove a maturação forçada, produzindo sementes de baixo vigor (FRANÇA NETO *et al.*, 1993).

Durante o desenvolvimento da semente, logo após a fertilização, fotossintatos que são produzidos nas folhas são transportados até a semente, dando condições para que a mesma se desenvolva e apresente boa capacidade de germinação e vigor. Caso algum fator comprometa essa translocação, afetará o acúmulo de reservas e, conseqüentemente afetará o vigor da mesma. Quanto maior a reserva de nutrientes na semente, maior o vigor e potencial de sobrevivência da planta originada (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Dentre os fatores que podem afetar o desenvolvimento da semente pode-se citar a temperatura, a disponibilidade de água, nutrientes, luz e o fotoperíodismo, ou seja, qualquer fator adverso que promova efeito negativo no acúmulo de reserva das sementes conseqüentemente afetará o vigor das mesmas (ROCHA *et al.*, 1990; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A fertilidade do solo é de extrema importância para a composição química das plantas. Plantas originadas em solos que dispõem de mais nutrientes geralmente produzem sementes maiores e mais pesadas, principalmente se essa disponibilidade estiver adequada no momento do acúmulo de matéria seca. Uma forma de amenizar a escassez é promovendo a aplicação desses nutrientes, porém, para efeito satisfatório deve-se considerar a época de aplicação, o espaçamento entre plantas e as exigências nutricionais da espécie (MARCOS FILHO, 2005).

As sementes que não se apresentam completamente maduras podem iniciar o processo de germinação, porém, não originam plântulas tão vigorosas quanto as

sementes que germinam completamente maduras. Sementes imaturas não apresentam desenvolvimento físico e fisiológico adequados e apresentam menor expressão do vigor (ROCHA *et al.* 1990; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A maturidade fisiológica da semente acontece quando cessa o acúmulo de matéria seca, nesse estágio a umidade da semente está em 60% e possui todas as estruturas para originar uma nova planta. Porém, a maturidade para a colheita acontece quando a semente apresenta menos de 15% de umidade (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Costa e Mesquita (2001c) demonstraram, a partir do teste de tetrazólio, a relação entre umidade das sementes na colheita mecânica da soja com o seu vigor (TZ 1-3) e viabilidade (TZ 1-5) e concluíram, por meio deste, que as sementes apresentaram o maior vigor e viabilidade na colheita com umidade entre 12% e 14%.

O período de permanência das sementes no campo após a maturidade fisiológica a espera da colheita é um fator importante para a perda de vigor, já que pode ocorrer o processo de deterioração das mesmas (BRACCINI, 2003).

Marcos Filho (2005) relatou que os mecanismos que promovem o processo de deterioração ainda não são completamente identificados, mas sabe-se que esse processo começa a acontecer após a maturidade fisiológica das sementes, assim que constitui uma unidade diferente da planta mãe, e observa-se que a aceleração da deterioração tem relação com o decréscimo do vigor das sementes. A partir do momento que a semente inicia a deterioração não há possibilidade de reverter essa situação. Para isso, necessita-se de cuidado com a produção em campo, com a colheita e com o manejo pós-colheita, visando à preservação do potencial fisiológico e à obtenção de sementes vigorosas.

- Danos mecânicos

A fragilidade do tegumento da semente de soja torna-a suscetível ao dano mecânico de qualquer fonte, e qualquer dano ao eixo hipocótilo-radícula pode afetar a qualidade fisiológica da semente (DELOUCHE, 1974). França Neto *et al.* (1998) relataram que sementes de soja são muito sensíveis aos impactos mecânicos, uma vez que as partes vitais do embrião, como radícula, hipocótilo e plúmula, estão situados sob o tegumento pouco espesso que praticamente não lhes oferece proteção. Particularmente, sementes de soja apresentam perda de qualidade devido a danos físicos, representados geralmente por alterações na integridade do tegumento, não sendo, no entanto, facilmente detectados os danos internos. Um conhecimento da estrutura das sementes e da natureza das injúrias nestas estruturas pode ajudar na

prevenção de danos excessivos e perdas precoces da viabilidade. A estrutura essencial de sementes muito secas torna-se mais susceptível a trincas, especialmente o eixo hipocótilo-radícula (MOORE, 1974).

A manifestação do dano físico pode ser mostrada pelo trincamento dos cotilédones e sementes quebradas; mas a forma mais comum da ocorrência de dano são trincas no tegumento, o que é clara indicação da perda da qualidade da semente. Também são incluídas as fraturas do eixo hipocótilo-radícula e esmagamento dos cotilédones, os quais são difíceis de detectar sob o tegumento. Esses danos provocam redução na germinação, mau estabelecimento da plântula e prejudicam seu desenvolvimento no campo. Danos nos cotilédones retardam a translocação de nutrientes essenciais ao desenvolvimento do eixo hipocótilo-radícula, podendo resultar na morte da plântula (McDONALD Jr., 1985; PINHEIRO NETO e GAMERO, 2000). Quando o tegumento das sementes possui trincas, a entrada de água é mais rápida, provocando dano por embebição, o que causa rompimento das membranas das células hidratadas que antes estavam muito secas. Numa semente de tegumento intacto, a absorção de água é mais uniforme em todos os tecidos, pois o tegumento também tem função reguladora (NÓBREGA, 1991).

Nóbrega *et al.*, (2007) observaram em seu trabalho para verificar a eficiência de testes para determinar o vigor de sementes de soja danificadas mecanicamente que, dependendo do teor de água em que as sementes se encontravam e os dosadores de sementes testados afetaram a porcentagem de germinação, a emergência e a viabilidade das sementes de soja, deixando clara a importância do teor de água e o cuidado no processo de semeadura.

Quebras também ocorrem em cotilédones durante a hidratação rápida de sementes com baixo teor de água (5-8%), podendo, ainda, ocorrer lesões isoladas no eixo hipocótilo- radícula (McDONALD Jr., 1985).

Tegumentos intactos são essenciais para diminuir a lixiviação de metabólitos da semente embebida, pois tais compostos são fonte de nutrientes para a microflora do solo, que rapidamente causa a deterioração das sementes. Assim, a falta de um tegumento intacto pode ter efeito detrimental sobre a germinação das sementes e a emergência da plântula no campo (TEKRONY *et al.*, 1980).

O dano, quando localizado próximo de uma parte essencial do embrião (eixo hipocótilo-radícula e plúmula), pode fazer com que a semente não germine. Danos localizados no eixo hipocótilo-radícula são muito mais prejudiciais durante o armazenamento do que danos da mesma intensidade localizados em áreas menos críticas da semente. Os efeitos latentes do dano mecânico causado por amassamento são mais problemáticos do que quando o dano é invisível, pois a lesão serve como

porta de entrada para patógenos que afetam a sanidade e a viabilidade durante o armazenamento (MOORE, 1974).

Todo dano mecânico que afeta a semente, por menor que seja, é cumulativo e é parte integral do dano total da plântula, podendo reduzir seu poder germinativo, vigor inicial e rendimento (JIJÓN & BARROS, 1983).

O dano mecânico é causado por impactos, abrasões, cortes ou pressões a que são submetidas as sementes, em condições estáticas ou dinâmicas, contra superfícies duras ou contra outras sementes, ocasionando sementes quebradas, trincadas, fragmentadas, arranhadas e inteiramente danificadas. Não só o aspecto físico da semente é atingido, sementes mecanicamente danificadas dificultam as operações de beneficiamento e apresentam menor germinação e vigor (POPINIGIS, 1977; CAMPOS & PESKE, 1995). As sementes mecanicamente danificadas se deterioram mais rapidamente durante o armazenamento e não suportam condições adversas no campo, depois de semeadas (CAMPOS & PESKE, 1995).

Qualquer dano mecânico reduzirá a qualidade da semente e, quanto maior a sua intensidade, maior será a redução. A intensidade, número e local de impactos na semente têm muita interferência sobre o grau do dano, embora o local do impacto seja um fator sobre o qual não se possa exercer controle (CARBONELL, 1991).

Um problema na produção e manuseio de sementes tem sido o dano mecânico durante a colheita e subsequente beneficiamento, sendo a principal fonte de dano o processo de trilha, devido à excessiva deformação quando a semente é forçada através de folgas fixas ou excessiva força, quando é submetida a impacto (CONTRERAS & BRAUNBECK, 1994). Segundo Costa *et al.* (2001a), os impactos causados pelos mecanismos de trilha da máquina colhedora geralmente são a maior fonte de danos mecânicos causados às sementes e aos grãos de soja – corroborando com França Neto *et al.* (2007), os quais afirmaram que a colheita é a fase mais crítica de todo o processo de produção, esse processo pode ser fonte de sérios problemas com danos mecânicos. Para evitar esse tipo de problema, é essencial que os mecanismos de trilha estejam bem ajustados, visando à obtenção de trilha adequada com menores índices de danos. É nessa operação que ocorrem grandes desperdícios, não só em forma de sementes ou grãos deixados na lavoura, como também pela redução da qualidade das sementes.

Então, a injúria mecânica, causada durante os processos de colheita e de beneficiamento das sementes, é uma das principais causas da redução da sua qualidade (PAIVA; MEDEIROS; FRAGA, 2000), podendo levar à condenação dos lotes de sementes.

- Microorganismos e insetos

As sementes que são atacadas por microorganismos ou insetos podem apresentar vigor reduzido. Esse problema pode ter início no campo, durante a maturação das sementes e podem ser acentuados durante o armazenamento, quando neste local as condições são favoráveis para a disseminação de microorganismos e insetos, ou quando não se controla esses de forma adequada (ROCHA *et al.*, 1990; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008b).

O ataque de percevejo, por exemplo: durante a formação da semente, ao picar a soja, o inseto inocula uma levedura chamada *Nematospora coryli* Peglion. Essa levedura coloniza tecidos vitais da semente causando necrose dos mesmos, reduzindo o potencial de germinação e o vigor. O local onde ocorre a picada do percevejo fica com manchas típicas, podendo apresentar uma semente deformada e enrugada (FRANÇA NETO *et al.* 2007).

Costa *et al.* (2003) observaram que, dependendo da intensidade do ataque de percevejo, ocorre declínio significativo de vigor das sementes. Sendo assim, é de grande importância o controle destes insetos na produção de sementes.

- Tamanho da semente

Uma das principais razões para a classificação das sementes de soja por tamanho se dá pela tecnologia de semeadura, visto que atualmente a população de plantas por hectare para novas cultivares sofreu redução. Este fato não permite erros na densidade de semeadura, podendo colocar em risco a instalação da lavoura e, conseqüentemente, todos os investimentos a ela atribuídos (CAMOZZATO *et al.*, 2009).

Nakagawa (1999) salientou que o tamanho da semente é um fator complicador. Segundo ele, as sementes menores necessitam de menor quantidade de água, dessa forma são as primeiras a germinar e, então, estão em vantagem para competição por luz, água e nutrientes.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000) e Rocha (1990), as sementes de maior tamanho ou maior densidade foram mais bem nutridas durante o desenvolvimento. Dessa forma, apresentam embriões bem desenvolvidos e com maiores quantidades de reservas, sendo consideradas potencialmente mais vigorosas. Porém, ressaltaram que se deve considerar determinadas situações para essa definição, muitas vezes sementes supostamente com maior tamanho e embriões bem desenvolvidos, apresentam qualidade inferior, pelo fato das condições ambientais não terem sido favoráveis para sua

qualidade, ou podem ter sofrido injúrias mecânicas que reduziram a mesma.

Geralmente, sementes de maior tamanho originam plantas mais vigorosas, que, dependendo das condições de campo, podem apresentar estandes melhores em relação as de menor tamanho (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), ou seja, permitem um ajuste correto de população de plantas no campo (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008b).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos para identificar a diferença de qualidade de sementes de diferentes tamanhos, porém os resultados tem sido divergentes (BECKERT *et al.*, 2000).

Santos *et al.* (2005) observaram que o tamanho da semente influencia a qualidade fisiológica durante o armazenamento, que sementes de menor tamanho apresentaram maior potencial de armazenamento, enquanto que sementes maiores apresentaram menor germinação e vigor ao final do armazenamento.

Ávila *et al.* (2008), utilizando sementes de tamanhos diferentes (5,5 mm de 7,0 mm) de duas cultivares de soja, observaram que o tamanho não teve efeito sobre a produção e na massa de 100 sementes. Segundo eles, isso pode ser explicado porque as plantas oriundas de sementes pequenas podem obter menor crescimento inicial, mas atingem produção similar às das plantas de sementes grandes.

Beckert *et al.* (2000) observaram que a velocidade de absorção de água é inversamente proporcional ao tamanho: que as sementes menores apresentaram absorção de água mais intensa. Porém, dentre os três tamanhos de sementes estudadas, as de tamanho médio apresentaram potencial fisiológico superior.

Segundo Marcos Filho *et al.* (2000), a diferença no tamanho da semente pode influenciar no teste de envelhecimento acelerado, promovendo distorções nos resultados pelo fato de as sementes menores captarem água mais rapidamente.

Camozzato *et al.* (2009) concluíram, analisando o desempenho de sementes em função do tamanho, que sementes classificadas em peneiras de 5,5 e 6,5 mm, utilizadas na semeadura, não afetaram o desempenho de cultivares de soja.

Lima e Carmona (1999) afirmaram que, apesar de não ser comprovada a superioridade de sementes grandes no rendimento final de grãos, essas apresentam maior emergência e originam plântulas maiores.

De acordo com Perin *et al.* (2002), as plantas originadas de sementes pequenas compensam seu menor crescimento inicial com maior atividade em estágios finais, apresentando produção biomassa final e de grãos semelhantes às plantas originadas de sementes maiores.

- Condições de armazenamento

Para que uma semente se mantenha viável e vigorosa até o momento da semeadura, ela deve ser conservada em condições de ambiente adequadas, de forma que mantenha baixa atividade do embrião, com menor respiração e, para isso, é necessário controlar a temperatura e a umidade durante o armazenamento (ROCHA *et al.*, 1990).

A temperatura e a umidade devem ser controladas pelo fato de serem os principais fatores que afetam a qualidade da semente e, conseqüentemente, o vigor. A umidade tem relação com o teor de água da semente, que é o que lidera os processos metabólicos que a mesma sofre, e a temperatura interfere na velocidade dos processos bioquímicos e também no teor de água. Recomenda-se, em geral, condições de baixa umidade relativa e baixa temperatura, de forma que a semente mantenha o embrião em baixa atividade metabólica (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Em regiões tropicais e subtropicais, a manutenção da qualidade de sementes é um grande problema. Altas temperaturas associadas a alta umidade relativa do ar causam perda de viabilidade de forma rápida (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2006). Nessas regiões, deve-se monitorar, com frequência, o teor de água da semente. Um grau que se torna preocupante é quando alcança 13,5%, pois nessas condições ocorre proliferação de fungos e medidas rápidas de secagem e aeração devem ser tomadas, pelo fato de que esse processo pode causar rápida deterioração da semente (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008a).

Barros e Marcos Filho (1997) armazenaram sementes de soja durante cinco épocas e observaram que houve gradual redução de qualidade durante o armazenamento das sementes.

- Colheita

Um dos problemas mais sérios na produção de soja que permanecem entre os países produtores são as perdas durante a colheita, principalmente pelos riscos a que o produto fica suscetível nesse período (COSTA e TAVARES, 1995). Pelo fato de a demanda de mercado consumidor apresentar maiores restrições a produtos de qualidade inferior, são fatores determinantes de competição no mercado internacional os aspectos físicos, como níveis de grãos quebrados e de danos mecânicos não visíveis, que podem influenciar na qualidade de produtos de processamento, como óleo, farelo, proteína, além das qualidades sanitárias e fisiológicas (MESQUITA *et al.*, 1999).

Costa *et al.* (2001a) afirmaram que a colheita mecânica, se não for realizada rigorosamente, com cuidado, pode causar perdas tanto em quantidade quanto em qualidade dos grãos e sementes.

Quando a maturação acontece, no ponto de colheita, tem-se uma tendência a ocorrer de forma proporcional ao tempo o processo de deterioração das sementes e o processo de debulha das vagens. Dentre os fatores que causam as perdas pode-se citar o retardamento da colheita e a manutenção e regulagens inadequadas dos maquinários (COSTA e TAVARES, 1995).

A colheita mecanizada promove perda de sementes de soja no solo, além de perdas qualitativas da soja que é comercializada como grão e semente. Dessa forma, é importante o conhecimento das causas das perdas para que se possa tomar atitudes em relação a regulagens adequadas que sejam menos prejudiciais a semente. Dentre as perdas pode-se citar, perdas qualitativas e os danos mecânicos, ou seja, sementes quebradas, trincadas, rachadas e, conseqüentemente, redução da germinação e vigor (PINHEIRO NETO e GAMERO, 2000).

Marcos Filho (2005) sugeriu teor de água entre 14% e 16% para a colheita, pelo fato de as sementes apresentarem maior nível de tolerância a danos quando comparadas com as mais secas e mais úmidas. Costa e Tavares (1995) sugeriram a umidade de 13,5% como sendo umidade limite para redução de danos latentes por umidades mais baixas e aparentes por umidades mais altas.

2.4.2 Testes de vigor – Potencial fisiológico e vigor de sementes

O teste de germinação permite que a semente expresse o seu maior potencial de germinação em condições favoráveis. Porém, em algumas situações em que o ambiente não apresenta condições favoráveis, como variações de umidade do solo, radiação e competição, dentre outros, a germinação se apresenta baixa, levando a supor que a sementes possuem baixo vigor. Por esses motivos desenvolveu-se vários testes de vigor (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2004).

2.4.2.1 Testes realizados em laboratório

Teor de água

O teor de água em uma semente exerce grande influência sobre seu

comportamento em diferentes situações. É importante conhecê-lo, pelo fato de toda a atividade fisiológica da semente depender do mesmo e, dessa forma, pode-se escolher o melhor procedimento de colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento das mesmas. Por estar relacionado com o peso do material adquirido, é importante também para a comercialização (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

Índice de velocidade de germinação ou emergência (IVG, IVE), velocidade de germinação ou emergência (VG, VE) e coeficiente de velocidade de germinação ou emergência (CVG, CVE), são alguns dos testes realizados em laboratório.

Um teste capaz de identificar diferenças significativas na velocidade de emergência entre lotes que possuem porcentagens de germinação semelhantes é o índice de velocidade emergência (IVE), o qual estima o número médio de plântulas normais emergidas por dia, de acordo com Nakagawa (1999). Quanto maior o valor de IVE obtido, maior a velocidade de emergência e, assim, maior o vigor do lote (MAGUIRE, 1962). O estabelecimento de estandes uniformes depende da emergência rápida e uniforme de plântulas saudáveis no campo, o que proporcionará a cobertura do solo mais rápida e, conseqüentemente, maior competitividade com as plantas invasoras (LIMA, 1996).

Muitas vezes, sementes que apresentam porcentagem de germinação ou emergência semelhante podem apresentar diferenças nas velocidades de germinação ou emergência, em que sementes mais vigorosas germinam ou emergem mais rapidamente que as de menor vigor (NAKAGAWA, 1999).

Conforme Nakagawa (1999), há relação direta entre a velocidade de emergência e o vigor de sementes, logo, sementes com emergência em menor período de tempo apresentam maior índice de vigor. Corroborando, Fleck *et al.* (2002) frisaram que plântulas com velocidade de emergência rápida e uniforme conseguem competir mais eficientemente pelos recursos do meio. Teoricamente, plântulas mais vigorosas teriam melhores condições para atingir maior porte de planta (FLORES *et al.*, 2002).

Um exemplo disso pode ser citado por Vanzolini e Carvalho (2002) que, encontraram índice de velocidade de emergência maiores para sementes de alto vigor, médios para de médio vigor e baixos para de baixo vigor

Muitas vezes ocorrem diferença nos valores de IVE, que são obtidos em laboratório em relação aos verificados em campo. Isso pode ser explicado pelo fato de as condições de campo apresentarem variações na composição do solo, bem como interferência por microrganismos, gerando resultados diferentes daqueles obtidos em laboratório (EINHELLIG, 1996).

Hipoclorito de sódio

O teste de hipoclorito de sódio é muito utilizado porque determina rapidamente o percentual de dano mecânico (ruptura do tegumento) em sementes de soja, que é ocasionado durante o processo de colheita ou trilha (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2004), permitindo ajustes necessários na colhedora, bem como auxilia na decisão do destino do lote colhido, pois, se o índice de danos ultrapassar 10% não se recomenda a utilização como semente (ROCHA JUNIOR, 1999).

Krzyzanowski *et al.* (2008a) recomendaram que durante a colheita sejam feitas três amostragens de sementes durante o dia, uma na metade da manhã, outra ao meio dia e outra na metade da tarde, para serem avaliadas quanto ao dano mecânico pelo teste de hipoclorito de sódio. Isso se deve ao fato da mudança de umidade do ambiente durante o período de colheita.

É utilizado também no momento da recepção das sementes em Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS) e em toda a linha de beneficiamento para avaliação dos danos mecânicos ocasionados pelos equipamentos (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2004).

Segundo Krzyzanowski *et al.* (2008a), o índice de 10% de sementes trincadas obtidas pelo teste de hipoclorito corresponde a cerca de 75% de vigor pelo teste de tetrazólio, sendo que esse valor é considerado mínimo pelos produtores para a comercialização das sementes.

Condutividade elétrica

Segundo Vieira *et al.* (2002), os testes que avaliam a integridade das membranas seriam, teoricamente, os mais sensíveis para estimar o vigor. Dessa forma, pode-se destacar o teste de condutividade elétrica, no qual a qualidade das sementes é avaliada indiretamente por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranais das células. Esse teste tem sido eficiente para determinar o vigor de sementes de soja quando comparado com outras avaliações e com a emergência em campo (MOTTA, 1986).

Custódio (2005) concluiu que os testes baseados na permeabilidade de membranas são importantes para verificação da qualidade fisiológica de sementes e são muito mais estudados na verificação da qualidade de sementes de ervilha e soja.

Vieira *et al.* (2002) avaliaram o efeito do teor de água inicial sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes de soja e observaram que em três níveis de vigor houve redução na condutividade elétrica à medida em que o teor de água aumentou de 7% para 17%; dentro do nível alto, ocorreram as menores variações nos resultados da condutividade elétrica, variações estas que aumentaram com a redução do vigor.

Teste de frio

O teste de frio foi desenvolvido inicialmente para avaliar o vigor de sementes de milho e, posteriormente, foi adaptado para outras espécies, simulando situações desfavoráveis de ambiente (MARCOS FILHO *et al.*, 1987). É muito utilizado em regiões onde a época de semeadura coincide com períodos chuvosos e de baixa temperatura e é considerado um teste de resistência, pois os lotes que melhor resistem a condições adversas são considerados mais vigorosos (CICERO e VIEIRA, 1994).

Utilizando o teste de frio para a avaliação do vigor de sementes de soja, Miguel e Cícero (1999), observaram que a metodologia que se utilizava de caixa e de rolo de papel com terra, proporcionaram reduções drásticas na emergência das plântulas, principalmente para os materiais com qualidades fisiológicas mais baixas, e que as metodologias com rolo de papel sem terra apresentaram as melhores correlações com os testes de primeira contagem de germinação, condutividade elétrica e de emergência de plântulas em campo. As correlações entre o teste de condutividade elétrica e as metodologias do teste de frio foram negativas, em função de que a medida que aumentavam as leituras de condutividade elétrica, diminuíram a qualidade fisiológica das sementes.

Waters e Blanchette (1983) *apud* Miguel e Cícero (1999), afirmaram que se ocorrerem altas correlações entre a metodologia do rolo de papel sem terra e a emergência de plântulas em campo, esse método pode ser recomendado para estimar a emergência de plântulas em condições adversas de campo, como excesso de água e baixas temperaturas.

Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado é muito utilizado e busca a “resposta” das sementes quando submetidas a condições adversas de ambiente, geralmente estresses. Tem como base o aumento da taxa de deterioração das sementes quando essas são submetidas a exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa. Dessa forma, os lotes com menor vigor perdem com facilidade sua viabilidade, enquanto que os de alto vigor, normalmente conseguem produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao “envelhecimento” (MARCOS FILHO, 1994). Neste teste, as sementes são submetidas a temperaturas e umidade elevada por um período curto, e depois são então colocadas para germinar. As sementes de alto vigor mantêm sua viabilidade, porém as de baixo vigor tem sua viabilidade reduzida (AOSA, 1983).

Esse teste é um dos mais populares para a avaliação do vigor em várias espécies, proporcionando informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995 apud MARCOS FILHO *et al.*, 2001). Foi desenvolvido inicialmente para determinar o potencial de armazenamento das sementes. Porém, tem sido utilizado, para verificar a avaliação do potencial de emergência de plântulas em campo (FREITAS e NASCIMENTO, 2006).

Vários são os trabalhos com envelhecimento acelerado com diversas espécies, Piana *et al.* (1995), avaliando sementes de cebola, Binotti *et al.* (2008), quanto a qualidade fisiológica de sementes de feijão, Marcos Filho *et al.* (2001) e Schuab *et al.* (2006) em sementes de soja e Dutra e Vieira (2004) em milho e soja.

Piana *et al.* (1995) verificaram que os testes de envelhecimento acelerado e de frio foram os que apresentaram melhor relação com a emergência de plântulas de cebola em campo, e ainda a obtenção de mudas mais vigorosas.

Deterioração controlada

O teste de deterioração controlada é baseado na resistência das sementes ao estresse pela exposição a temperaturas e umidade elevadas. Dessa forma, segundo Marcos Filho *et al.* (2001), a porcentagem de plântulas normais é proporcional ao vigor das sementes.

Dutra e Medeiros Filho (2008) observaram que em sementes com 24% de teor de água, submetidas a 40°C de temperatura por 48h, já é possível detectar diferenças de vigor entre os lotes de sementes.

Rosseto e Marcos Filho (1995) concluíram que os testes de envelhecimento

acelerado e deterioração controlada tornam possível a identificação de diferenças de qualidade fisiológica entre lotes de sementes de soja e que o teste de envelhecimento acelerado causa menor porcentagem de germinação das sementes que são expostas a este, em comparação com o teste de deterioração controlada.

Marcos Filho *et al.* (2001) observaram que o teste de deterioração controlada conseguiu discriminar a diferença do potencial fisiológico entre lotes, da mesma forma que o envelhecimento acelerado. Assim, afirmaram que o teste de deterioração é tão eficiente quanto o teste de envelhecimento acelerado para a avaliação do vigor das sementes de soja.

A deterioração controlada, mantendo as sementes numa condição controlada de alta umidade e temperatura, permite que se distingua diferentes estádios de deterioração de lotes de sementes (KRZYZANOWSKI e VIEIRA, 1999).

Teste de tetrazólio

A qualidade das sementes de soja é muito influenciada pelas condições de alta temperatura e umidade relativa após a maturação e, principalmente, pela incidência de *Phomopsis sp.* Como o teste de tetrazólio tem resposta rápida, precisa e traz grande número de informações, sendo muito utilizado por empresas para avaliar a qualidade das sementes no recebimento (ANDREOLI *et al.*, 1995). Esse teste, segundo Krzyzanowski *et al.* (1999); França Neto *et al.* (1999), fornece diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade: danos mecânicos, deterioração por umidade e danos por percevejo, que, segundo eles, são os problemas que mais frequentemente afetam a qualidade fisiológica das sementes de soja, a de permitir verificar danos de secagem, de estresse hídrico e de geada.

Schuab *et al.* (2006) compararam testes na avaliação do vigor de sementes para verificar sua relação com a emergência das plântulas em campo, determinando a emergência em campo e areia, germinação, velocidade de emergência em areia, envelhecimento acelerado, frio modificado, tetrazólio (1-3 e 1-5) e condutividade elétrica para dez cultivares de soja. Os resultados foram submetidos a análise de variância e correlação. Esses autores sugeriram a utilização dos testes de envelhecimento acelerado, germinação (primeira contagem e contagem final), o tetrazólio (1-3 e 1-5) e a condutividade elétrica para a avaliação do potencial fisiológico das sementes de soja, mas consideraram dispensáveis os testes de emergência em areia e frio modificado.

França Neto *et al.* (1999), destacaram o teste de tetrazólio como importante ferramenta para o controle de qualidade de sementes e classificaram os níveis de viabilidade em classes de 1 a 5, como sendo viáveis, e de 6 a 8, como não viáveis.

Ainda separaram cada classe de sementes da seguinte maneira:

Classes 1, 2 e 3 correspondem às sementes viáveis e vigorosas.

Classe 1 : mais alto vigor.

Classe 2 : alto vigor.

Classe 3: vigor médio.

Classes 4 e 5 correspondem às sementes apenas viáveis.

Classe 4: vigor baixo.

Classe 5: vigor muito baixo.

Classes 6, 7 e 8 correspondem às sementes que não são viáveis.

Classe 6: não-viável.

Classe 7: não-viável.

Classe 8: semente morta.

Crescimento de plântulas

O Comitê de Vigor da ISTA (HAMPSON, 1992 *apud* VANZOLINI *et al.*, 2007) constatou que alguns laboratórios empregavam o teste de crescimento de plântulas para compor, junto com outros testes, um índice de vigor em sementes de algodão, de ervilha e milho. Segundo Nakagawa (1999), o crescimento de plântula pode ser mensurado por meio do comprimento e da massa de matéria seca de plântula. Ambos são medidas de grandeza física (dimensão e massa, respectivamente); dessa forma independem de subjetividade do analista, tornando mais fácil a reprodutibilidade dos resultados.

Vanzolini *et al.* (2007), analisando o comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, utilizaram o coeficiente de correlação simples entre os resultados médios dos testes de laboratório e a emergência de plântulas em campo e observaram correlação positiva e significativa somente para o teste de primeira contagem da germinação e o comprimento da raiz. E o índice de velocidade de emergência de plântulas em campo correlacionou-se positivamente com o comprimento de raiz, hipocótilo e de ambos. No entanto, apenas a massa de matéria seca das plântulas, ao final do teste de germinação em areia, e a massa de matéria seca de plântulas após o teste frio, correlacionaram-se positivamente com a massa de matéria seca da parte aérea das plântulas em campo. Concluíram que o comprimento de plântulas, ou de parte delas, dada pelo número de sementes colocadas em teste é

mais sensível para classificar lotes com diferenças sutis de qualidade, em comparação com a forma tradicional de expressar o comprimento com base no número de plântulas normais obtidas no final do teste.

Segundo Rocha *et al.* (1990) e Nakagawa (1994), as sementes que produzem maior massa verde em condições normais, são mais vigorosas.

Para Nakagawa (1999), as cultivares que apresentarem maior massa seca são consideradas mais vigorosas, pelo fato de transferirem maior quantidade de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário durante a fase de germinação. Dessa forma, pelo maior acúmulo de matéria, originam plântulas com maior massa. Se as sementes mais vigorosas se encontrarem em condições desfavoráveis de ambiente, terão maior capacidade de emergir plântulas com bom desenvolvimento inicial, em consequência, obter maior translocação e acúmulo de matéria seca em suas partes (NAKAGAWA, 1994).

Dan *et al.* (1987) relataram que plantas obtidas de sementes mais vigorosas conseguem transferir com mais facilidade as reservas dos tecidos de armazenamento para o eixo embrionário, possibilitando maior crescimento inicial de plântulas. Assim, apresentam maior produção de matéria seca, diferentemente das sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI *et al.*, 2005).

Segundo Rocha *et al.* (1990), a medida que o grau de deterioração aumenta, reduz a extensão e a velocidade de desenvolvimento inicial das células meristemáticas. Quanto menor o tamanho da aérea medida em relação a outra cultivar, maior a deterioração da mesma.

Foi observado por Schuch *et al.* (2009) que sementes de soja de alta qualidade fisiológica apresentaram plantas com maior tamanho.

2.4.2.2 Testes realizados em campo

Emergência

Esse teste visa determinar o vigor do lote de sementes a partir a análise de emergência das plântulas em condições de campo. Assim, os lotes que apresentarem maior porcentagem de sementes capazes de emergir plântulas do solo, em condições de campo, são de sementes mais vigorosas, por que sementes menos vigorosas, não têm a capacidade de germinar e emergir em condições de ambiente e solo que muitas vezes não lhes são favoráveis (NAKAGAWA, 1999).

Para Hofs *et al.* (2004), as condições de ambiente e solo, podem prejudicar o estabelecimento da cultura em campo. Trabalhando com arroz, observaram que sementes de menor qualidade fisiológica apresentaram menor emergência em campo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas (LASP) do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Cascavel e em campo, na Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC), situada na BR 467- km 98, município de Cascavel. Cinco cultivares de soja (CD 208, CD 214 RR (transgênica), CD 215, CD 216 e CD 233 RR (transgênica)), colhidas mecanicamente, com uma colhedora John Deere SLC 1175, com plataforma de 16 pés, velocidade de colheita em torno de 4 a 5 km h⁻¹, de rotação do cilindro de 500 a 600 rpm e abertura do côncavo de 30 mm na frente e 20 mm atrás, produzidas no ano agrícola 2008/2009, oriundas da COODETEC, com características morfológicas diferenciadas, foram utilizadas. As sementes foram colhidas com teor de água de 11,5% (CD 233 RR), 13,5% (CD 214 RR), 12,5% (CD 208), 14,5% (CD 215 e CD 216). Até a realização dos testes de qualidade e vigor, as sementes permaneceram embaladas em sacos de papel Kraft, armazenadas em temperatura ambiente.

Para a realização dos testes e análise das sementes ordenou-se as cultivares, de forma crescente:

CD 208

CD 214 RR

CD 215

CD 216

CD 233 RR

As sementes foram classificadas passando por peneiras de 5 a 8 mm de diâmetro, como pode ser observado na Figura 1. Essa classificação foi realizada no Laboratório de Análises de Sementes da COODETEC.

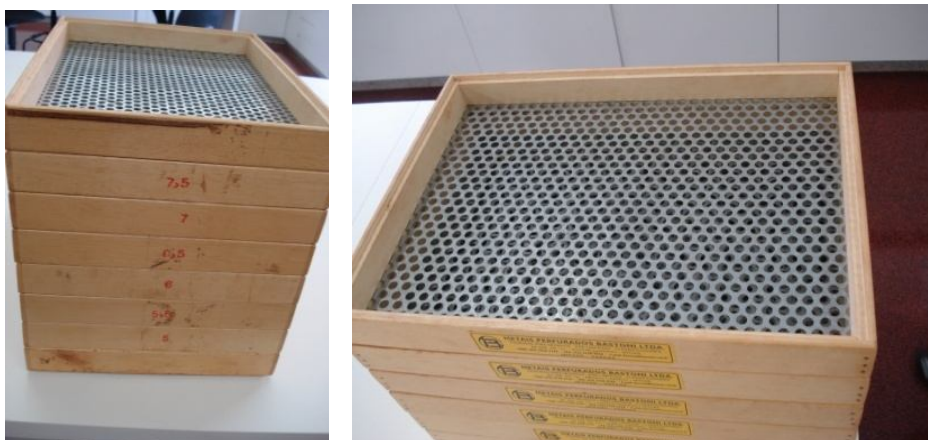


Figura 1 Vista das peneiras sobrepostas para as análises de classificação das sementes.

Na tabela 1 estão apresentadas as classificações das sementes por tamanho, classificadas em peneiras de 5 a 8 mm, apresentando variações de 0,5 em 0,5 mm de diâmetro.

Tabela 1 Classificação das cultivares de sementes por tamanho, em peneiras de 5 a 8 mm, com variações de 0,5 em 0,5 mm de diâmetro

Cultivares	Classificação (Diâmetros/mm)
CD 208 (T1)	6
CD 214 RR (T2)	6
CD 215 (T3)	6,5
CD 216 (T4)	6,5
CD 233 RR (T5)	5,5

Os valores em diâmetros são correspondentes a maior porcentagem de sementes retidas na peneira.

3.1 Avaliação das sementes em laboratório

O trabalho foi realizado no LASP. Os testes para avaliação da qualidade da semente empregados foram teor de água das sementes; massa de 100 sementes; germinação e emergência em areia; sementes quebradas, trincadas e sem tegumento conforme BRASIL (2009); imersão em hipoclorito de sódio (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2004); determinação de vigor por meio do teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1992); índice de velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962); velocidade de germinação (EDMOND e DRAPALA, 1958); coeficiente de velocidade de germinação (FURBECK *et al.*, 1993); índice de velocidade de emergência em areia (MARCOS FILHO *et al.*, 1987); velocidade de emergência em areia (EDMOND e DRAPALA, 1958) coeficiente de velocidade de emergência em areia (FURBECK *et al.*, 1993); crescimento de plântula em laboratório (NAKAGAWA, 1999); massa seca de crescimento de plântula (NAKAGAWA, 1999); condutividade elétrica (LOEFFLER *et al.*, 1988); tetrazólio (FRANÇA NETO *et al.*, 1988); deterioração controlada (MARCOS FILHO; NOVENBRE; CHAMMA; 2001) e teste de frio (BARROS *et al.*, 1999).

3.2 Avaliações das sementes em campo

O trabalho em campo foi desenvolvido na COODETEC. O ambiente era dotado de estufa (Figura 2) as quais eram abaixadas durante a noite e erguidas durante o dia,

na tentativa de manter sempre uma boa temperatura para as plântulas de soja. Realizava-se irrigação todos os dias durante aproximadamente 20 minutos até que o solo estivesse devidamente úmido (Figura 3), ou seja, o ambiente era controlado de forma a simular uma condição de campo excelente para que a semente germinasse adequadamente e a plântula se desenvolvesse de acordo com o seu vigor.



Figura 2 Estufas utilizadas na realização de ensaios experimentais de germinação de sementes e análise de plântulas.



Figura 3 Sistema de irrigação utilizado nos experimentos.

Os testes realizados em campo foram: porcentagem de emergência das plântulas no campo, crescimento e massa seca da plântula (NAKAGAWA, 1982); índice de velocidade de emergência em campo (IVE) (MAGUIRE, 1962); velocidade de emergência em campo (VE) (EDMOND e DRAPALA, 1958); coeficiente de velocidade de emergência em campo (CVE) (FURBECK *et al.*, 1993).

3.1.1 Testes de qualidade de sementes

3.1.1.1 Teor de água das sementes

Após a homogeneização, quatro amostras de aproximadamente 5 g foram

retiradas de cada cultivar e depositadas em cápsulas de alumínio, foram pesadas e levadas para estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h, com a tampa sob a cápsula. Após 24 h as amostras foram retiradas da estufa, tampadas rapidamente e colocadas em dessecador para resfriamento por 20 minutos. O teor de água foi expresso em porcentagem, a partir da média aritmética das amostras, com uma casa decimal e calculado em base úmida (BRASIL, 2009).

A determinação do teor de água foi realizada apenas para averiguar se não interferiria nos resultados. Não se fez comparação estatística das médias.

3.1.1.3 Teste de pureza

Cinco amostras de 100 g de cada cultivar foram coletadas para exame visual e separação de sementes quebradas, trincadas e sem tegumento. As amostras foram separadas a olho nu, após a separação das frações, essas foram pesadas em balança de precisão 0,001g, calculou-se a porcentagem de sementes quebradas, trincadas e sem tegumento em relação a massa inicial da amostra (BRASIL, 2009).

3.1.1.2 Massa de 100 sementes

Quatro amostras de 100 sementes puras foram obtidas de cada cultivar, as quais foram pesadas em balança de precisão 0,001g. Os resultados foram expressos em gramas por 100 sementes (BRASIL, 2009).

3.1.1.4 Imersão em hipoclorito de sódio

Foram utilizadas quatro amostras de 100 sementes aparentemente íntegras, de cada tratamento. As sementes foram colocadas em copos plásticos e cobertas com solução de hipoclorito de sódio (5,25%) durante 10 minutos, a solução utilizada para o trabalho foi: 25 mL da solução de hipoclorito de sódio a 5,25% (solução estoque) e 975 mL de água destilada obtendo-se 1L de solução. Essa solução foi utilizada por ser indicada para avaliação da ocorrência de dano mecânico na semente de soja (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2004). Após o tempo de imersão, as sementes foram dispostas sobre peneira plástica para escorrer e distribuídas sobre folhas de papel toalha. Foram contadas as sementes intactas e as sementes danificadas (intumescidas). Os resultados foram expressos em porcentagem média de tratamento

conforme metodologia descrita pelos autores.

3.1.1.5 Germinação

Quatro amostras de 50 sementes de cada cultivar foram semeadas sobre duas folhas de papel “germitest”, cobertas por uma terceira folha e enroladas. O papel foi umedecido com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes sua massa (BRASIL, 2009). Os rolos permaneceram em posição vertical em germinador a temperatura de 25°C e umidade relativa em torno de 100% (BRASIL, 2009). A contagem foi diária, a partir do 5º até o 8º dia da semeadura (última contagem).

Foi considerada germinada somente a semente que demonstrou aptidão para produzir plântula normal. Os resultados foram expressos em porcentagem, obtidos a partir da média aritmética para cada cultivar. Os critérios seguidos para apreciação das plântulas foram os definidos em Brasil (2009).

3.1.1.6 Emergência em areia

Foi utilizada areia com textura média como substrato. Quatro amostras de 50 sementes por tratamento foram semeadas em caixas plásticas com volume de 3,0 L e mantidas em condições ambientais de laboratório, temperatura média em torno de 25°C, com regas diárias para manter a umidade. As plântulas normais foram avaliadas no 8º dia (BRASIL, 2009), quando retiradas da areia, foram lavadas em água corrente para observação do sistema radicular e realizada a contagem final.



Figura 4 Vista de uma das bandejas no teste de emergência em areia.

3.1.2 Testes de vigor de sementes

3.1.2.1 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Foi realizado a partir do teste de germinação, anotando-se o número de plântulas do 5º ao 8º dia, de acordo com Maguire (1962).

As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 5º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG) empregando-se a fórmula descrita por Maguire (1962). Quanto maior o IVG, maior o vigor das sementes.

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

em que:

IVG= Índice de velocidade de germinação

G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes germinadas, computadas na primeira, segunda, ..., última contagem.

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

3.1.2.2 Velocidade de germinação (VG)

Foi realizado a partir do teste de germinação, anotando-se o número de plântulas do 5º ao 8º dia. As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 5º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculada a velocidade de germinação (VG), segundo Edmond e Drapala (1958), os quais consideram que o tratamento que apresenta menor média levou menos dias em relação à germinação, portanto, foi aquele que apresentou a maior velocidade de germinação:

$$VG = \frac{(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

em que:

VG = velocidade de germinação;

$G_1, G_2 \dots G_N$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_N$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

Os resultados foram expressos em número de dias que as plântulas levaram para germinar.

3.1.2.3 Coeficiente de velocidade de germinação (CVG)

Foi realizado a partir do teste de germinação, anotando-se o número de plântulas do 5º ao 8º dia. As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 5º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado o coeficiente de velocidade de germinação (VG), segundo a fórmula apresentada por Furbeck *et al.* (1993):

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{N_1 G_1 + N_2 G_2 + \dots + N_n G_n}$$

Em que:

CVG: Coeficiente de velocidade de germinação

$G_1, G_2 \dots G_N$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_N$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

3.1.2.4 Índice de velocidade de emergência em areia (IVE)

Foi realizado a partir do teste de emergência em areia, anotando-se o número de plântulas do 4º ao 8º dia, de acordo com Maguire (1962) e Marcos Filho *et al.* (1987).

As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 4º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009). Para evitar erros foi estabelecido o

comprimento mínimo da parte aérea, a partir do momento que o cotilédone saiu da areia.

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE) empregando-se a fórmula descrita por Maguire (1962). Quanto maior o IVE, maior o vigor das sementes.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

em que:

IVE = Índice de velocidade de emergência

E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda, ..., última contagem.

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

3.1.2.5 Velocidade de emergência em areia (VE)

As plântulas foram contadas a partir da emergência em areia. As avaliações foram feitas diariamente, a partir do 5º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009). Para evitar erros foi estabelecido o comprimento mínimo da parte aérea, a partir do momento que os cotilédones saíram da areia.

O VE foi calculado segundo Edmond e Drapala (1958), os quais consideram que o tratamento que apresentar menor média levou menos dias em relação à emergência das plântulas na areia, portanto, foi aquele que apresentou a maior velocidade de emergência:

$$VE = \frac{(N_1 E_1) + (N_2 E_2) + \dots + (N_n E_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

em que:

VE = velocidade de emergência;

$E_1, E_2 \dots E_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

Os resultados foram expressos em número de dias que as plântulas levaram para emergir.

3.1.2.6 Coeficiente de velocidade de emergência em areia (CVE)

Foi realizado a partir do teste de emergência em areia, anotando-se o número de plântulas do 5º ao 8º dia. As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 5º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado o coeficiente de velocidade de emergência (CVE), segundo a fórmula apresentada por Furbeck *et al.* (1993):

$$CVE = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{N_1 E_1 + N_2 E_2 + \dots + N_n E_n}$$

Em que:

CVE: Coeficiente de velocidade de emergência;

$E_1, E_2 \dots E_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias da sementeira até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

3.1.2.7 Comprimento de plântulas em areia

Foi realizado utilizando as plântulas do teste de emergência em areia. Para o teste retirou-se as plântulas do substrato de forma a evitar a quebra das raízes. As plântulas foram lavadas e então se fez a mensuração de dez plântulas para cada repetição. Foi mensurada a raiz e a parte aérea de cada plântula e então anotados esses valores.

O comprimento médio da raiz e altura da parte aérea foram obtidos somando-se as medidas tomadas de cada plântula normal, em cada repetição, e dividindo-se, a seguir, pelo número de plântulas normais mensuradas. Os resultados foram expressos em cm, com duas casas decimais.

3.1.2.8 Massa verde de emergência em areia

Para a determinação da massa verde utilizou-se as plântulas do teste de emergência em areia, as quais foram retiradas do solo de forma a manter a raiz inteira, lavadas para retirada da areia, para que essa não interferisse no peso, foram cortadas separando-se parte aérea de raiz e então, após secagem, promoveu-se a pesagem (NAKAGAWA, 1999).

O material verde foi pesado, por repetição, em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas que compunham a repetição, obtendo-se a massa da matéria seca por planta. A média aritmética das quatro repetições avaliadas constituiu a massa média da matéria seca da planta da cultivar.



Figura 5 Imagem da esquerda plântulas após lavagem, corte e medida da parte aérea e raiz, prontas para pesagem. Imagem da direita, pesagem de massa verde da parte aérea.

3.1.2.9 Massa seca de emergência em areia

Após pesagem da massa verde, essas plântulas foram colocadas em sacos de papel Kraft, previamente identificados, separadas por parte aérea e raiz e então levadas para a estufa a temperatura 60-65°C, mantidas até atingir massa constante (NAKAGAWA, 1999).

O material seco foi pesado, por repetição, em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas que compunham a repetição, obtendo-se a massa seca por plântulas. A média aritmética das quatro repetições avaliadas constituiu a massa média das plântulas por cultivar.

3.1.2.10 Envelhecimento acelerado

Foram colocadas 42 g de sementes (± 250 sementes) de cada tratamento, em caixa gerbox com bandeja de tela sem contato com o fundo, com 40 mL de água destilada, levadas à câmara de envelhecimento a temperatura de 41°C e 95-100% de umidade relativa por 48 h, seguindo a metodologia de Fratin e Marcos Filho (1984). Vencido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. Foi realizada contagem no 8º dia após a semeadura. O critério de avaliação das plântulas foi o mesmo adotado para o teste de germinação (BRASIL, 2009).

3.1.2.11 Condutividade elétrica

Quatro amostras de 50 sementes, de cada tratamento, foram pesadas e colocadas para embeber, em água deionizada por 24 h a 25°C. Após embebição, as amostras foram agitadas levemente uma a uma, antes da leitura em condutivímetro. Após estabilização do aparelho foi realizada a leitura. O valor obtido foi dividido pela massa de 50 sementes e os resultados foram expressos em mmhos $\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (LOEFFLER *et al.*, 1988).

3.1.2.12 Tetrazólio

Utilizou-se os procedimentos recomendados por França Neto *et al.* (1998). A concentração da solução usada para imersão das sementes foi de 0,075%. Inicialmente, preparou-se a solução estoque a 1,0% misturando-se 10,0 g de sal de tetrazólio em 1,0 L de água destilada, armazenando-se em frasco de cor âmbar, em local escuro e fresco. A solução de trabalho a 0,075% da solução estoque (1,0%) mais 925 mL de água destilada.

Foram utilizadas 100 sementes de cada amostra, por tratamento, em duas subamostras de 50 sementes. Estas sementes foram embaladas em papel toalha umedecido e mantidas a 25°C por um período de 16-20 h. Após o pré-acondicionamento, as sementes foram colocadas em placas de Petri, totalmente submersas na solução de tetrazólio, permanecendo assim por 180 minutos, a 35-40°C, no escuro. Após o período de imersão, as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas submersas em água destilada, dentro do refrigerador, até o momento da avaliação.

As sementes foram avaliadas uma a uma, seccionadas longitudinalmente com auxílio de bisturi, observando a ocorrência de danos nas partes internas e externas dos cotilédones, com atenção especial ao eixo hipocótilo-radícula (Figura 6).



Figura 6 A esquerda, sementes seccionadas longitudinalmente com auxílio do bisturi, prontas para observação e análise. À direita, semente com danificação por picada de percevejo.

As sementes foram classificadas nas classes de 1 a 5, caso viáveis, e de 6 a 8, se não-viáveis, segundo França Neto *et al.* (1999).

3.1.2.13 Crescimento de plântulas

Quatro amostras de 10 sementes, por cultivar, foram semeadas sobre duas folhas de papel “germitest” umedecido com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes o seu peso, sobre uma linha traçada no terço superior do papel substrato. As sementes foram distribuídas tomando-se cuidado com o espaçamento entre as mesmas de direcionar a ponta da radícula para baixo, e então cobertas por uma terceira folha e enroladas (NAKAGAWA, 1994).

As repetições foram preparadas normalmente como o teste de germinação. As repetições de cada cultivar foram agrupadas com atilhos de borracha e colocadas verticalmente no germinador, a temperatura de 25°C (BRASIL, 2009). Após a permanência de oito dias no germinador, as plântulas normais obtidas foram medidas, com o auxílio de uma régua, graduada em mm. Tomou-se a medida do comprimento da raiz e da altura da parte aérea.

O comprimento médio da parte aérea e da raiz da plântula foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais mensuradas. Os resultados foram expressos em mm, com duas casas decimais. O valor do comprimento médio da parte aérea e da raiz da plântula de cada cultivar foi a média aritmética das repetições.

3.1.2.14 Massa seca de plântulas (Crescimento de plântula)

Para a instalação do teste utilizou-se a metodologia do crescimento de plântula, diferindo apenas na avaliação. Após a permanência no germinador as plântulas normais de cada repetição foram retiradas do substrato e contadas. Com auxílio de um bisturi, foram removidos os cotilédones. As plântulas foram colocadas em sacos de papel, separadas por repetição, e a seguir postas para secar em estufa a 60°C, durante 24 h, seguindo a metodologia de Krzyzanowski, Vieira e França Neto (1999). Após, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas para esfriar em dessecador. As repetições uma vez esfriadas, foram pesadas em balança de precisão de 0,001 g e determinada a massa seca total das plântulas componentes, resultando massa seca por plântula, expresso em mg plântula⁻¹.

O valor médio da massa seca da plântula foi a média aritmética das repetições.

3.1.2.15 Deterioração controlada

O teor de água das repetições de sementes foi ajustado para valor de, no mínimo, 15,5%, previamente à instalação do teste. Para isso umedeceu-se em água destilada o papel germitest, com três vezes o seu peso. Pesou-se aproximadamente 5 g de sementes e enrolou-se no papel, foram então colocadas no germinador a 25°C e mantidas por um tempo pré-determinado, no caso, eram retiradas amostras de 10 em 10 min, e então pesadas as sementes novamente, essas foram colocadas em latas de alumínio e determinado o seu teor de água. Após determinação do teor de água, observou-se que o tempo de 30 min foi suficiente para atingir o teor de água necessário. Com o tempo necessário para o ajuste, foram utilizadas 250 sementes de cada cultivar, essas foram pesadas e colocadas no papel previamente umedecidas com três vezes o seu peso de forma que todas ficassem em contato com o papel, embrulhadas em forma de envelope e então levadas ao germinador durante 30 min.

Após esse período, as sementes foram retiradas, embrulhadas em papel alumínio e colocadas em um envelope plástico de forma que ficasse totalmente fechado, não permitindo a entrada de água e então, mantidas em banho maria a 40°C durante 48 horas e, em seguida, as amostras foram colocadas para germinar. A porcentagem de plântulas normais é proporcional ao vigor das sementes. Assim, o efeito do teor de água sobre a deterioração é direto, ao contrário do que se verifica no teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO; NOVEMBRE; CHAMMA, 2001).

3.1.2.16 Teste de frio

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada cultivar. As sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel “germitest”, cobertas por uma terceira folha, enroladas, e mantidas em sacos plásticos a 10°C, durante sete dias. Na sequência, os sacos foram abertos e os rolos colocados em germinador a 25°C por quatro dias (BARROS *et al.*, 1999). As avaliações foram feitas como no teste de germinação, seguindo Brasil (2009).

3.2 Emergência em campo

Os testes foram feitos para verificar o potencial de emergência em campo em função do vigor, de acordo com Nakagawa (1999).

A semeadura se fez com a utilização de um tabuleiro fornecido pela COODETEC (Figura 7), com comprimento de 1,05 m e largura de 28 cm, e pinos para perfuração de aproximadamente 4 cm de profundidade. O tabuleiro apresenta espaço entre linhas de 8,5 cm e entre plantas de 3,5 cm, de modo a semear 100 sementes por repetição.



Figura 7 Vista do tabuleiro utilizado para semeadura de sementes de soja em campo.

3.2.1 Porcentagem de emergência das plântulas no campo

Foram utilizadas 400 sementes de cada cultivar, em quatro repetições de 100 sementes cada, semeada manualmente em sulcos, utilizando o tabuleiro apresentado na Figura 7. Após a semeadura, os sulcos foram cobertos com uma camada fina de terra.

A contagem da emergência foi em uma única vez, após 21 dias de semeadura, quando as plântulas apresentaram os cotilédones perfeitamente abertos e as folhas primárias diferenciadas. Os resultados foram calculados a partir das médias de cada tratamento e expressos em porcentagem.

3.2.1.1 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Foi realizada a contagem das plântulas emersas, nas linhas úteis de cada parcela. As avaliações foram realizadas a partir do quarto dia após a semeadura até a estabilização dos dados, o que ocorreu no 21º dia, seguindo metodologia descrita em Nakagawa (1999). O IVE foi calculado conforme Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_N}{N_N}$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

$E_1, E_2 \dots E_N$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_N$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

Os resultados foram expressos em número de plantas emersas por dia.

3.2.1.2 Velocidade de emergência (VE)

As plântulas foram contadas a partir da emergência do solo, quando atingiram altura de 3,0 cm, em cada linha, até que o número fosse constante. O VE foi calculado segundo Edmond e Drapala (1958), os quais consideram que o tratamento que apresentar menor média levou menos dias em relação à emergência das plântulas do solo, portanto, foi aquele que apresentou a maior velocidade de emergência:

$$VE = \frac{(N_1E_1) + (N_2E_2) + \dots + (N_nE_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

em que:

VE = velocidade de emergência;

$E_1, E_2 \dots E_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

Os resultados foram expressos em número de dias que as plântulas levaram para emergir.

3.2.1.3 Coeficiente de velocidade de emergência (CVE)

Foi realizado junto com o teste de emergência em campo, anotando-se o número de plântulas do 4º ao 21º dia.

As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do 4º dia, contando-se as plântulas normais (BRASIL, 2009).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado a coeficiente de velocidade de emergência (CVE), segundo a fórmula apresentada por Furbeck *et al.* (1993):

$$CVE = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{N_1E_1 + N_2E_2 + \dots + N_nE_n}$$

Em que:

CVE: Coeficiente de velocidade de emergência

$E_1, E_2 \dots E_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem, (...) até a última contagem;

$N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias da semeadura até a primeira, até a segunda, (...) até a última contagem.

3.2.1.4 Altura e comprimento de plântula

Para a determinação de altura de plântula utilizou-se as plântulas do teste de

emergência em campo, sendo 25 plântulas de cada repetição escolhidas aleatoriamente. Após 21 dias da semeadura, foram tomadas as medidas da parte aérea das plântulas no campo, em cm, do nível do solo até a extremidade do caule (gema), como pode ser observado na Figura 8.

Obtidos os valores individuais, calculou-se a altura média das plantas por repetição, fazendo-se a somatória das medidas obtidas, a qual foi dividida pelo número de plântulas mensuradas. A altura média da plântula da cultivar foi obtida pela média aritmética das quatro repetições.



Figura 8 Mensuração de plântula.

3.2.1.5 Massa seca de plântula

Foram utilizadas as plântulas avaliadas no teste de emergência, as quais foram cortadas rentes ao solo (Figura 9) e levadas ao laboratório, e então colocadas em estufa a 60°C até atingirem massa constante. Esse material foi pesado em balança de precisão 0,001g. A massa obtida foi dividida pelo número total de plântulas da amostra, constituindo-se assim a massa seca média de plântula por cultivar (NAKAGAWA, 1999).



Figura 9 Plântulas sendo cortadas rente ao solo para o teste de massa seca.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental para os testes de laboratório e em campo foi inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada cultivar.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados expressos em porcentagem (testes de germinação, envelhecimento acelerado, tetrazólio, etc.) foram

transformados em $\arcsen\sqrt{\frac{x}{100}}$, e os dados que não apresentaram normalidade foram transformados em \sqrt{x} , conforme Banzato e Kronka (2006).

A classificação dos valores do coeficiente de variação (CV) foi determinada de acordo com Gomes (2000), sendo estes considerados baixos até 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30 % e muito altos acima de 30 %.

A análise de correlação linear de Pearson foi a partir do programa Minitab 14, visando estabelecer a correlação entre os testes realizados em laboratório (germinação e vigor) com a emergência em campo.

Em função dos testes realizados em laboratório, foram feitas análises de regressão visando explicar a emergência em campo em função de testes realizados em laboratório. As análises de regressão foram feitas separando as variáveis explicativas, agrupando os testes de laboratório em testes de avaliação de crescimento de plântula, testes de vigor e de viabilidade de sementes.

O objetivo foi obter um modelo de regressão capaz de explicar a emergência em campo.

Quando o número de variáveis candidatas a variáveis explicativas do modelo é muito grande, são empregados procedimentos automáticos de procura das variáveis a serem incluídas no modelo. Sendo assim, foi utilizado o método "stepwise", que constrói de forma interativa, uma sequência de modelos de regressão, adicionando ou removendo variáveis em cada etapa (WERKEMA, 1996).

Para determinação do crescimento das plântulas, os testes relacionados foram:

- Altura de parte aérea;
- Comprimento de raiz;
- Massa seca de parte aérea;
- Massa seca de raiz;

Para determinação do vigor das sementes, os testes relacionados foram:

- Massa de 100 sementes;
- Tetrazólio (vigor), (DM 1-8), (DM 6-8);

- IVG, VG, CVG;
- IVE, VE, CVE;
- Condutividade elétrica;
- Deterioração controlada;
- Teste de frio;

Para determinação da viabilidade das sementes, os testes relacionados foram:

- Porcentagem de germinação;
- Tetrazólio (viabilidade);
- Emergência em areia;

Foi ajustado um único modelo ao conjunto de dados para cada agrupamento de testes, empregando variáveis indicadoras (Dummy) para representação dos cinco tratamentos. Sendo assim, foram utilizadas quatro variáveis Dummy, uma vez que conforme Werkema, (1996), uma variável qualitativa com t níveis é representada por $t-1$ variáveis indicadoras, cada uma delas assumindo os valores 0 ou 1.

$$(C1, C2, C3, C4) = \begin{cases} (1, 0, 0, 0) \text{ para a cultivar CD 208 (1)} \\ (0, 1, 0, 0) \text{ para cultivar CD 214 RR (2)} \\ (0, 0, 1, 0) \text{ para a cultivar CD 215 (3)} \\ (0, 0, 0, 1) \text{ para a cultivar CD 216 (4)} \\ (0, 0, 0, 0) \text{ para a cultivar CD 233 RR (5)} \end{cases}$$

A utilização conjunta dos dados correspondentes aos cinco tratamentos, permitiu um maior número de graus de liberdade para a soma de quadrados residual, o que é vantajoso para a estimação da variância do componente de erro aleatório do modelo (WERKEMA, 1996).

Para isso foi utilizada a técnica de múltipla regressão linear e para ajuste do modelo utilizou-se o método de mínimos quadrados ordinários a partir do programa software *Minitab 15*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores dos teores de água das cinco cultivares avaliadas neste trabalho na colheita e na entrada do laboratório.

Tabela 2 Valores de teor de água das cultivares na colheita (COODETEC) e teor de água determinado na entrada do laboratório para auxiliar nas análises dos testes realizados

Cultivar	CD 208	CD 214RR	CD 215	CD 216	CD 233RR
Teor de água na colheita (COODETEC) (%)	12,5	13,5	14,5	14,5	11,5
Teor de água na entrada do laboratório (%)	11,8	12,2	14,5	11,3	10,0

A determinação do teor de água foi realizada apenas para constatar possível interferência nos resultados, por isso, não se fez comparação estatística de média entre as cultivares.

Observa-se na Tabela 2 que o maior teor de água foi apresentado pela cultivar CD 215 com 14,5 % e o menor foi apresentado pela cultivar CD 233RR com 10,0%.

Segundo França Neto *et al.* (2007), no momento da colheita, se a semente apresentar teor de água abaixo de 12%, tende a apresentar danos mecânicos imediatos, que são quebras, trincas, rachaduras e acima de 14% apresentará danos latentes, que são amassamentos, abrasões, dentre outros. Isso também poderá ocorrer no momento da recepção e secagem, sendo que as sementes que chegarem com nível acima de 12,5% de umidade devem ser secadas. Essas técnicas são adotadas visando evitar, tanto no momento da colheita como da armazenagem, perda de vigor devido ao teor de água. Levando em consideração o pressuposto acima, as sementes utilizadas para realização dos testes neste trabalho, com seu teor de água avaliados durante a colheita, como é o caso da cultivar CD 214RR, CD 215, CD 216 deveriam ser secadas pois apresentaram teores de água acima de 12,5%. Porém, ao chegarem no laboratório, a única cultivar que apresentou teor de água acima do recomendado foi a cultivar CD 215.

Comparando esses valores obtidos da análise na entrada do laboratório aos obtidos durante a colheita, fornecidos pela empresa produtora (COODETEC), que foram de 11,5% (CD 233 RR), 13,5% (CD 214 RR), 12,5% (CD 208), 14,5% (CD 215 e CD 216), observa-se que, para todas houve decréscimo do teor de água, com exceção novamente da CD 215, a qual se manteve, isso porque com o tempo, por serem

higroscópicas, o teor de água das sementes se equilibra com a umidade relativa do ar.

4.1 Análises em laboratório

Na Tabela 3 encontram-se o resumo da análise de variância dos dados referentes ao teste de germinação (plântulas normais, anormais e sementes mortas), índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) e coeficiente de germinação (CVG).

Tabela 3 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para o teste de germinação (plântulas normais, anormais e sementes mortas); índice de velocidade de germinação (IVG); velocidade de germinação (VG); coeficiente de velocidade de germinação (CVG)

Teste	Variáveis	F	MG	CV (%)
Germinação	IVG	0,00 *	19,25 plantas dia ⁻¹	1,29
	VG	0,17 ^{ns}	9,09 dias	34,71
	CVG	0,54 ^{ns}	19,71	0,67
	Normais	0,00 *	89 %	3,77
	Anormais	0,08 ^{ns}	8 %	39,41
	Mortas	0,00 *	3 %	88,26

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F para as variáveis plântulas normais, sementes mortas e IVG foram significativos, indicando que apresentaram diferença estatística entre as cultivares. As variáveis plântulas anormais, VG e CVG não foram significativos, indicando que não houve diferença estatística entre as cultivares.

O coeficiente de variação de porcentagem plântulas normais, IVG e CVG foi considerado baixo, sendo inferiores a 10%. Assim, os dados podem ser considerados homogêneos. Porém, os parâmetros porcentagem de plântulas anormais, sementes mortas e VG, apresentaram coeficiente de variação muito altos, acima de 20%, sendo então os dados considerados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias da porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas, o índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) e coeficiente de germinação (CVG), referentes ao teste de germinação.

Tabela 4 Porcentagem média de plântulas normais, anormais, mortas, índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) em dias, e coeficiente de velocidade de germinação (CVG), obtidas pelos teste de germinação

Cultivar	Normais	Anormais	Mortas	IVG (Plantas dia ⁻¹)	VG (Dias)	CVG
CD 208	87 ab	9 a	4 ab	18,17 a	6,62 a	19,52 a
CD 214RR	80 a	13 a	7 b	18,86 ab	7,69 a	19,68 a
CD 215	88 ab	11 a	2 ab	19,55 b	8,75 a	19,78 a
CD 216	97 b	3 a	0 a	19,79 b	10,38 a	19,82 a
CD 233RR	95 b	4 a	1 a	19,88 b	12 a	19,72 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias e os resultados em porcentagem transformados em $\sqrt{x/100}$ e transformação em \sqrt{x} para os parâmetros que não apresentaram normalidade.

Pode-se observar, a partir da Tabela 4, que a porcentagem de plântulas normais obtidas nas cultivares CD 216 e CD 233RR não diferiram estatisticamente das cultivares CD 208 e CD 215, e diferiram da cultivar CD 214RR. As médias de plântulas anormais não diferiram entre as cultivares. Analisando a variável, sementes mortas, observa-se que CD 216 e CD 233RR apresentaram as menores médias, porém, não diferiram de CD 208 e CD 215, mas diferiram da cultivar CD 214RR.

Marcondes *et al.* (2005) e Krzyzanowski (2004) ressaltaram que a qualidade da semente é garantida por meio de padrões mínimos de germinação; padrões esses estabelecidos e controlados pelo governo por meio de normas de produção e comercialização. Tais fatores contribuem para que sejam alcançados níveis altos de produtividade.

Matsuo *et al.* (2008), em análise da qualidade fisiológica de diversas cultivares de sementes de soja produzidas em uma única região de Goiás, observaram diferenças significativas de porcentagem de germinação entre as cultivares, de forma que uma das cultivares apresentou médias de germinação bem inferior às outras. Apesar de apresentarem diferença quanto à porcentagem de germinação, as cultivares analisadas neste trabalho, apresentam valor acima do exigido (80%) para serem usadas como sementes, segundo SEAB – PR (1986) e BRASIL (2003). Contudo, deve-se tomar cuidado, segundo Bated (2003), pois a semente de soja pode perder sua qualidade durante o armazenamento, principalmente se a qualidade inicial é baixa. Durante esse período, a semente pode perder qualidade pelo processo de deterioração, o qual é inexorável e irreversível (DELOUCHE, 2002). E ainda, deve-se levar em consideração que o teste de germinação só tem validade por seis meses (SEAB – PR, 1986).

Vanzolini e Carvalho (2002) obtiveram resultados diferenciados de porcentagem de emergência de uma cultivar com lotes de níveis de vigor alto, médio e

baixo. Sendo que as sementes de vigor alto e médio apresentaram porcentagem acima de 80% e as de baixo vigor, dois lotes dos três, apresentaram porcentagem de germinação inferior a 80%. Neste trabalho, também se verificou diferentes porcentagens de germinação, mas todas apresentaram porcentagem acima de 80%.

Observa-se ainda que o tamanho das sementes, como pode ser observado na Tabela 1, não apresentou influência sobre a germinação, sendo que a cultivar CD 233RR que possui o menor tamanho de sementes, apresentou a segunda maior média de germinação referente à porcentagem de plântulas normais, concordando com Carvalho e Nakagawa (2000), que afirmaram que o tamanho da semente não tem influência sobre a germinação.

A velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação não diferiram entre as cultivares. Mas o índice de velocidade de germinação apresentou-se com as melhores médias para as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR, porém, não diferiram das demais. Segundo Nakagawa (1994), lotes de sementes que apresentam porcentagens de germinação semelhantes, apresentam diferenças nas velocidades de germinação, sendo que as que apresentam maiores velocidades são mais vigorosas que as outras. Nos testes de velocidade de germinação, apenas o IVG apresentou diferença entre as cultivares, sendo que as sementes mais vigorosas foram as das cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR.

Quanto maior o valor de IVG obtido, maior a velocidade de germinação e maior o vigor do lote (MAGUIRE, 1962). Assim sendo, as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram maior vigor, pois apresentaram os maiores IVG. Conforme Nakagawa (1999), há relação direta entre a velocidade de germinação e o vigor de sementes. Dessa forma, sementes com emergência em menor período de tempo apresentam maior índice de vigor.

Quando a semente apresenta maior velocidade de germinação, proporciona vantagens em relação a outras, no aproveitamento de água, luz e nutrientes. Inicia o processo fotossintético mais cedo, proporcionando melhor crescimento da parte aérea e sistema radicular (SCHUCH *et al.*, 2000). Pode-se dizer, levando em consideração os autores acima, que as cultivares CD 215, CD 216 e CD233RR se destacariam, com vantagens, na disputa por recursos do ambiente e apresentariam maior uniformidade plantas.

Nakagawa (1999) salientou que o tamanho da semente é um fator complicador, e sementes menores, por necessitarem de menor quantidade de água, são as primeiras a germinar. Porém, neste trabalho, o índice de velocidade de germinação, assim como a velocidade de germinação, não seguiram essa regra. O índice de velocidade de germinação apresentou maior média para a CD 233RR que apresentou

menor tamanho, seguida de CD 215 e CD 216 que são as de maior tamanho, não diferindo estatisticamente das mesmas. Já a velocidade de germinação não apresentou diferença entre as cultivares que possuem sementes de tamanhos diferentes.

Beckert *et al.* (2000) observaram que a velocidade de absorção de água é inversamente proporcional ao tamanho, sendo que sementes menores apresentaram absorção de água mais intensa. Porém, dentre os três tamanhos de sementes, as de tamanho médio apresentaram potencial fisiológico superior. Diferentemente de Beckert *et al.* (2000), as cultivares de tamanho médio, avaliadas neste trabalho, a CD 208 e CD 214RR, foram as que se apresentaram potencial fisiológico inferiores.

Na Tabela 5 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados referentes a plântulas normais, anormais, sementes não germinadas e mortas, do teste de envelhecimento acelerado.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para os dados de vigor determinado pelo teste de envelhecimento acelerado (EA) para sementes de cultivares de soja

Teste	Variáveis	F	MG (%)	CV (%)
Envelhecimento Acelerado	Normais	0,00 *	34	18,13
	Anormais	0,19 ^{ns}	31	18,59
	N. germinadas	0,00 *	26	27,12
	Mortas	0,00 *	10	47,78

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F não foi significativo para a variável plântulas anormais, porém, foi significativo para as variáveis plântulas normais, sementes não germinadas e mortas.

Os coeficientes de variação foram considerados médios para as variáveis plântulas normais e anormais, ou seja, os dados foram considerados homogêneos. Já para as variáveis sementes não germinadas e mortas, os coeficientes de variação foram altos, por estarem acima de 20%, sendo considerados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 6 são apresentadas as médias da porcentagem de plântulas normais, anormais, sementes não germinadas e mortas referentes ao teste de envelhecimento acelerado.

Tabela 6 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais, sementes não-germinadas e mortas avaliadas pelo teste de envelhecimento acelerado para sementes de cultivares de soja

Cultivar	Normais	Anormais	Não germinadas	Mortas
CD 208	20 ab	20 a	55 c	5 a
CD 214RR	6 a	35 a	37 bc	22 b
CD 215	56 c	30 a	13 ab	1 a
CD 216	35 bc	37 a	17 ab	11 ab
CD 233RR	51 c	32 a	7 a	10 ab

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias em porcentagem transformados em $\sqrt{x/100}$.

Avaliando o vigor pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 6), pode-se observar que a variável plântulas normais, nas cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR, apresentaram maiores porcentagens médias, porém, a cultivar CD 216 não diferiu estatisticamente da cultivar CD 208. A cultivar que apresentou menor porcentagem de plântulas normais foi a CD 214RR. Na variável plântulas anormais não houve diferença estatística entre as cultivares. Para sementes não-germinadas observou-se diferença estatística, sendo que CD 215, CD 216 e CD 233RR tiveram médias menores em relação a CD 208 e CD 214RR. No caso de sementes mortas, CD 208 e CD 215 apresentaram as menores médias, não diferindo estatisticamente de CD 216 e CD 233RR e diferindo de CD 214RR. Num contexto geral, percebe-se que as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram mais vigorosas, em relação a CD 208 e CD 214RR. Dutra e Vieira (2004), utilizando o teste de envelhecimento como teste de vigor para sementes de soja, obtiveram resultados satisfatórios para a determinação da diferença de vigor entre lotes, concordando com este trabalho.

O teste de envelhecimento acelerado apresentou cultivares mais vigorosas como as CD 215, CD 233RR, seguida da cultivar CD 216, também com vigor intermediário, que foi também o caso da cultivar CD 208, sendo de vigor inferior a cultivar CD 214RR. Marcos Filho *et al.* (2001), analisando cultivares de soja, também conseguiram diferenciar lotes com vigor alto, intermediário e baixo, a partir deste teste.

Marcos Filho *et al.* (2000) relataram que a diferença de tamanho das sementes influencia na eficiência do teste de envelhecimento acelerado pelo fato das sementes menores captarem água mais rapidamente em relação às maiores; dessa forma, poderia provocar distorções no resultado do teste. Neste trabalho, observou-se que a cultivar CD 233RR possui tamanho inferior às demais, e as cultivares CD 215 e CD 216 tamanho superior, porém, as três cultivares apresentaram valores altos de vigor, assim sendo, o tamanho da semente, aparentemente, não apresentou influência sobre o resultado do teste, neste estudo.

De acordo com Marcos Filho *et al.* (1987), os efeitos do envelhecimento acelerado são menores em sementes com teores de água mais baixos. Porém, relacionando os resultados de germinação da Tabela 6 com os teores de água pré-analisados (Tabela 2), pode-se observar que o maior teor de água foi da cultivar CD 215. No entanto, esta apresentou maior vigor que as cultivares CD 208 e CD 214RR, que apresentaram menor teor de água. Rosseto e Marcos Filho (1995), avaliando o teor de água após o teste de envelhecimento acelerado e deterioração controlada, observaram que foi mais elevado para as sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, e constataram que, provavelmente, a menor germinação neste teste se deu pelo fato do teor de água mais elevado ter acelerado mais drasticamente as atividades metabólicas das sementes.

Também Marcos Filho *et al.* (1987), analisando teor de água e o teste de envelhecimento, observaram que sementes com maiores teores de água após o teste apresentaram menor germinação nos períodos avaliados, diferentemente deste trabalho.

Para Marcos Filho (1991), o vigor das sementes pode ser explicado pela capacidade que as mesmas tem de se desenvolver adequadamente quando são submetidas a condições diversificadas de ambiente, como estresse de temperatura e umidade. Dessa forma, partindo desse pressuposto, as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR teriam melhores condições de desempenho em campo sob condições desfavoráveis.

Ainda, Rosseto e Marcos Filho (1995) e Marcos Filho (2001) afirmaram que o teste de deterioração controlada é eficiente e que se pode comparar ao teste de envelhecimento acelerado, além de possibilitar a identificação de diferenças de qualidade entre lotes de sementes de soja. Porém, concordando com este trabalho, o teste de envelhecimento acelerado, em comparação com a deterioração controlada, é mais drástico, por apresentar menor germinação.

Na Tabela 7 está o resumo da análise de variância dos dados de plântulas normais, anormais e sementes mortas, obtidas do teste de deterioração controlada.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros plântulas normais, anormais e sementes mortas do vigor determinado pelo teste de deterioração controlada de sementes de cultivares de soja

Teste	Variáveis	F	MG (%)	CV (%)
Deterioração controlada	Normais	0,00 *	43	14,34
	Anormais	0,16 ^{ns}	16	23,12
	Mortas	0,00 *	41	13,81

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F não foi significativo para a variável plântulas anormais e foi significativo para as variáveis plântulas normais e sementes mortas.

O coeficiente de variação ficou entre 10% e 20% para as variáveis plântulas normais e sementes mortas, sendo considerado baixo e os dados homogêneos, enquanto que para a variável plântulas anormais, o coeficiente foi acima de 20%, sendo então considerado alto e os dados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 8 são apresentadas as médias de porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas referentes ao teste de deterioração controlada.

Tabela 8 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais e sementes mortas obtidas pelo teste de deterioração controlada de sementes de cultivares de soja

Cultivar	Normais	Anormais	Mortas
CD 208	22 b	21 a	57 b
CD 214RR	4 a	10 a	86 c
CD 215	67 c	14 a	19 a
CD 216	65 c	15 a	20 a
CD 233RR	58 c	20 a	22 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias em porcentagem transformados em $\sqrt{x/100}$.

Avaliando o vigor de sementes, a partir do teste de deterioração controlada observou-se (Tabela 8) que as maiores médias para plântulas normais foram apresentadas pelas cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR, seguidas da CD 208 que diferiu estatisticamente das mesmas e depois CD 214RR, a qual diferiu estatisticamente de todas as cultivares. Para a variável plântulas anormais, as cultivares não apresentaram diferença estatística, comportamento este, semelhante ao teste de envelhecimento acelerado. Porém, para sementes mortas, observou-se que ocorreu o inverso, de forma que as maiores médias foram apresentadas pela CD 214RR, seguida de CD 208. Ao analisar o teste de germinação (Tabela 4), juntamente com o de deterioração, pode-se notar que a cultivar CD 214RR, seguida de CD 208 apresentou o pior desempenho. O teste de deterioração controlada é baseado na resistência das sementes ao estresse pela exposição à temperatura e umidade elevadas, dessa forma, segundo Marcos Filho (2001), a porcentagem de plântulas normais é proporcional ao vigor das sementes.

Assim, pode-se dizer que as cultivares CD 215, CD 216 e CD233RR foram mais vigorosas quando comparadas às outras duas cultivares, e que a CD 208 se mostrou inferior a estas três, porém mais vigorosa que a cultivar CD 214RR.

Concordando com este trabalho, Rosseto e Marcos Filho (1995) concluíram

que os testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada tornam possível a identificação de diferenças de qualidade fisiológica entre lotes de sementes de soja e que o teste de envelhecimento acelerado causa queda no potencial de germinação das sementes expostas a este, em comparação com o teste de deterioração controlada.

Marcos Filho *et al.* (2001) observaram que o teste de deterioração controlada conseguiu discriminar a diferença do potencial fisiológico entre lotes, da mesma forma que o envelhecimento acelerado. Assim, afirmaram que, o teste de deterioração é tão eficiente quanto o teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor das sementes de soja, comportamento este observado neste trabalho. Porém, concordando com Rosseto e Marcos Filho (1995) o teste de envelhecimento acelerado, aparentemente, mostrou-se mais severo que o de deterioração controlada.

Na Tabela 9 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados referentes a plântulas normais, anormais e sementes mortas obtidas do teste de frio.

Tabela 9 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros plântulas normais, anormais e mortas do teste de frio em sementes de cultivares de soja

Teste	Variáveis	F	MG (%)	CV (%)
Teste de frio	Normais	0,00 *	69	5,52
	Anormais	0,01 *	14	20,62
	Mortas	0,00 *	17	32,68

* = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para todas as variáveis analisadas. O coeficiente de variação para a variável plântulas normais foi abaixo de 10%, sendo então os dados homogêneos, já para a variável anormais, o coeficiente de variação foi classificado como alto, pois foi maior que 20% e, para sementes mortas, muito alto, por estar acima de 30%, essas duas variáveis apresentaram dados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 10 estão apresentadas as porcentagens médias de plântulas normais, anormais e sementes mortas, referentes ao teste de frio.

Tabela 10 Porcentagens médias de plântulas normais, anormais e sementes mortas obtidas pelo teste de frio em sementes de cultivares de soja

Cultivar	Normais	Anormais	Mortas
CD 208	87 c	9 a	4 a
CD 214RR	31 a	19 a	50 b
CD 215	74 b	17 a	9 a
CD 216	69 b	18 a	13 a
CD 233RR	85 c	10 a	5 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias em porcentagem transformados em $\sqrt{x/100}$.

Os resultados para o teste de frio, apresentados na Tabela 10, mostraram maiores porcentagens de plântulas normais nas cultivares CD 208 e CD 233RR, diferindo estatisticamente de CD 214RR, CD 215 e CD 216. A CD 215 e CD 216 também apresentaram diferença estatística da cultivar CD 214RR, – de forma que as cultivares CD 208 e CD 233RR demonstraram maior vigor em relação as outras cultivares. Na variável plântulas anormais, não houve diferença significativa entre as cultivares. Já na variável sementes mortas, houve diferença estatística entre a cultivar CD 214RR e as outras cultivares, apresentando média superior às outras.

Cícero e Vieira (1994) definiram o teste de frio como um teste que avalia a qualidade de sementes sob condições adversas de temperatura, ou seja, é um teste de resistência. As sementes que resistirem melhor a essa adversidade são consideradas mais vigorosas. Assim, levando em consideração os autores acima, por apresentar porcentagem de plântulas normais menor que as outras cultivares e porcentagem de sementes mortas maior, a cultivar CD 214RR foi a menos vigorosa pelo teste de frio.

Miguel e Cícero (1999) concluíram que o teste de frio utilizando rolo de papel sem terra, apresentaram as melhores correlações com condutividade elétrica e emergência em campo.

Comparando os resultados obtidos do teste de frio com os do teste de envelhecimento acelerado e deterioração controlada, que têm o mesmo princípio de submeter as sementes a condições adversas de ambiente, observou-se que o dois primeiros, envelhecimento e deterioração, apresentaram a cultivar CD 208 com baixo vigor, e no de frio, esta cultivar se apresentou com vigor elevado. Assim, observa-se que alguns testes têm maior sensibilidade para a determinação do vigor de sementes, é o caso do envelhecimento acelerado, que aparenta ser mais sensível que o deterioração e este mais sensível que o teste de frio. Ainda, pode-se levar em consideração a questão sensibilidade à temperatura, sendo, neste caso, a cultivar CD 208 mais vigorosa por apresentar maior resistência ao frio.

Dessa forma, deve-se considerar o resultado de vários testes de laboratório para avaliação do potencial fisiológico das sementes (MARCOS FILHO, 1990 apud CUSTÓDIO, 2005).

O maior interesse dos pesquisadores é encontrar um teste que represente uma boa relação do resultado do teste em laboratório com a emergência em campo. Piana *et al.* (1995) verificaram que os testes de envelhecimento acelerado e de frio foram os que apresentaram melhor relação com a emergência de plântulas de cebola em campo, e ainda com a obtenção de mudas mais vigorosas. Neste trabalho pode-se observar que o teste de frio não apresentou, de forma tão clara, essa diferença de vigor, quando comparado aos outros testes.

Na Tabela 11 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados referentes à emergência em areia, índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), coeficiente de velocidade de emergência em areia (CVE), massa verde da raiz e parte aérea das plântulas, massa seca de raiz e parte aérea e comprimento de raiz e altura de parte aérea de plântulas de soja pelo teste de emergência em areia.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para emergência em areia; índice de velocidade de emergência em areia (IVE); velocidade de emergência em areia (VE); coeficiente de velocidade de emergência em areia (CVE); massa verde de raiz; massa verde de parte aérea; massa seca de raiz; massa seca de parte aérea; comprimento de raiz e altura de parte aérea de plântulas de soja

Teste	Variáveis	F	MG	CV (%)
Emergência Areia	Emersas	0,00 *	85 %	5,70
	IVE	0,00 *	18,35 plantas dia ⁻¹	6,03
	VE	0,00 *	5 dias	1,66
	CVE	0,00 *	20	3,27
	Massa verde raiz	0,00 *	8,70 g	25,40
	Massa verde de parte aérea	0,00 *	19,44 g	22,45
	Massa seca raiz	0,00 *	0,52 g	24,13
	Massa seca de parte aérea	0,00 *	1,25 g	8,82
	Comprimento de raiz	0,00 *	11,91 cm	13,18
	Altura de parte aérea	0,00 *	17,35 cm	7,29

* = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para todos os parâmetros analisados.

Os coeficientes de variação dos parâmetros plântulas emersas, IVE, VE, CVE, massa seca de parte aérea, e altura de parte aérea se apresentaram inferiores a 10%, valor este considerado baixo, sendo assim, os dados são homogêneos. O parâmetro comprimento de raiz apresentou coeficiente de variação abaixo de 20%, considerado

médio e dados homogêneos. Os parâmetros massa verde de raiz e parte aérea e massa seca de raiz apresentaram coeficientes acima de 20%, sendo dessa forma, considerados altos e os dados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 12 são apresentadas as médias de porcentagem de plântulas emersas, o índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE) e coeficiente de velocidade de emergência (CVE) do teste de emergência em areia.

Tabela 12 Médias em porcentagem de plantas emersas, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e coeficiente de velocidade de emergência obtidos no teste de emergência em areia

Cultivar	Emersas (%)	IVE (Plantas dia ⁻¹)	VE (Dias)	CVE
CD 208	86 b	16,68 b	5,30 b	18,92 a
CD 214RR	75 a	13,77 a	5,55 b	18,01 a
CD 215	84 b	19,29 c	4,80 a	20,82 b
CD 216	96 c	20,21 cd	4,82 a	20,74 b
CD 233RR	97 c	21,79 d	4,55 a	21,98 b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias e os resultado em porcentagem transformados em $\arcsin \sqrt{x/100}$ e transformação em \sqrt{x} para os parâmetros que não apresentaram normalidade.

No teste de emergência em areia (Tabela 12), pode-se observar que para plântulas emersas as cultivares CD 216 e CD 233RR se destacaram quanto ao índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE) e coeficiente de velocidade de emergência (CVE), demonstraram-se, estatisticamente melhores, as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR.

Se a cultivar apresentar emergência rápida e uniforme, isso leva a supor que em campo, estabelecerá estande uniforme, proporcionando cobertura rápida do solo, de forma, a ter condições de maior competitividade com as plantas invasoras (LIMA, 1996). Fleck *et al.* (2003) frisaram que plântulas com velocidade de emergência rápida e uniforme conseguem competir mais eficientemente pelos recursos do meio.

A partir do índice de velocidade de emergência é possível identificar as diferenças entre as cultivares que possuem porcentagens de germinação semelhantes (NAKAGAWA, 1999). Conforme Maguire (1962), quanto maior o valor do IVE, maior é sua velocidade de germinação, dessa forma, maior é o vigor do lote. Segundo Nakagawa (1999), existe uma relação direta entre velocidade de emergência e vigor de sementes, a semente que emergir em um período menor de tempo, apresenta maior vigor.

Schuch *et al.* (2009) definiram sementes de soja emersas até o 6º dia após a semeadura como sendo, provenientes de sementes de alta qualidade, e as emersas

no 9º e 10º dias, como de baixa qualidade.

Na Tabela 13 estão apresentados os valores da média de massa verde de parte aérea e de raiz, massa seca de parte aérea e de raiz e comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de soja submetidas ao teste de emergência em areia.

Tabela 13 Médias de massa verde de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz e comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de soja obtidas no teste de emergência em areia

Cultivar	Massa verde(g)		Massa seca (g)		Comprimento (cm)	
	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz	P. aérea	Raiz
CD 208	19,03 ab	8,31 a	1,01 ab	0,37 a	17,51 a	12,49 b
CD 214RR	14,62 ab	7,16 a	0,84 a	0,39 a	15,52 a	12,24 b
CD 215	11,91 a	5,55 a	1,64 c	0,75 b	16,77 a	7,97 a
CD 216	29,98 c	14,36 b	1,55 c	0,69 b	20,44 b	13,21 b
CD 233RR	21,68 bc	8,13 a	1,22 b	0,41 a	16,51 a	13,64 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias em transformados em \sqrt{x} para os que não apresentaram normalidade.

Com base na Tabela 13, pode-se observar que a massa verde da parte aérea foi maior para a cultivar CD 216, a qual não se diferenciou da CD 233RR, CD 208 e CD 214RR. Para massa verde de raiz observa-se que a cultivar CD 216 apresentou maior média, diferindo estatisticamente de todas as outras, sendo assim, poderia ser classificada como mais vigorosa, seguida das cultivares CD 233RR e CD 208.

Segundo Rocha *et al.* (1990) e Nakagawa (1994), as sementes que produzem maior massa verde em condições normais, são mais vigorosas.

Para o parâmetro massa seca de parte aérea, as cultivares CD 215 e CD 216 apresentaram maiores médias, diferindo das outras cultivares, assim como para massa seca de raiz.

Para Nakagawa (1999), as cultivares que apresentarem maior massa seca são consideradas mais vigorosas, pelo fato de transferirem maior quantidade de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário durante a fase de germinação. Dessa forma, pelo maior acúmulo de matéria, originam plântulas com maior massa. Se as sementes mais vigorosas se encontrarem em condições desfavoráveis de ambiente, terão maior capacidade de emergir plântulas com bom desenvolvimento inicial, em consequência, obter maior translocação e acúmulo de matéria seca em suas partes (NAKAGAWA, 1994).

Vanzolini *et al.* (2007) observaram que a matéria seca das plântulas obtidas no final do teste de emergência em areia apresentou correlação positiva com a massa

seca da parte aérea das plântulas em campo.

Analisando o parâmetro comprimento de parte aérea, observa-se que a cultivar CD 216 apresentou a maior média, diferindo estatisticamente das outras cultivares. A cultivar CD 215 diferiu estatisticamente de todas as outras cultivares apresentando a menor média de comprimento de raiz.

Segundo Rocha *et al.* (1990), à medida que o grau de deterioração aumenta, reduz a extensão e a velocidade de desenvolvimento inicial das células meristemáticas. Assim, quanto menor o tamanho da parte aérea medida em relação a outra cultivar, maior a deterioração da mesma.

Na Tabela 14 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados referentes ao vigor, viabilidade, sementes sem danos, dano mecânico 1-8, dano mecânico 6-8, dano por umidade 1-8, dano por umidade 6-8, dano por ataque de percevejo 1-8, dano por ataque de percevejo 6-8 obtidos pelo teste de tetrazólio.

Tabela 14 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros avaliados pelo teste de tetrazólio

Teste	Variáveis	F	MG (%)	CV (%)
Tetrazólio	Vigor	0,00 *	83,6	3,63
	Viabilidade	0,45 ^{ns}	94,1	2,89
	Sem dano	0,00 *	44,7	6,24
	Mecânico 1-8	0,00 *	12,1	38,82
	Mecânico 6-8	0,47 ^{ns}	1,30	86,62
	Umidade 1-8	0,00 *	13,10	34,08
	Umidade 6-8	0,24 ^{ns}	1,20	123,40
	Percevejo 1-8	0,00 *	35,20	22,47
	Percevejo 6-8	0,00 *	4,10	35,03

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para os parâmetros vigor, sementes sem dano, dano mecânico 1-8, dano por umidade 1-8, dano por ataque de percevejo 1-8 e dano por ataque de percevejo 6-8.

Os coeficientes de variação das variáveis vigor, viabilidade e sementes sem dano foram inferiores a 10%, sendo então considerados baixos e os dados homogêneos. O coeficiente de variação da variável ataque por percevejo 1-8, ficou entre 20% e 30%, sendo considerado alto e os dados heterogêneos. As variáveis dano mecânico 1-8, dano mecânico 6-8, dano por umidade 1-8, dano por umidade 6-8, e dano por ataque de percevejo 6-8 apresentaram coeficiente de variação acima de 30%, sendo considerados muito altos e os dados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 15 estão apresentadas as médias da porcentagem sementes sem

danos (SD), vigor, viabilidade de sementes de soja submetidas ao teste de tetrazólio.

Tabela 15 Porcentagens médias de sementes sem dano (SD), vigor e viabilidade obtidas pelo teste de tetrazólio

Cultivar	SD	Vigor	Viabilidade
CD 208	32,5 a	75,5 a	95 a
CD 214RR	27 a	79 ab	93 a
CD 215	59 c	91 c	93,5 a
CD 216	59 c	87,5 c	96 a
CD 233RR	46 b	85 bc	93 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias transformados em \sqrt{x} para os que não apresentaram normalidade.

Analisando a porcentagem de sementes sem danos, na Tabela 15 pode-se notar que as cultivares CD 215 e CD 216 apresentaram as maiores médias diferindo das demais, em sequência apresenta-se a cultivar CD 233RR, diferindo das CD 208 e CD 214RR. A cultivar que apresentou maior média de porcentagem de vigor foi a cultivar CD 215, porém, esta não diferiu da CD 216 e CD 233RR, a cultivar CD 216 também apresentou maior média de massa verde de parte aérea e raiz e maior média de altura de parte aérea, se destacando como mais vigorosa, fato esse observado na Tabela 13. E menores médias de porcentagem de vigor foram apresentadas pelas cultivares CD 208 e CD 215. Para o parâmetro viabilidade não houve diferença estatística.

Na Tabela 16 estão apresentadas as médias da porcentagem de dano mecânico 1-8, dano mecânico 6-8, dano por umidade 1-8, dano por umidade 6-8, dano por ataque de percevejo 1-8, dano por ataque de percevejo 6-8, sementes sem danos, vigor, viabilidade de sementes de soja submetidas ao teste de tetrazólio.

Tabela 16 Porcentagens médias de dano mecânico 1-8, dano mecânico 6-8, dano por umidade 1-8, dano por umidade 6-8, dano por ataque de percevejo 1-8, sementes sem danos (SD), vigor, viabilidade obtidos pelo teste de tetrazólio

Cultivar	Mecânico 1-8	Umidade 1-8	Percevejo 1-8	Mecânico 6-8	Umidade 6-8	Percevejo 6-8
CD 208	15 ab	7,50 a	51 b	1,5 a	0,0 a	1,84 a
CD 214RR	22,50 b	20 b	35 ab	2 a	0,70 a	2,45 a
CD 215	10 a	12 ab	25,5 a	1,5 a	1,35 a	1,06 a
CD 216	8 a	19 b	19 a	0,5 a	0,35 a	1,71 a
CD 233RR	5 a	7 a	45,5 b	1 a	0,96 a	2,34 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias transformados em \sqrt{x} para os que não apresentaram normalidade.

Observa-se na Tabela 16 que para a variável dano mecânico 1-8, as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram as menores médias, não diferindo da cultivar CD 208. Para o parâmetro dano por umidade 1-8 observa-se que as cultivares CD 208, CD 215 e CD 233RR apresentaram-se estatisticamente semelhantes. No parâmetro ataque por percevejo 1-8 as cultivares CD 233RR e CD 214RR não diferiram estatisticamente, sendo que apresentaram as maiores médias de porcentagem de dano. Para os parâmetros dano mecânico 6-8, dano por umidade 6-8 e por ataque de percevejo 6-8, não se verificou diferença estatística entre as cultivares.

Segundo França Neto *et al.* (1999), o nível de vigor é classificado como muito alto para valores iguais ou superiores a 85%, alto para valores entre 84% e 75%, médio para valores entre 74% e 60%, baixo para valores entre 59% e 50% e muito baixo para valores iguais ou inferiores a 49%. Dessa forma, pode-se classificar as cultivares CD 208 e CD 214RR como sementes com alto vigor, e as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR como sementes com vigor muito alto.

Em campos de produção de sementes são desejáveis níveis de vigor acima de 90% e 95%, porém, esse nível pode variar de acordo com a exigência de qualidade de cada empresa que produz a semente (KRZYŻANOWSKI *et al.*, 2008a; FRANÇA NETO *et al.*, 2007). Partindo desse princípio, isto é, de vigor acima de 90%, apenas a cultivar CD 215 seria aceitável como semente de alta qualidade.

Relacionando os níveis de vigor do teste de tetrazólio com os resultados de outros testes, pode-se observar que, as três cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR que apresentaram níveis de vigor mais altos, apresentaram melhores resultados na maioria dos testes realizados.

Os níveis de porcentagem de dano mecânico 6-8, de deterioração por umidade e danos por percevejo, indicam a porcentagem de perda de viabilidade da semente. Se a porcentagem for inferior a 6% é considerado sem restrição, se for entre 7% a 10% é considerado problema sério e, se for superior da 10%, é considerado problema muito sério. Se algum problema considerado sério ou muito sério for observado pelo analista, deve-se adotar ação corretiva para melhorar a qualidade dessas sementes. Essas medidas podem ser ajuste dos maquinários, controle de insetos, etc (FRANÇA NETO *et al.*, 1999). Dessa forma, pode-se afirmar que, conforme o teste realizado, a porcentagem de danos 6-8 em todas as cultivares foi inferior a 6% sendo então consideradas sem restrição.

Schuab *et al.* (2006) compararam testes na avaliação do vigor de sementes para verificar sua relação com a emergência das plântulas em campo para dez

cultivares de soja, os resultados foram submetidos a análise de variância e correlação. Esses autores sugeriram a utilização dos testes de envelhecimento acelerado, germinação (primeira contagem e contagem final), o tetrazólio (1-3 e 1-5) e a condutividade elétrica para a avaliação do potencial fisiológico das sementes de soja, mas consideraram dispensáveis os testes de emergência em areia e frio modificado.

Na Tabela 17 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados referentes a massa de 100 sementes e condutividade elétrica e sementes intumescidas referentes ao teste de hipoclorito de sódio.

Tabela 17 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) para determinação de massa de 100 sementes, condutividade elétrica e sementes entumescidas do teste de hipoclorito de sódio

Testes	Variáveis	F	MG	CV (%)
Massa de 100 Sementes	---	0,00 *	15,24 g	1,21
Condutividade elétrica	---	0,00 *	543,94 mmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	5,29
Hipoclorito de sódio	Sementes entumescidas	0,47 ^{ns}	10 %	19,88

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para massa de 100 sementes e para o teste de condutividade elétrica.

Os coeficientes de variação dos dados de massa de 100 sementes e de condutividade elétrica apresentaram-se abaixo de 10%, sendo então considerados baixos e seus dados homogêneos; já o coeficiente de variação da variável sementes entumescidas do teste de hipoclorito de sódio se apresentou entre 10% e 20%, sendo então considerado médio e os dados homogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 18 são apresentadas as médias da massa de 100 sementes, de condutividade elétrica e médias de porcentagem de sementes intumescidas pelo teste de hipoclorito de sódio.

Tabela 18 Médias de massa de 100 sementes, de condutividade elétrica e média de porcentagem de sementes entumescidas do teste de hipoclorito de sódio

Cultivar	Massa (g)	Condutividade elétrica (mmhos cm ⁻¹ g ⁻¹)	Sementes Entumescidas (%)
CD 208	14,22 b	582,9 b	13 a
CD 214RR	15,76 c	645,5 b	9 a
CD 215	17,43 d	550,5 b	10 a
CD 216	17,59 d	586,8 b	8 a
CD 233RR	11,20 a	353,8 a	9 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias transformados em \sqrt{x} para os que não apresentaram normalidade.

Pode-se observar que para massa de 100 sementes as cultivares que se destacaram foram as que apresentaram maior tamanho de sementes, ou seja, CD 215 e CD 216 e a menor massa foi apresentada pela semente de menor tamanho, CD 233RR.

Ávila *et al.* (2008), utilizando sementes de tamanhos de 5,5 mm a 7,0 mm, de duas cultivares, observaram que o tamanho não afetou a produção e a massa de 100 sementes. Segundo os autores, isso pode ser explicado porque as plantas oriundas de sementes pequenas podem apresentar menor crescimento inicial, porém garantem produção similar às plantas oriundas de sementes grandes.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) e Rocha (1990), as sementes de maior tamanho, ou maior densidade, foram mais bem nutridas durante o desenvolvimento, dessa forma, apresentam embriões bem desenvolvidos e com maiores quantidades de reservas, sendo consideradas potencialmente mais vigorosas. Porém, ressaltaram que se deve levar em conta determinadas situações para essa definição. Muitas vezes as condições ambientais podem não ter sido favoráveis para a sua qualidade, ou podem ter sofrido injúrias mecânicas que reduziram a qualidade.

Outro fator que interfere na massa de 100 sementes é o teor de água. As sementes com maior massa de 100 sementes, CD 215 e CD 216, apresentaram, respectivamente, teor de água de 14,6% e 11,3%. Já a cultivar CD 233RR, com menor massa de 100 sementes, apresentou teor de água de 10,05%.

Porém, ao se comparar com o teste de emergência em areia e germinação, observa-se que a cultivar CD 233RR, de menor tamanho, apresentou emergência semelhante às cultivares CD 215 e CD 216, de maior tamanho, seu índice de velocidade de emergência (IVE) apresentou maior número de plantas emersas por dia, e sua velocidade de germinação foi estatisticamente igual a CD 215 e CD 216. Sendo que a cultivar CD 233RR também se destaca quanto a massa seca de raiz e de parte aérea, já que possui o menor tamanho, mas apresentou porcentagem maior que as sementes de

médio tamanho. No entanto, deve-se considerar que essas avaliações ocorreram sob condições favoráveis de umidade e temperatura.

No teste de condutividade elétrica observa-se que apenas a cultivar CD 233RR diferiu das demais, apresentando menor média de condutividade. Talvez se deva ao fato de apresentar a menor média de dano mecânico, observado no teste de tetrazólio, assim, o tegumento está menos danificado, o que impede a lixiviação das substâncias. Condutividade elétrica mais baixa, supostamente, indica vigor mais alto.

Custódio (2005) concluiu que os testes baseados na permeabilidade de membranas são importantes para verificação da qualidade fisiológica de sementes, pelo fato de o decréscimo de germinação e vigor ser diretamente proporcional ao aumento de lixiviados de solutos. Assim, o método de condutividade elétrica é eficiente para avaliar o vigor das sementes. Discordando deste autor, neste trabalho, a cultivar CD 233RR apresentou o menor média de lixiviados diferindo das outras cultivares, e ao se analisar a maioria dos outros testes, a mesma cultivar se destaca pelo seu vigor. Porém, as cultivares CD 215 e CD 216 também apresentaram bom desempenho em outros testes, mas na condutividade elétrica apresentaram altas médias de lixiviados. E a CD214RR que apresentou o menor vigor nos testes de envelhecimento acelerado, deterioração controlada, teste de frio, emergência em areia, tetrazólio, mostrou condutividade elétrica semelhante às melhores sementes com maior vigor nos mesmos testes.

Vieira *et al.* (2002) avaliaram o efeito do teor de água inicial sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes de soja, e observaram que em três níveis de vigor houve redução na condutividade elétrica à medida que o teor de água aumentou de 7% para 17%. Dentro do nível de vigor alto, ocorreram as menores variações nos resultados da condutividade elétrica, variações estas que aumentaram com a redução do vigor. Diferentemente neste trabalho, observou-se que a semente com menor teor de água, a cultivar CD 233RR, apresentou menor valor de condutividade elétrica. Ainda, as outras cultivares, que apresentaram teores de água diferentes entre si, como por exemplo, a CD 215, com teor de água de 14,6% e CD 216, com teor de água de 11,3% não diferiram estatisticamente quanto à condutividade elétrica, discordando assim de Vieira *et al.* (2002).

Barros e Marcos Filho (1997) observaram, analisando sete lotes de sementes básicas de soja da cultivar Paraná, em cinco épocas de armazenagens, que os valores de condutividade elétrica aumentaram juntamente com a deterioração das sementes. Porém, os diferentes níveis de vigor só foram observados na última época de avaliação, caracterizando o lote cinco com qualidade inferior aos demais. Neste trabalho, levando em consideração outros testes, observou-se que, apesar de a

cultivar CD 233RR ter apresentado bom resultado, não se evidenciou o mesmo em relação às cultivares CD 215 e CD 216, as quais se destacaram em outros testes de vigor, igualando-as as cultivares CD 208 e CD 214RR, as quais, apresentaram resultados inferiores a essas cultivares.

Analisando os resultados do teste de hipoclorito de sódio, observou-se que as cultivares não diferiram estatisticamente entre si na porcentagem de sementes entumescidas. Porém, observa-se que a cultivar CD 208 apresentou 13% de sementes entumescidas, dessa forma, não seria recomendada como semente. De acordo com Rocha Junior (1999); Krzyzanowski; França Neto; Costa (2004) o índice de danos no teste de hipoclorito de sódio não pode ultrapassar 10%, se isso acontecer não se recomenda a utilização como semente.

Segundo Krzyzanowski *et al.* (2008a), o índice de 10% de sementes entumescidas obtidas pelo teste de hipoclorito corresponde a cerca de 75% de vigor pelo teste de tetrazólio, mesmo não sendo obrigatório, esse valor é considerado mínimo entre os produtores para que as sementes sejam comercializadas. Discordando destes autores, neste trabalho a cultivar CD 215, que apresentou 10% de sementes intumescidas, apresentou no teste de tetrazólio vigor de 91%. A cultivar CD 208 que apresentou 13% de sementes entumescidas no teste de hipoclorito, apresentou vigor de 75,5% no teste de tetrazólio. Dessa forma, essa cultivar ainda poderia ser comercializada se analisada pelo teste de tetrazólio, porém, se fosse feito o teste de hipoclorito isoladamente, essa cultivar provavelmente seria rejeitada. As cultivares CD 214RR e CD 233RR apresentaram percentual de 9% de sementes intumescidas e 79% e 85% de vigor, respectivamente. E a cultivar CD 216, que apresentou 8% de sementes intumescidas pelo teste de hipoclorito, apresentou 87,5% de vigor no teste de tetrazólio.

Na Tabela 19 encontra-se o resumo da análise de variância referentes aos parâmetros altura de parte aérea e comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e de raiz obtidos pelo teste de crescimento de plântulas.

Tabela 19 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) do teste de crescimento de plântulas

Testes	Variáveis	F	MG	CV (%)
Crescimento de plântula	Altura de parte aérea	0,00 *	7,41cm	11,43
	Comprimento de raiz	0,00 *	9,8 cm	19,50
	Massa seca parte aérea	0,00 *	0,24 g	13,49
	Massa de raiz	0,00 *	0,08 g	25,27

* = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para todos os parâmetros

analisados do teste de crescimento de plântulas.

Os coeficientes de variação dos dados altura de parte aérea e comprimento de raiz e massa seca de parte aérea apresentaram-se abaixo de 20%, sendo considerados médios, indicando homogeneidade dos dados. O parâmetro massa seca de raiz apresentou coeficiente de variação entre 20% e 30%, sendo então considerado alto e indicando heterogeneidade dos dados, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 20 estão apresentadas as médias de altura de parte aérea e comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e de raiz referentes ao teste de crescimento de plântulas.

Tabela 20 Médias de altura de parte aérea, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz obtidas pelo teste de crescimento de plântulas em laboratório

Cultivar	Altura de parte aérea (cm)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de parte aérea (g)	Massa seca de raiz (g)
CD 208	7,18 ab	7,78 ab	0,175 ab	0,045 ab
CD 214RR	5,85 a	4,10 a	0,162 a	0,039 a
CD 215	6,45 ab	9,41 bc	0,280 cd	0,086 bc
CD 216	9,79 c	14,37 cd	0,331 d	0,124 c
CD 233RR	7,77 b	13,35 d	0,243 bc	0,086 bc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias transformados em \sqrt{x} para os que não apresentaram normalidade.

Observa-se que a maior altura de parte aérea foi apresentada pela cultivar CD 216, diferindo estatisticamente das demais cultivares. A menor média de altura de parte aérea foi apresentada pela cultivar CD 214RR. Analisando o comprimento de raiz pode-se observar que a cultivar CD 233RR apresentou a maior média, sem diferir da cultivar CD 216, e a menor média foi apresentada pela cultivar CD 214RR.

Conforme Nakagawa (1999), a diferença de vigor pode ser observada pelo comprimento médio da plântula ou de parte dela. As amostras que apresentarem maiores valores médios são consideradas mais vigorosas.

Segundo Rocha *et al.* (1990), a base do teste de comprimento de parte aérea e radícula, é que a extensão e a velocidade de desenvolvimento inicial das células meristemáticas diminuem conforme a deterioração aumenta. Assim, sementes mais deterioradas apresentam menor crescimento inicial. Destaca-se dessa forma, neste trabalho, a cultivar CD 216 com maiores médias de crescimento de parte aérea e raiz, seguida da cultivar CD 233RR. E a CD 214RR apresentou o menor vigor em relação as outras cultivares quando comparada a altura de parte aérea e comprimento de raiz.

A cultivar CD 216, seguida da cultivar CD 233RR, se destacaram com as

maiores médias de altura de parte aérea de plântula e comprimento de raiz. De acordo com Schuch *et al.* (2000b) e Schuch *et al.* (2009), plantas provenientes de sementes vigorosas emergem mais rápido de forma que iniciam o processo fotossintético mais cedo, auxiliando o crescimento da parte aérea e da raiz, assim, plantas que provêm de sementes mais vigorosas, com maior taxa de crescimento são mais produtivas.

Ao relacionar com o teste de altura de parte aérea e comprimento de raiz do teste de emergência em areia, pode-se observar que a cultivar CD 216 apresentou diferença estatística com maior média em relação as outras cultivares no parâmetro altura de parte aérea. A menor média de altura de parte aérea para os dois testes foi apresentada pela cultivar CD 214RR. Porém, ao se analisar comprimento de raiz, a menor média foi apresentada pela cultivar CD 215 no teste de emergência em areia, diferente do teste de crescimento de plântulas em que a menor média foi apresentada pela cultivar CD 214RR.

Lima e Carmona (1999), comparando sementes de soja de tamanho grande e pequeno, revelaram que sementes pequenas apresentam redução de emergência e originam plantas de menor altura, sendo que a superioridade das sementes grandes no rendimento de grãos não foi suficientemente comprovada. Discordando deste trabalho, em que se pode observar que sementes de menor tamanho no teste de crescimento de plântula, apresentaram maior medida de parte aérea e raiz do que as de grande e médio tamanho. Apenas a CD 216 teve resultado semelhante aos encontrados pelos autores acima.

Vanzolini *et al.* (2007) observaram que o comprimento de raiz de soja é mais sensível para diferenciar lotes, e este apresenta correlação positiva com a emergência da soja em campo.

Para o variável massa seca de parte aérea, as cultivares CD 215 e CD 216 apresentaram maiores médias diferindo das outras cultivares, assim como para massa seca de raiz.

Segundo Nakagawa (1999), as cultivares que apresentarem maior peso de matéria seca são consideradas mais vigorosas, pelo fato de transferirem maior quantidade de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário durante a fase de germinação. Dessa forma, pelo maior acúmulo de matéria, originam plântulas com maior peso. Se as sementes mais vigorosas se encontrarem em condições desfavoráveis de ambiente, terão maior capacidade de emergir plântulas com bom desenvolvimento inicial, em consequência, obter maior translocação e acúmulo de matéria seca em suas partes (NAKAGAWA, 1994).

Plantas originadas de sementes vigorosas apresentam maior capacidade de transferir as reservas dos tecidos de armazenamento para o eixo embrionário,

possibilitando maior crescimento inicial (DAN *et al.*, 1987).

Relacionando as alturas de parte aérea e comprimento de raiz, com a massa seca e tamanho de sementes, pode-se observar que a cultivar CD 216 apresentou maior altura de parte aérea, maior massa de 100 sementes e maior tamanho de sementes. Porém, a cultivar que apresentou menor tamanho e menor massa de 100 sementes, no caso, a cultivar CD 233RR, apresentou a segunda maior média de altura de parte aérea e comprimento de raiz. Apesar de, aparentemente, o tamanho da semente ter relação com a massa de 100 sementes e o comprimento de partes da planta, isso não pode ser observado pela cultivar CD 233RR. Assim como a cultivar CD 215, que apesar de apresentar maior tamanho de sementes e maior massa de 100 sementes, apresentou altura de parte aérea e comprimento de raiz médios.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), apesar do tamanho da sementes não influenciar na germinação das sementes como afirmado acima, este pode afetar o vigor da planta resultante, sendo que as sementes de maior tamanho originam plantas mais vigorosas, com estandes superiores em condições de campo variáveis. Porém, neste trabalho isso não aconteceu de maneira geral, porque a cultivar CD 233RR, a qual apresentou o menor tamanho de sementes apresenta excelentes resultados em média de altura de parte aérea, comprimento de raiz, assim como em massa seca de parte aérea e de raiz.

Na Tabela 21 encontra-se o resumo da análise de variância referente aos parâmetros sementes puras, quebradas, sem tegumento, trincadas, fragmentos, ataque por percevejos e infestadas, impurezas e outras espécies referentes ao teste de pureza.

Tabela 21 Resumo da análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e coeficiente de variação (CV) do teste pureza

Teste	Variáveis	F	MG (%)	CV (%)
Pureza	Puras	0,00 *	92,23	1,10
	Quebradas	0,00 *	1,65	17,75
	Sem tegumento	0,37 ^{ns}	0,16	168,58
	Trincadas	0,02 *	3,61	46,85
	Percevejos e infestadas	0,00 *	1,92	36,67

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F não foi significativo, apenas para a variável sementes sem tegumento.

Os coeficientes de variação da variável sementes puras se apresentou abaixo de 10%, o que indica coeficiente baixo e dados homogêneos. Para o parâmetro

sementes quebradas, o coeficiente apresentou-se entre 10% e 20%, considerado dessa forma, médio e os dados homogêneos. Para as outras variáveis, sem tegumento, trincadas, fragmentos, percevejos e infestadas, impurezas e outras espécies, apresentaram coeficiente de variação acima de 30% considerado alto, e seus dados heterogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 22 estão apresentados as médias de sementes puras, quebradas, sem tegumento, trincadas, atacadas por percevejos e infestadas, referentes ao teste de pureza.

Observa-se para a variável sementes puras, que as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR diferiram estatisticamente das cultivares CD 208 e CD 214RR, apresentando as maiores médias. Para a variável sementes quebradas, observa-se que as cultivares CD 208 e CD 214RR apresentaram as maiores médias, sendo que a CD 208 pode ser considerada como a que mais apresentou sementes quebradas. Assim, como a variável ataque de percevejos foi mais expressivo para as cultivares CD 208, CD 214RR que apresentaram médias maiores.

Tabela 22 Porcentagens médias de sementes puras, quebradas, sem tegumento, trincadas e atacadas por percevejos e infestadas obtidas pelo teste de pureza

Cultivadas	Puras	Quebradas	Sem tegumento	Trincadas	Percevejo/infestadas
CD 208	85,70 a	4,27d	0,36 a	6,10 a	2,94 bc
CD 214RR	87,24 a	2,54 c	0,38 a	5,57 a	3,65 c
CD 215	95,78 b	0,19 a	0,04 a	2,05 a	1,74 abc
CD 216	96,97 b	0,17 a	0,03 a	2,37 a	0,35 a
CD 233RR	95,48 b	1,09 b	0,02 a	1,95 a	0,93 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias transformadas em \sqrt{x} para os parâmetros que não apresentaram normalidade.

Ao comparar os testes de pureza e de tetrazólio observa-se que as cultivares que apresentaram maior porcentagem de dano mecânico 1-8, CD 208 e CD 214RR, também apresentaram maior porcentagem de sementes quebradas no teste de pureza.

Dessa forma, comparando com os testes já realizados, pode-se observar, melhor desempenho das cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR, apresentando nível de vigor maior em relação as cultivares CD 208 e CD 214RR.

Costa *et al.* (2003) observaram que sementes produzidas em algumas regiões do Brasil comparadas a outras, mostraram redução acentuada da germinação e vigor, em função dos altos níveis de quebras, de ruptura do tegumento e de injúria mecânica. Assim como neste trabalho, em que as cultivares CD 208 e CD 214RR apresentaram

altos índices de sementes quebradas, de forma que apresentaram menor vigor em relação a outras cultivares.

Costa *et al.* (2003) ainda observaram que as sementes que apresentaram incidência de lesões por percevejos na faixa de 5%, não apresentaram nível de vigor afetado, porém, a partir de 6% de danos por percevejo ocorreu declínio significativo do vigor das sementes. Diferente deste autor, pode-se observar neste trabalho que as cultivares CD 208 e CD 214RR, que apresentaram porcentagens aproximadas entre 2 e 4% de ataques por percevejos e insetos, associadas a porcentagens elevadas de quebras, mostraram redução no vigor das mesmas, de acordo com outros testes realizados.

4.2 Testes em campo

Na Tabela 23 pode-se verificar o resumo da análise de variância para emergência em campo, índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), coeficiente de velocidade de emergência (CVE), altura e comprimento de plântula e massa seca de plântulas de soja referentes ao teste de emergência em campo.

Tabela 23 Resumo de análise de variância para obtenção dos valores de F, média geral (MG) e Coeficiente de variação (CV) para emergência em campo, índice de velocidade de emergência em campo (IVE), velocidade de emergência em campo (VE), Coeficiente de velocidade de emergência em campo (CVE), altura e comprimento de plântula, massa seca das plântulas de soja

Testes	Variáveis	F	MG	CV (%)
Emergência em campo	Emergência	0,00 *	96 %	4,02
	IVE	0,00 *	21,97 plantulas dia ⁻¹	1,17
	VE	0,00 *	4,53 dias	2,36
	CVE	0,00 *	15,94	1,43
	Altura de plântula	0,00 *	13,26 cm	5,00
	Massa seca	0,00 *	6,36 g	1,88

* = significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor de F foi significativo para todas as variáveis analisadas no teste de emergência em campo.

Os coeficientes de variação se apresentaram abaixo de 10% sendo considerados baixo e indicando dados homogêneos, segundo Gomes (2000).

Na Tabela 24 são apresentadas as médias de porcentagem de emergência,

altura de plântula, massa seca, índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE) e coeficiente de velocidade de emergência (CVE) obtidas a partir do teste de emergência em campo.

Tabela 24 Médias de porcentagem de emergência, altura de plântula, massa seca de plântula, índice de velocidade de emergência em campo (IVE), velocidade de emergência em campo (VE) e coeficiente de velocidade de germinação (CVE) obtidas pelo teste de emergência em campo de sementes de soja

Cultivar	Emersas (%)	Altura (cm)	Massa seca (g)	IVE (Plantas dia ⁻¹)	VE (Dias)	CVE
CD 208	93 a	11,21 b	5,57 a	20,88 b	4,70 bc	15,35 ab
CD 214RR	94 ab	13,67 c	6,44 b	19,66 a	4,97 c	14,78 a
CD 215	98 bc	17,03 d	7,12 c	22,57 c	4,43 ab	16,25 bc
CD 216	97 abc	14,75 c	7,42 c	23,44 c	4,23 a	16,77 c
CD 233RR	99 c	9,65 a	5,24 a	23,27 c	4,33 ab	16,53 c

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados são os obtidos das observações originais, seguidos das letras obtidas na comparação de médias e os resultados em porcentagem transformados em $\arcsin \sqrt{x/100}$ e transformação em \sqrt{x} para os parâmetros que não apresentaram normalidade.

A cultivar que apresentou maior média de porcentagem de emergência em campo foi a CD 233RR, porém esta não diferiu da CD 215 e CD 216.

HOFS *et al.* (2004) relataram a qualidade da semente e o estabelecimento da cultura em campo fica propensa a condições de ambiente e solo, que podem prejudicá-las. Schuch *et al.* (2000a), observaram que a emergência em campo sofre redução com a progressiva diminuição do vigor das sementes.

Da mesma forma, neste trabalho, as sementes de soja das cultivares CD 208 e CD 214RR, que apresentaram baixo vigor em relação as outras cultivares nos testes anteriores, apresentaram menor porcentagem de emergência em campo, concordando com Hofs *et al.* (2004) e Schuch *et al.* (2000a).

Comparando os resultados da emergência em campo com os outros testes, pode-se observar que as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram melhor desempenho, aparentemente sendo as mais vigorosas. No teste de emergência em areia, a cultivar CD 233RR apresentou menor altura e menor massa seca, porém, quando submetidas a testes de estresse como envelhecimento acelerado e deterioração controlada, ela se apresenta com bons resultados, isso pode ser explicado pelo fato de apresentar menor tamanho de semente, assim apresentam menor substância de reserva quando comparado as outras, conseqüentemente apresentam menor crescimento inicial, não significando, menor vigor. Perin *et al.* (2002)

afirma que as plantas que são provenientes de sementes menores apresentam menor crescimento inicial, mas compensam isso, nos estádios posteriores, garantindo produção final semelhante as sementes maiores.

Para os parâmetros índice de velocidade de emergência (IVE) pode-se observar que as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram os maiores índices, assim como o maior coeficiente de velocidade de emergência (CVE). Para velocidade de emergência (VE) as mesmas cultivares apresentaram menos tempo para emergir.

Levando em consideração que há relação entre velocidade de emergência e vigor de semente segundo Nakagawa (1999), as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR apresentaram maior vigor, visto que apresentaram maiores médias de emergência. Essas cultivares apresentando emergência mais rápida e uniforme, conseguiriam competir pelos recursos do meio, como água, luz, nutrientes, e se sobressaíam em relação às outras cultivares, concordando com Fleck *et al.* (2003), e ainda, segundo Flores *et al.* (2002) por serem plântulas mais vigorosas atingiriam maior porte de planta em um período mais curto de tempo em relação a outras cultivares.

Einhellig (1996) afirmou que pelo fato de no solo as sementes sofrerem interferências de microorganismos, diferentemente dos laboratórios que essa ação não é verificada, geram muitas vezes resultados diferentes de IVE em relação ao IVG. Neste trabalho, observou-se que para o IVE e IVG não houve diferença, tanto em laboratório como em campo as mesmas cultivares se destacaram com médias maiores CD 215, CD 216 e CD 233RR. Essas cultivares apresentaram diferenças no VE e no CVE em relação ao VG e IVG, no teste de germinação não houve diferença estatística entre as cultivares, porém, no teste em campo as cultivares apresentaram diferença entre si.

Vanzolini e Carvalho (2002) obtiveram índice de velocidade de emergência maiores para sementes de alto vigor, médios para sementes de médio vigor e baixos para sementes de baixo vigor, separando estatisticamente cada nível de vigor. Neste trabalho, relacionando o índice de velocidade de emergência em campo (IVE) com outros testes, observa-se que as cultivares CD 215, CD 216 e CD 233RR que apresentaram maiores índices de velocidade de emergência em campo, destacam-se com melhores resultados na maioria dos testes realizados em laboratório. Ainda, foram as que apresentaram maiores médias de emergência em campo.

Ao analisar os parâmetros massa seca e altura de plântulas em campo, observa-se que as cultivares que se destacaram foram as que apresentaram maiores tamanhos de sementes. A cultivar CD 233RR foi classificada estatisticamente como a

inferior e, ao se analisar tamanho da semente, foi a que apresentou menor tamanho em relação as outras. Lima e Carmona (1999) relatam que sementes grandes originam plantas maiores, o que pode ser observado neste trabalho.

De modo geral, levando em consideração a emergência em campo em relação aos demais testes, pode-se observar que as cultivares que se destacaram com maiores emergência em campo CD 215, CD 216 e CD 233RR, também apresentaram melhores resultados no teste de germinação, seguida de maior índice de velocidade de germinação. No teste de envelhecimento acelerado apresentaram as maiores porcentagens de plântulas normais, assim como na deterioração controlada; ainda no teste de frio se destacaram com as maiores porcentagens de plântulas normais.

Na emergência em areia, aparecem com as maiores porcentagens de plântulas emersas, assim como se destacaram no índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e coeficiente de velocidade de emergência.

Também apresentaram menores índices de danos mecânicos, apresentando, conseqüentemente, as menores médias de sementes sem danos e o maior vigor pelo teste de tetrazólio.

No teste de condutividade elétrica a cultivar que se destacou foi a CD 233RR, apresentando a menor quantidade de lixiviados.

No teste de hipoclorito, apesar de não diferirem estatisticamente, essas cultivares apresentam sementes intumescidas abaixo de 10%.

A massa de 100 sementes apresentou resultados semelhantes aos obtidos para o tamanho das sementes, não seguindo a regra da emergência em campo.

No teste de crescimento de plântulas essas cultivares se destacaram, principalmente, pelo comprimento de raiz, assim como na massa seca de parte aérea e raiz.

Ainda, analisando o teste de pureza, observou-se que essas cultivares apresentaram maiores médias, diferindo estatisticamente das outras em sementes puras, com menores médias de sementes quebradas e atacadas por percevejo e insetos.

4.3 Análise de correlação

Para avaliar o grau de correlação entre as variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson (R), calculados por meio do software Minitab 15 e classificados conforme interpretação adaptada de Zou *et al.* (2003).

Na Tabela 25 estão os valores de r (+ e -) da correlação linear de Pearson e suas interpretações para análise dos resultados.

Tabela 25 Valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e suas interpretações

Valor de r (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Adaptado de Zou *et al.* (2003)

Na Tabela 26 estão apresentados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre os testes de emergência em campo, de germinação e de vigor das sementes de soja, obtidos com base nas médias das cinco cultivares de soja.

Tabela 26 Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os testes de emergência em campo, de germinação e de vigor das sementes de soja, obtidos com base nas médias das cinco cultivares de soja

	EC	CE	C.P.A.PA	C.P.C.R	C.P.MS.PA	C.P.MS.R	DC	E.AR	E.AR.C.R.	E.AR.A.PA	E.AR.MV.R	E.AR.MV.PA
EC	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CE	-0,37 ^{ns}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.A.PA	0,32 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.C.R	0,49*	-0,57*	0,78*	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.MS.PA	0,54*	-0,22 ^{ns}	0,70*	0,71*	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.MS.R	0,42 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,66*	0,86*	0,78*	--	--	--	--	--	--	--
DC	0,70*	-0,42 ^{ns}	0,45*	0,70*	0,82*	0,71*	--	--	--	--	--	--
E.AR	0,54*	-0,60*	0,69*	0,81*	0,71*	0,68*	0,78*	--	--	--	--	--
E.AR.C.R.	-0,21 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,18 ^{ns}	--	--	--	--
E.AR.A.PA	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,83*	0,54*	0,70*	0,54*	0,41 ^{ns}	0,51*	0,14 ^{ns}	--	--	--
E.AR.MV.R	0,40 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,66*	0,55*	0,72*	0,71*	0,61*	0,57*	-0,06 ^{ns}	0,64*	--	--
E.AR.MV.PA	0,56*	-0,17 ^{ns}	0,73*	0,74*	0,87*	0,77*	0,83*	0,75*	-0,04 ^{ns}	0,76*	0,86*	--
E.AR.MS.R	0,37 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,72*	0,64*	0,61*	0,40 ^{ns}	-0,47*	0,49*	0,66*	0,60*
E.AR.MS.PA	0,53*	-0,19 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,53*	0,80*	0,65*	0,81*	0,53*	-0,30 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,61*	0,72*
E.AR.IVE	0,68*	-0,68*	0,55*	0,79*	0,69*	0,65*	0,86*	0,96*	0,07 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,51*	0,73*
E.AR.VE	-0,78*	0,63*	-0,36 ^{ns}	-0,68*	-0,60*	-0,56*	-0,87*	-0,80*	0,04 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,45*	-0,69*
E.AR.CVE	0,77*	-0,65*	0,35 ^{ns}	0,67*	0,58*	0,55*	0,85*	0,78*	-0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,66*
EA	0,76*	-0,54*	0,32 ^{ns}	0,61*	0,77*	0,63*	0,84*	0,64*	-0,28 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,60*
Germinação	0,45*	-0,36 ^{ns}	0,60*	0,63*	0,58*	0,55*	0,71*	0,74*	0,36 ^{ns}	0,46*	0,42 ^{ns}	0,69*
IVG	0,76*	-0,36 ^{ns}	0,66*	0,70*	0,71*	0,62*	0,78*	0,82*	-0,00 ^{ns}	0,53*	0,58*	0,71*
VG	-0,18 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
CVG	0,18 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,29 ^{ns}
TF	0,28 ^{ns}	-0,56*	0,37 ^{ns}	0,57*	0,31 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,55*	0,69*	0,03 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Vigor	0,63*	-0,27 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,54*	0,70*	0,64*	0,79*	0,43 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,47*	0,65*
Viabilidade	-0,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,32 ^{ns}
SD	0,70*	-0,23	0,42 ^{ns}	0,63*	0,74*	0,73*	0,86*	0,57*	-0,34 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,68*	0,81*

(continua)

(continuação)

	E.AR. MS.R	E.AR.MS.PA	E.AR.IVE	E.AR.VE	E.AR.CVE	EA	Germinação	IVG	VG	CVG	TF	Vigor	Viabilidade	SD
EC	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.A.PA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.C.R	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.MS.PA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C.P.MS. R	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DC	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.C.R.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.A.PA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR. MV.R	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.MV.PA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.MS.R	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.MS.PA	0,60*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR. IVE	0,39 ^{ns}	0,58*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.VE	-0,31 ^{ns}	-0,57*	-0,93*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
E.AR.CVE	0,28 ^{ns}	0,56*	0,97*	-1,00*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EA	0,58*	0,71*	0,77*	-0,80*	0,80*	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Germinação	0,21 ^{ns}	0,47*	0,73*	-0,66*	0,66*	0,49*	--	--	--	--	--	--	--	--
IVG	0,57*	0,53*	0,83*	-0,74*	0,73*	0,70*	0,68*	--	--	--	--	--	--	--
VG	-0,25 ^{ns}	-0,57*	-0,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,50*	-0,30 ^{ns}	--	--	--	--	--	--
CVG	0,25 ^{ns}	0,56*	0,24 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,50*	0,30 ^{ns}	-100*	--	--	--	--	--
TF	0,13 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,68*	-0,57*	0,56*	0,33 ^{ns}	0,51*	0,58*	0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	--	--	--	--
Vigor	0,59*	0,80*	0,55*	-0,64*	0,63*	0,78*	0,34 ^{ns}	0,46*	-0,29 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,14 ^{ns}	--	--	--
Viabilidade	-0,06 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,23 ^{ns}	--	--
SD	0,64*	0,80*	0,65*	-0,70*	0,67*	0,76*	0,59*	0,68*	-0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,79*	0,09 ^{ns}	--

*r significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} r não significativo a 5% de probabilidade. EC = emergência em campo, CE = condutividade elétrica, C.P.A.PA = crescimento de plântulas altura de parte aérea, C.P.C.R = crescimento de plântulas comprimento de raiz, C.P.MS.PA = crescimento de plântula massa seca de parte aérea, C.P.MS.R = crescimento de plântula massa seca de raiz, DC = deterioração controlada, E.AR = emergência em areia, E.AR.C.R = emergência em areia comprimento de raiz, E.AR.A.PA = emergência em areia altura de parte aérea, E.AR.MV.R = emergência em areia massa verde de raiz, E.AR.MV.PA = emergência em areia massa verde de parte aérea, E.AR.MS.R = emergência em areia massa seca de raiz, E.AR.MS.PA = emergência em areia massa seca de parte aérea, E.AR. IVE = emergência em areia IVE (índice de velocidade de emergência), E.AR.VE = emergência em areia VE (velocidade de emergência), E.AR.CVE = emergência em areia CVE (coeficiente de velocidade de emergência), EA = envelhecimento acelerado, IVG = índice de velocidade de germinação, VG = velocidade de germinação, CVG = coeficiente de velocidade de germinação, TF = teste de frio, Vigor = tetrazólio- vigor, Viabilidade = tetrazólio-viabilidade, SD = tetrazólio - sementes sem dano.

A partir da Tabela 26 pode-se observar que nenhum teste apresentou correlação muito forte com a emergência em campo, porém a emergência em campo apresentou forte correlação positiva com os testes de deterioração controlada ($r = 0,70$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,77$), envelhecimento acelerado ($r = 0,76$) e índice de velocidade de germinação ($r = 0,76$) e forte correlação negativa os testes de velocidade de emergência em areia ($r = -0,78$) e tetrazólio sementes sem dano ($r = -0,70$).

Analisando a correlação entre o teste de condutividade elétrica com a emergência em campo pode-se observar que este apresentou correlação fraca e negativa, sendo o valor de r não significativo. Concordando com este trabalho Carvalho *et al.* (2000) observaram fraca correlação entre os testes de condutividade elétrica e emergência em campo, e o valor de r também não foi significativo. Vanzolini *et al.* (2007); Carvalho *et al.* (2009) e Barros e Marcos Filho (1997) encontraram correlação negativa forte e muito forte em todos os lotes de sementes de soja avaliados por eles, diferindo deste trabalho. Schuab *et al.* (2006) observaram correlação moderada entre os testes de condutividade elétrica e emergência em campo e ainda ressaltaram que as sementes que apresentam menor quantidade de lixiviados, têm como consequência, menor valor de condutividade elétrica, assim, apresenta correlação negativa com o teste de emergência em campo e com os demais testes, fato este observado neste trabalho, em que a maioria dos testes apresentou correlação negativa. Ainda, Schuab *et al.* (2002) encontraram forte correlação do teste de condutividade elétrica com emergência em campo.

Ao se observar o coeficiente de correlação do teste de condutividade elétrica em relação aos outros testes, nota-se correlação moderada e negativa com os testes de comprimento de plântula do teste de crescimento de plântulas ($r = -0,57$), porcentagem de emergência em areia ($r = -0,60$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = -0,68$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = -0,65$), envelhecimento acelerado ($r = -0,54$), teste de frio ($r = -0,56$) e correlação positiva moderada com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = 0,63$).

Ao analisar a correlação entre o teste de crescimento de plântula altura de parte aérea com emergência em campo ($r = 0,32$) pode-se observar que este apresentou correlação fraca e positiva e não-significativa.

O teste altura de parte aérea de crescimento de plântula apresentou correlação forte e positiva com os testes comprimento de raiz do teste de crescimento de plântulas ($r = 0,78$), massa seca de parte aérea do teste de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), altura de parte aérea do teste de emergência em areia ($r = 0,83$), massa verde de parte aérea do teste de emergência em areia ($r = 0,73$).

O teste de comprimento de raiz de crescimento de plântulas apresentou coeficientes de correlação forte e positivo com os testes de altura de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,78$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,71$), massa seca de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,86$), deterioração controlada ($r = 0,70$), emergência em areia ($r = 0,81$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,74$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,79$) e índice de velocidade de germinação ($r = 0,70$).

Ainda, o teste de comprimento de raiz de crescimento de plântulas apresentou coeficientes de correlação fraca e positiva com emergência em campo ($r = 0,49$). Alizaga *et al.* (1990) observaram que o teste de comprimento de raiz de feijão apresentou em duas das três cultivares correlação moderada e positiva com emergência em campo, concordando com este trabalho, porém, uma das cultivares analisadas por estes autores não apresentou correlação significativa.

Observando o teste de massa seca de parte aérea do teste de crescimento de plântulas pode-se concluir que este apresentou correlação forte e positiva com os testes de altura de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,71$), massa seca de raiz do crescimento de plântulas ($r = 0,78$), deterioração controlada ($r = 0,82$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,71$), altura de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,70$), massa verde de raiz de emergência em areia ($r = 0,72$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,87$), massa seca de raiz de emergência em areia ($r = 0,72$), massa seca de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,80$), envelhecimento acelerado ($r = 0,77$), índice de velocidade de germinação ($r = 0,71$), tetrazólio vigor ($r = 0,70$), tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,74$).

Ao analisar a correlação do teste de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas em relação a emergência em campo, nota-se que esta apresentou coeficiente de correlação moderado e positivo ($r = 0,54$).

Observa-se na Tabela 25 que o teste de massa seca de raiz de crescimento de plântulas apresentou correlação forte e positiva com os testes de comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,86$), massa seca de parte aérea de crescimento de raiz ($r = 0,78$), deterioração controlada ($r = 0,71$), massa verde de raiz de emergência em areia ($r = 0,71$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,77$), tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,73$).

Ao observar a correlação entre o teste de massa seca de raiz de crescimento de plântulas e emergência em campo, nota-se correlação moderada e positiva, porém não-significativa ($r = 0,42$).

Ao analisar a correlação do teste de deterioração controlada observa-se que

este apresentou correlação forte e positiva com os testes de comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,82$), massa seca de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,71$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,78$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,83$), massa seca de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,81$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,86$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,85$), envelhecimento acelerado ($r = 0,84$), germinação ($r = 0,71$), índice de velocidade de germinação ($r = 0,78$), tetrazólio vigor ($r = 0,79$), tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,86$), Leeuwen *et al.* (2005) não observaram correlação significativa entre os testes de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado discordando deste trabalho, porém encontrou o mesmo resultado em relação ao teste de condutividade elétrica. Ainda este o teste de deterioração controlada apresentou correlação forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,87$).

O teste de deterioração controlada apresentou correlação forte e positiva com emergência em campo ($r = 0,70$), discordando de Leeuwen *et al.* (2005) que, utilizando o mesmo teste, não observaram correlação significativa com emergência de plântulas em campo.

Para o teste de emergência em areia, observa-se que este apresentou correlação forte e positiva com os testes de comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,81$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,71$), deterioração controlada ($r = 0,78$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,75$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,78$), germinação ($r = 0,74$) e índice de velocidade de germinação ($r = 0,82$) e correlação forte negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,80$). Ainda apresentou correlação muito forte com o teste de índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,96$).

Carvalho *et al.* (2009) também encontraram forte correlação entre os testes de emergência em areia e deterioração controlada com diversas cultivares, porém, diferentemente deste trabalho, apresentou correlação negativa. Ainda, Schuab *et al.* (2006) encontraram correlação forte com índice de velocidade de emergência em areia diferindo deste trabalho que encontrou correlação muito forte.

Ao observar a correlação do teste de emergência em areia com emergência em campo encontra-se correlação moderada e positiva ($r = 0,54$), assim como encontrado por Schuab *et al.* (2006). Já Vanzolini *et al.* (2007) observaram correlação não-significativa com emergência em campo.

Feita análise de correlação do teste de comprimento de raiz de emergência em

areia observou-se que este apresentou apenas correlação moderada e negativa com o teste massa seca de raiz de emergência em areia ($r = - 0,47$) e não apresentou correlação significativa com os demais testes. Com emergência em campo apresentou correlação fraca negativa e não significativa ($r = - 0,21$).

Observa-se correlação forte e positiva do teste de altura de parte aérea de emergência em areia com os testes de altura de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,83$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,76$) e correlação fraca positiva e não-significativa com emergência em campo ($r = 0,24$).

Analisando o teste de massa verde de raiz de emergência em areia nota-se que este apresenta correlação forte e positiva com os testes de massa verde de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,72$), massa seca de raiz crescimento de plântulas ($r = 0,71$) e parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,86$) e não apresenta correlação significativa com emergência em campo ($r = 0,40$).

Para o teste de massa verde de parte aérea de emergência em areia observou-se correlação forte e positiva com os testes de altura de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,73$), comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,74$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,87$) e massa seca de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,77$), deterioração controlada ($r = 0,83$), emergência em areia ($r = 0,75$), altura de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,76$), massa verde de raiz de emergência em areia ($r = 0,86$), massa seca de raiz ($r = 0,72$) e parte aérea de emergência em areia ($r = 0,73$), índice de velocidade de germinação ($r = 0,71$) e tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,81$). Com emergência em campo apresentou correlação moderada positiva ($r = 0,56$).

Nota-se correlação forte e positiva do teste de massa seca de raiz de emergência em areia apenas com o teste de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,72$). Com emergência em campo, o coeficiente de correlação não foi significativo ($r = 0,37$).

O teste de massa seca de parte aérea de emergência em areia se correlacionou fortemente e positivamente com os testes de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,80$), deterioração controlada ($r = 0,81$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,72$), envelhecimento acelerado ($r = 0,71$), tetrazólio vigor ($r = 0,80$), tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,80$). Em relação a emergência em campo, apresentou coeficiente moderado e positivo ($r = 0,53$).

Observa-se que o teste de índice de velocidade de emergência em areia apresentou correlação significativa com a maioria dos testes, sendo que foi forte e positiva com os testes de comprimento de raiz de parte aérea de crescimento de

plântulas ($r = 0,79$), deterioração controlada ($r = 0,86$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,73$), envelhecimento acelerado ($r = 0,77$), germinação ($r=0,73$) e índice de velocidade de germinação ($r = 0,83$). Ainda apresentou correlação muito forte e positiva com os testes de emergência em areia ($r = 0,96$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,97$) e correlação muito forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,93$). O fato de apresentar correlação muito forte e positiva com o teste de coeficiente de emergência em areia já era esperado, já que este, apesar de avaliar aspectos diferentes da qualidade fisiológica das sementes, são analisados com as mesmas amostras simultaneamente. Assim apresentou correlação muito forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia, visto que para um quanto maior o valor mais vigorosa a semente, para outro quanto menor o valor mais vigorosa a semente.

O índice de velocidade de emergência em areia apresentou correlação moderada e positiva com o teste de emergência em campo ($r = 0,68$), concordando com Schuab *et al.* (2006).

Carvalho *et al.* (2009) encontraram em suas análises correlação forte e negativa entre índice de velocidade de emergência em areia com condutividade elétrica em três cultivares de soja e correlação muito forte e negativa na quarta cultivar analisada. Porém, Schuab *et al.* (2006) observaram correlação fraca e negativa entre esses testes.

Ainda, Schuab *et al.* (2006) encontraram resultados semelhantes a este trabalho, ao verificar coeficiente de correlação forte e positivo entre os testes de índice de velocidade de emergência em areia e porcentagem de emergência em areia, visto que estes testes, neste trabalho, apresentaram correlação muito forte e positiva. Observaram, também, que o índice de velocidade de emergência apresentou correlação moderada com o teste de tetrazólio vigor e viabilidade, porém, neste trabalho não observou-se o mesmo com viabilidade, que além de apresentar correlação muito fraca, foi negativa. Encontrou-se resultado diferente ao analisar o índice de velocidade de emergência em areia com germinação, enquanto estes autores encontraram uma correlação fraca, este trabalho apresentou forte correlação.

Analisando a correlação do teste de velocidade de emergência em areia com outros testes pode-se perceber que este apresentou coeficiente de correlação forte e negativo com os testes de deterioração controlada ($r = -0,87$), emergência em areia ($r = -0,80$), envelhecimento acelerado ($r = -0,80$), índice de velocidade de germinação ($r = -0,74$), tetrazólio sementes sem danos ($r = -0,70$). E apresentou correlação muito forte e negativa com os testes de índice de velocidade de emergência em areia ($r = -0,93$) e coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = -1,00$), isso se deve ao

fato de a velocidade de emergência ser melhor quanto menor o número de dias levados para emergir e de o coeficiente e índice de velocidade de germinação quanto maiores forem melhor vigor das sementes.

O teste de velocidade de emergência em areia apresentou coeficiente de correlação forte e negativo com emergência em campo ($r = -0,78$).

Schuab *et al.* (2006) observaram diferentemente deste trabalho que o teste de velocidade de emergência em areia não se correlacionou com o teste de envelhecimento acelerado, e apresentou correlação moderada e negativa com o teste de porcentagem de emergência em areia. Apresentou resultados também semelhantes, com o teste de tetrazólio vigor, porém, diferente do tetrazólio viabilidade. No teste entre velocidade de emergência em areia e emergência em campo estes autores encontraram correlação moderada e negativa.

Pode-se observar que o teste de coeficiente de velocidade de emergência em areia apresentou correlação forte e positiva com os testes de deterioração controlada ($r = 0,85$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,78$), envelhecimento acelerado ($r = 0,80$), índice de velocidade de germinação ($r = 0,73$) e correlação muito forte positiva com o teste de índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,97$) e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -1,00$). Como relatado acima, isso já era esperado pelo fato de as análises serem feitas com as mesmas amostras e simultaneamente, além de que quanto menor o valor de velocidade de emergência melhor e quanto maior o valor de índice de velocidade de emergência, assim como para o coeficiente de velocidade de emergência melhor. Schuab *et al.* (2006) observaram correlação forte positiva apenas com o teste de índice de velocidade de emergência em areia, e correlação forte negativa com o teste de velocidade de emergência em areia.

Ao observar a análise de correlação do teste coeficiente de velocidade de emergência em areia constatou-se uma forte correlação positiva com emergência em campo ($r = 0,77$). Schuab *et al.* (2006) encontraram correlação moderada entre esses dois testes, mas, também, positiva.

Analisando o teste de envelhecimento acelerado observa-se que este apresentou correlação forte e positiva com os testes de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,77$), deterioração controlada ($r = 0,84$), massa seca de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,71$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,77$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,80$), índice de velocidade de germinação ($r = 0,70$), tetrazólio vigor ($r = 0,78$) e tetrazólio sementes sem danos ($r = 0,76$). Ainda apresentou correlação forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,80$).

Carvalho *et al.* (2000), assim como neste trabalho, encontraram entre os testes de envelhecimento acelerado e germinação, coeficiente de correlação fraco e positivo. Porém, Schuab *et al.* (2002) e Schuab *et al.* (2006) encontraram coeficientes fortes.

Assim como neste trabalho, Carvalho *et al.* (2000) observaram que o teste de envelhecimento acelerado se correlacionou com a maioria dos testes avaliados.

O envelhecimento acelerado apresentou correlação forte e positiva com emergência em campo ($r = 0,76$), concordando com Schuab *et al.* (2002) e Schuab *et al.* (2006) e discordando de Carvalho *et al.* (2000), que encontrou fraca correlação.

Para o teste de germinação observou-se correlação forte e positiva apenas com os testes de deterioração controlada ($r = 0,71$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,74$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,73$). O teste de germinação é realizado em condições favoráveis de ambiente, diferente do teste de emergência em campo já que este fica propenso as condições adversas de tempo, desse forma não é esperado uma boa correlação com os mesmos. Porém, Schuab *et al.* (2002) e Schuab *et al.* (2006) encontraram correlação forte e positiva entre os testes de germinação e emergência em campo. Ainda, Barros e Marcos Filho (1997) encontraram correlação forte e muito forte positiva entre esses testes.

Ao observar o teste de índice de velocidade de germinação, constata-se correlação forte e positiva com os testes de comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,71$), deterioração controlada ($r = 0,78$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,82$), massa verde de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,71$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,83$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,73$), envelhecimento acelerado ($r = 0,70$) e correlação forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,74$).

Ao observar a correlação entre os testes índice de velocidade de germinação e emergência em campo constata-se forte correlação positiva ($r = 0,76$). Carvalho *et al.* (2000) e Leeuwen *et al.* (2005), diferentemente deste trabalho, verificaram a não-correlação entre esses testes, porém Carvalho *et al.* (2000) observou correlação significativa do índice de velocidade de germinação com todos os outros testes por eles analisados.

O teste de velocidade de germinação apresentou correlação muito forte e negativa ($-1,00$) com o teste de coeficiente de velocidade de germinação. Porém com os outros testes não apresentou correlação significativa, assim como com o teste de emergência em campo ($r = -0,25$).

Para coeficiente de velocidade de germinação observa-se correlação muito forte e negativa com o teste de velocidade de germinação ($r = -1,00$) como verificou-se

anteriormente, e apenas correlação moderada positiva com os testes de massa seca de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,56$) e germinação ($r = 0,50$), não apresentou correlação significativa com os outros testes inclusive, com o teste de emergência em campo ($r = 0,18$).

O teste de frio não apresentou nenhuma correlação forte ou muito forte, apenas correlação moderada positiva com os testes de comprimento de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,57$), deterioração controlada ($r = 0,55$), porcentagem de emergência em areia ($r = 0,69$), índice de velocidade de emergência em areia ($r = 0,68$), coeficiente de velocidade de emergência em areia ($r = 0,56$), germinação ($r = 0,51$) e índice de velocidade de germinação ($r = 0,58$). E correlação moderada negativa com os testes de condutividade elétrica ($r = -0,56$) e velocidade de emergência em areia ($r = -0,57$). Em relação a emergência em campo não apresentou correlação significativa ($r = 0,13$).

Carvalho *et al.* (2000) diferente deste trabalho, encontraram correlação forte do teste de frio com a maioria dos testes avaliados e, assim como neste trabalho, não encontrou correlação significativa com emergência em campo. Schuab *et al.* (2006) também não observou correlação significativa entre o teste de frio com emergência em campo.

Observa-se que o teste de tetrazólio vigor apresentou correlação forte e positiva com os testes de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,70$), deterioração controlada ($r = 0,79$), massa seca de parte aérea de emergência em areia ($r = 0,80$) e envelhecimento acelerado ($r = 0,78$). Schuab *et al.* (2006) também encontraram correlação positiva entre o teste de tetrazólio vigor e envelhecimento acelerado porém não foi uma correlação forte mas, moderada e assim como neste trabalho apresentou correlação significativa com a maioria dos outros testes.

O teste de tetrazólio vigor apresentou correlação moderada positiva com a emergência em campo ($r = 0,63$) assim como observaram Schuab *et al.* (2006), porém, Schuab *et al.* (2002) encontraram forte correlação entre esses testes.

Não apresentou nenhuma correlação significativa o teste de viabilidade com os demais testes analisados, inclusive com emergência em campo ($r = -0,15$). Diferentemente de Schuab *et al.* (2006) e Schuab *et al.* (2002), que observaram forte correlação positiva entre tetrazólio vigor e tetrazólio viabilidade.

Já o teste de tetrazólio sementes sem danos apresentou correlação forte e positiva com os testes de massa seca de parte aérea de crescimento de plântulas ($r = 0,74$), massa seca de raiz de crescimento de plântulas ($r = 0,73$), deterioração controlada ($r = 0,86$), massa verde ($r = 0,81$) e massa seca ($r = 0,80$) de parte aérea

de emergência em areia, envelhecimento acelerado ($r = 0,76$), tetrazólio vigor ($r = 0,79$) e correlação forte e negativa com o teste de velocidade de emergência em areia ($r = -0,70$). Com o teste de emergência em campo apresentou correlação forte e positiva ($r = 0,70$).

4.4 Análise de regressão

Na Tabela 27 são apresentados os modelos ajustados, pelo método de mínimos quadrados, de emergência em campo em função de testes para avaliação de vigor (massa de 100 sementes, tetrazólio para vigor, dano mecânico 1-8 e dano mecânico 6-8; índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação, coeficiente de velocidade de germinação; índice de velocidade de emergência em areia, velocidade de emergência em areia e coeficiente de velocidade de emergência em areia; condutividade elétrica; deterioração controlada e teste de frio) viabilidade (porcentagem de germinação, tetrazólio para viabilidade e emergência em areia) e crescimento de plântulas (altura de parte aérea, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz) e seus respectivos R^2 , obtidos a partir do programa *Minitab* 15.

Tabela 27 Modelos ajustados, por mínimos quadrados, a emergência em campo em função de testes para avaliação de vigor, viabilidade e crescimento de plântulas e respectivos R^2

Parâmetro	Modelo	Coefficiente de determinação (R^2)
Viabilidade	$EC = 82,6 + 0,164 EA - 3,65 C1$	64,0 %
Crescimento de plântulas	$EC = 103 - 7,67 C1 - 7,45 C2 - 46,4 MSR$	75,6 %
Vigor	$EC = 111 - 10,3 VE + 13,11 IVG - 1,24 IVE$	81,7 %

EC = emergência em campo; EA = emergência em areia; C1 = cultivar 1 (CD 208); C2 = cultivar 2 (CD 214RR); MSR = massa seca de raiz obtidas no teste de crescimento de plântulas, VE = velocidade de emergência em areia; IVG = índice de velocidade de germinação; IVE = índice de velocidade de emergência em areia.

Analisando o modelo ajustado no parâmetro viabilidade, pode-se verificar que,

em média, para cada aumento de unidade na EA, a EC aumenta em 0,164%, independentemente da cultivar utilizada. Uma vez que a cultivar 1 (CD 208) apresentou emergência em campo menor que as demais, a emergência a campo será diminuída em 3,65% quando se estiver utilizando a mesma.

Em relação à equação, utilizando as variáveis relacionadas ao crescimento de plântulas, pode-se concluir que, MSR não está relacionada com EC, quando utilizada como única variável explicativa para EC. Entretanto, quando são utilizadas a cultivar 1 (CD 208) ou 2 (CD 214RR), a EC é diminuída em 7,67 e 7,45%, respectivamente. Kolchinski *et al.* (2005) relataram que as plantas provenientes de sementes com alto vigor apresentam maior produção de matéria seca, conseqüentemente, sementes de baixo vigor irão produzir plântulas com menor produção de matéria seca.

O modelo ajustado no parâmetro vigor, mostrou-se independente da cultivar utilizada. Para cada aumento de unidade na VE, com o IVG e o IVE mantidas constantes, a EC diminui em 10,3%. De forma similar, para cada aumento de unidade no IVG, com o VE e o IVE mantidos constantes, a EC aumenta em 13,11%. E para cada aumento de unidade do IVE, com o VE e o IVG mantidos constantes, a EC diminui em 1,24%.

A explicação fornecida pelos modelos à variável dependente (EC) foi de 64,0%, utilizando-se as variáveis de viabilidade, 75,6 % para as de crescimento de plântulas, e 81,7 % para as de vigor.

Dessa forma, pode-se afirmar que os testes de índice de velocidade de emergência em areia (IVE), índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade de emergência em areia (VE) foram considerados mais pertinentes para avaliar o vigor das sementes, apresentando melhor correlação com a emergência em campo. Isto concorda com Nakagawa (1999), que salientou que cultivares que possuem porcentagens de germinação semelhantes, podem apresentar diferenças pelo teste de IVG. Conforme Maguire (1962), quanto maior o valor do IVG, maior é sua velocidade de germinação, dessa forma, maior é o vigor do lote, da mesma forma que quanto maior o IVE, maior sua velocidade de emergência e maior o vigor do lote.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A germinação das sementes acontece quando o ambiente apresenta condições favoráveis para que a plântula possa se desenvolver, porém, isso não acontece sempre em campo, já que a mesma fica propensa a mudanças de temperatura e umidade durante todo o período. Quando se inicia o processo de germinação e ocorre estresse ambiental, este afeta o desenvolvimento da semente, resultando em sementes mortas, plântulas anormais, podendo possivelmente, apresentar redução na produção final. Apenas as sementes mais vigorosas é que conseguem se destacar e se desenvolver normalmente.

Analisando esse fator, foi possível observar que as cultivares apresentaram germinação, de acordo com Brasil (2003), que denota como 80% a porcentagem mínima de germinação necessária para a comercialização de sementes. Porém, quando submetidas a estresse, essas apresentaram grande diferença entre as cultivares. Quando o produtor adquire semente com germinação acima de 80% não tem garantia alguma de que em condições adversas de campo, essas apresentarão boa germinação, bom desempenho e bom rendimento final, caso encontrem condições desfavoráveis. Isso pode ser constatado neste trabalho, em que as sementes quando submetidas a alguns testes de vigor, apresentaram baixo nível de plântulas normais, o que em campo acarretaria prejuízos ao produtor.

Ainda, pode-se deixar claro a importância do cuidado durante a colheita e manuseio das sementes, visto que sementes que apresentam maior porcentagem de danos mecânicos, como quebras e trincas, apresentam também menor vigor na maioria dos testes. Sendo assim, é importante que o produtor tome cuidado para evitar a redução da qualidade das sementes durante os processo de colheita e trilha.

Quando se utilizam sementes de baixo vigor, estas apresentam maior intervalo de germinação, baixa velocidade de germinação e emergência, apresentam-se mais sensíveis aos estresses ambientais. Assim, faz-se importante o conhecimento do vigor das sementes, para que o produtor não encontre dificuldade durante a produção.

A partir desse pressuposto, indica-se a utilização dos testes de vigor juntamente com o teste de germinação para que se obtenha maior conhecimento sobre o seu desenvolvimento em campo.

6 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado o experimento pode-se concluir que os testes de envelhecimento acelerado, deterioração controlada, tetrazólio, demonstraram mais eficiência quanto a distinguir a diferença de vigor entre as cultivares e apresentaram respostas mais próximas a emergência em campo. Além do mais, o tetrazólio é um dos testes mais rápidos para avaliar sementes.

Pode-se concluir também, pelo teste de correlação, que os testes que se destacaram foram deterioração controlada, velocidade de emergência em areia, coeficiente de velocidade de emergência em areia, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação e tetrazólio sementes sem dano.

A partir do modelo de regressão ajustado ($R^2 = 82\%$), pode-se concluir que a velocidade de emergência em areia (VE), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o índice de velocidade de emergência em areia (IVE) são os testes que se correlacionam melhor com a emergência em campo.

7 REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; BORBA, C.S. Teste de tetrazólio no recebimento de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.5., n.1, abril, 1995.

ASSOCIATED SEED GROWERS **A study of mechanical injury to seed beans**. New Heaven, 1949. 45p. (Asgrow Monograph, 1).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88p. (Contribution, 32).

ÁVILA, W.; PERIN, A.; FUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R. Influência do tamanho da semente na produtividade de variedades de soja. **Agrarian**, Dourados, v.1, n.2, p.83-89, out./dez. 2008.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4ªed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.

BARROS, A.S. R; DIAS, M.C.L.L.; CÍCERO, S.M.; KRZYZAZOWSKI, F.C. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J de B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.5, p.1-15.

BARROS, A.S.R.; MARCOS FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n.2, p.288-294, 1997.

BAUDET, L.M.L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D' A.; ROTA, G.R.M. **Sementes: ciência e tecnologia**. EDUFPEL, Pelotas.2003. 545 p.

BECKERT, O.P.; MIGUEL, M.H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.671-675, out./dez. 2000.

BERGAMIN, M.; CANCIAN, M.A.E.; CASTRO, P.R.C. Soja (*Glycine max* (L.) Merril. p. 73-89. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz, mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.

BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.Z.; SÁ, M.E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.30, n.2, p.247-254, 2008.

BRACCINI, A.L.; MOTTA, I.S; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; ÁVILA, M.R.; SHCUAB, S.R.P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.1, p.76-86, 2003.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o sistema nacional de sementes e mudas e dá outras providências. Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA, DNDV, CLAV, 2009. 365p.

CAMAZZATO, V.A.; PESKE, S.T.; POSSENTI, J.C.; MENDES, A.S. Desempenho de cultivares de soja em função do tamanho das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 31, n.1, p.288-292, 2009.

CAMPOS, V.C., PESKE, S. Ocorrência de danos mecânicos em sementes na unidade de beneficiamento. **Informativo ABRATES**, Curitiba. v.5, n.3, p.31-38, 1995.

CARBONELL, S.A.M. **Metodologia para seleção de genótipos de soja com semente resistente ao dano mecânico**. Londrina: UEL, 1991. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, 1991.

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; DIAS, D.C.F.S.; REIS, M.S.; MOREIRA, M.A. Teste rápido de condutividade elétrica e correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31,n.1, p.239-248, 2009.

CARVALHO, M.A.C.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; OLIVEIRA, A.L. Variações na metodologia do teste de frio para avaliação do vigor em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.74-80, 2000.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, G. A.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

CICERO, S.M. e VIEIRA, R.D. Teste de Frio. In: VIEIRA, R.D e CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

CONTRERAS, G.A.M, BRAUNBECK, O.A. Modelagem de deformação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor*) por impacto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, 1994, Campinas. **Resumos...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994, p.12.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; PEREIRA, J.E.; MESQUITA, KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, G. A. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.102-107, 2001b.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M. Avaliação: Perdas e qualidade. Embrapa Soja, novembro de 2001c. **Revista cultivar grandes culturas**. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/gc34_perdas.pdf. Acesso em: 01 de setembro de 2009.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.;FRANÇA NETO J.B.; PEREIRA, J. E.; BORDINGNON, J. R.; KRZYZANOWSDI, F.C.; HENNING, A. A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23. n.1, p.140-145, 2001a.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.1, p.128-132, 2003.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNING, A.A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.2, p.01-06, 2005.

COSTA, N.P; TAVARES, L.C.V. Fatores responsáveis pelos elevados percentuais de perdas de grãos durante a colheita mecânica em soja. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, Abril, 1995.

CUSTÓDIO, C.C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrarie**, Presidente Prudente, v.1,n.1, set. 2005.p. 29-45.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DELOUCHE, J.C. Maintaining soybean seed quality. In: **Soybean: production, marketing and use**. Alabama: s/ed., 1974. p. 46-62. (Bulletin, 69).

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. Reportagem de capa. **Revista Seed News**, Nov/dez, 2002.

DIAS, D. C. F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.5, n.1, abril, 1995.

DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.30, n.1, p.19-23, 2008.

DUTRA, A.S.; VIEIRA, R.D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, maio/junho, 2004.

EDMOND, J. B.; DRAPALLA, W. J. The effects of temperature, sun and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v. 71, p. 428-443, 1958.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 6, p. 886-893, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção 8. Tecnologias de produção de soja – Paraná**, Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208 p.

EMBRAPA SOJA. O agronegócio da soja no Brasil e no mundo. In: **Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2008**. Embrapa soja, Londrina, PR, 2008.

FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; VIDAL, R.A.; MEROTO JÚNIOR, A.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. Período crítico para controle de *Brachiaria plantaginea* em função de épocas de semeadura da soja após dessecação da cobertura vegetal. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.1, p.53-62, 2002.

FLOR, E. P. O.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J de B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio de análise de imagens.

Revista Brasileira de Sementes. Pelotas, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

FLORES, I. F.; PASSAMANI, S.; BONOW, R. N.; LEMOS, C. A. Tratamento de sementes com ácido giberélico e crescimento de plântulas de arroz (*Oryza sativa*, L). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiiana, v. 9, n. 1, p. 73-78. 2002.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P. & HENNING, A. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade – Série Sementes. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 2007. 12 p. (EMBRAPA – CNPSo. **Circular Técnica, 40**).

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Produção de sementes de soja: fatores de campo. **Seed News**, Pelotas, n.4. p.20-23, 2000.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: KRZYZANOWSKI F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 8.5, P. 1-26.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; WEST, S.H.; MIRANDA, L.C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.21, p.107-116, 1993.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. & COSTA, N. P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. (**Documentos, 116**).

FRANTIN, P., MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento de sementes de soja em “gerbox” adaptado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, 1984, Campinas. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1984. P.1008-1016.

FRAZIN, S.M.; ROVERSI, T. **O que é vigor de sementes?** Disponível em: <http://www.ufsm.br/sementes/textos/vigor.pdf>. Acesso em: 01 de setembro de 2009.

FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W.M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.3, p.59-63, 2006.

FURBECK, S. M.; BOURLAND, F. M.; WATSON JUNIOR, C. E. Relationships of seed and germination measurements with resistance to seed weathering in cotton. **Seed Science and Technology**, Mississippi, v.21, p.505–512, 1993.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed., Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

GOMES, P. **A soja**. São Paulo: Nobel, 1975.

GUARNIERI, K. C da S. **Comparação de métodos para avaliar o desempenho de lotes de sementes de soja**. 2006, 26 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Universidade Federal de Pelotas – Pelotas. 2006.

HAMPTON, J.G. O que é qualidade de sementes? **Revista Seed News**. Setembro/outubro, v.5, n.5. 2001. Disponível em: www.seednews.inf.br/portugues/seed55/artigocapa55.shtml. Acesso: 01 de setembro

de 2009.

JIJÓN, A.V., BARROS, A.C.S.A. Efeito dos danos mecânicos na semeadura sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v.6, n.1/2, p.3-21, 1983.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

KRZYZNOWSKI, F.; FRANÇA NETO, J. de B. Agregando valores à semente de soja. **Revista Seed News**. Reportagem de capa do mês setembro/outubro - ano. VII n. 5. Disponível em: http://www.seednews.inf.br/portugues/seed75/print_artigo75.html. Acesso em 05 de abril de 2009.

KRZYZANOWSKI, F. C., FRANÇA NETO, J. B., HENNING, A.A., COSTA, N. P. O controle de qualidade agregando valor à semente de soja – série sementes. Londrina, Janeiro, 2008a (EMBRAPA – CNPSo. **Circular Técnica**, 54).

KRZYZANOWSKI, F.C. Desafios tecnológicos para produção de semente de soja na região tropical brasileira. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguassu. **Proceedings...**Londrina: Embrapa Soybean, 2004. P.1324-1335. Editado por Flavio Moscardi, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Odilon Ferreira Saraiva, Paulo Roberto Galerani, Francisco Carlos Krzyzanowski, Mercedes Concordia Carrão-Panizzi.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. Teste de hipoclorito de sódio para sementes de soja. Londrina, Agosto, 2004. (EMBRAPA – CNPSo. **Circular Técnica**, 37).

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades – série sementes. Londrina, Abril, 2008b (EMBRAPA – CNPSo. **Circular Técnica**, 55).

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKIM F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 6, P. 1-8.

KRZYZANOWSKI, R.C., HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P. Tecnologias que valorizam a semente de soja. **Revista Seed News**. Reportagem de capa do mês de novembro/dezembro, n.6, 2006.

LEEUWEN, K.V.; SADER, R.; FESSEL, S.A.; BARBOSA, J.C. Deterioração controlada em sementes de soja armazenadas. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.75-82, 2005.

LIMA, A.M.M.P.; CARMONA, R. Influência do tamanho da semente no desempenho produtivo da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.157-163, 1999.

LOEFFLER, T.M., TEKRONY, D.M., EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-branca (*Avena sativa* L.) em função do**

vigor de sementes e população de plantas. 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

MARCONDES, M.C.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, I.C.B. Danos mecânicos e qualidade fisiológica de semente de soja colhida pelo sistema de trilha convencional e axial. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.27, n.2, p.125-129, 2005.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D., SADER, R., CARVALHO, N.M. (Coord.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.45-57.

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

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p.133-149.

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

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

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

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, 2001.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H.B.; CRUZ, C.D.; ODA, M.C.; TEIXEIRA, R.C. Análise da estabilidade e previsibilidade da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Cristalina, Goiás. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.30, n.2, p.191-196, 2008.

McDONALD JR., M.B. Physical quality of soybean. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 13, n.3, p.601-628, 1985.

MEDEIROS, M.; NÓBREGA, L.H.P.; OPAZO, M.A.U. Qualidade e rendimento de sementes de soja produzidas sob cultivo orgânico em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.28, n.1, p.83-89, 2006.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, A.C.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. Colheita mecânica da soja: avaliação das perdas e da qualidade física do grão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.3, p.44-53, mar. 1999.

MIGUEL, M.H.; CÍCERO, S.M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.35-42, 1999.

MOORE, R.P. Effects of mechanical injuries on viability. In: ROBERTS, E. H. **Viability of seeds**. 2.ed. London: Chapman and Hall, 1974. p.94-113.

MOTTA, C. A. P. **Comparação de testes de vigor em sementes de soja com a emergência das plântulas a campo**. 1986, 90 f. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 1986.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto alegre: Departamento de Plantas da Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.31p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. P.49-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, P. 1-21.

NÓBREGA, L.H.; OPAZO, M.A.U.; MARTINS, G.I.; LORIN, H.E.F. Eficiência de testes para determinação de vigor de sementes de soja danificadas mecânicamente. In: IX Congresso Argentino de Ingeniería Rural y I del Mercosur “ La ingeniería Rural y El cambio climático”. Córdoba, 2007.

NÓBREGA, L.H.P. **Avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes de soja submetidas a mecanismos distribuidores de semeadoras**. 1998. 187f. Tese (Doutorado em Identificação e Tecnologia de Sementes, Controle de Qualidade) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas – SP.

NÓBREGA, L.H.P. **Estrutura morfológica e qualidade de sementes de soja**. Jaboticabal: FCAV, 1991. 22p.

PAIVA, L. E.; MEDEIROS, S. F.; FRAGA, A. C. Beneficiamento de sementes de milho colhidas mecanicamente em espigas: efeitos sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.24, p.846-856, 2000.

PERIN, A.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1711-1718, 2002.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

PINAZZA, L. A. **Cadeia produtiva da soja**. Série agronegócios. Brasília: IICA: MAPA/SPA, v.2, 2007. 116p.

PINHEIRO NETO, R.; GAMERO, C.A. Efeito da colheita mecanizada nas perdas qualitativas de sementes de soja. **Revista Engenharia Agrícola**, Joboticabal, v.20, n.3, p.250-257, set.2000.

PINTO, T. L. F. **Avaliação de danos causados por percevejos, de danos mecânicos e de deterioração por umidade, em sementes de soja, utilizando a**

técnica de análise de imagens. 2006, 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba-SP. 2006.

PINTO, T. L. F.; CICERO, S. M.; FORTI, V. A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.29, n.3, p.31-38, 2007.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

ROCHA JUNIOR, L. S. **Qualidade física e fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar IAC- 17, em função da colheita, tamanho da semente e da armazenagem.** 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

ROCHA, V.S.; OLIVEIRA, A.B.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L.; SEDIYAMA, C.S.; PEREIRA, M.G. **A qualidade da semente de soja.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – Minas Gerais. 1990. 76p.

ROSSETO, C.A.V; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, p.123-131, jan/abr. 1995.

ROSSINI, M. C.; IRIGON, D. L.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VERNETTI, F. de J. Caracterização de 26 cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) recomendadas para a Região Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**. Curitiba. v.17, n.2, p.227-235, 1995.

SANTOS, P.M.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, T.; ARAÚJO, E.F.; CECON, P.R.; SANTOS, M.R. Efeito da classificação por tamanho da semente de soja na sua qualidade fisiológica durante o armazenamento. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n.3, p.395-402, July/Sept., 2005.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L; FRANÇA NETO, J. B; SCAPIM, C. A.; MESCHEDE, D. K. Utilização da taxa de crescimento das plântulas na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Curitiba. v. 24, n.2, p. 90–95, 2002.

SCHUAB, S. R. P.; LUCCA BRACINI, A.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHEDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plantas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.28, n.4, p.553-561, 2006.

SCHUAB, S.R.P.; BRACCINI, A.L.; FRANÇA NETO, J.B.; SCAPIM, C.A.; MESCHEDE, D.K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.4, p.553-561, 2006.

SCHUAB, S.R.P.; BRACCINI, A.L.; FRANÇA NETO, J.B.; SCAPIM, C.A.; MESCHEDE, D.K. Utilização da taxa de crescimento das plântulas na avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.2, p.90-95, 2002.

SCHUCH, L.O.B. **Vigor das sementes e aspectos da fisiologia da produção em**

aveia-preta (*Avena sativa* Schreb.). Pelotas, 1999. 127p. Tese (Doutorado em Ciência em Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – Universidade Federal de Pelotas.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.305-312, 2000a.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S.; ROSENTHAL, M.D. Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, mai-ago, 2000b.

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.31, n.1, p.144-149, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Resolução nº 051, de 1986. **Estabelece as normas para produção de sementes no estado**. Curitiba, 1986.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 969p.

SEPROTEC. **Plantas de cobertura do solo**. Disponível em http://www.seprotec.com.br/produtos_solo.asp. Acesso em 01 de junho de 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TANAKA, T.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Soja: Nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992.

TEIXEIRA, I.T.; MOTERLE, L. M.; LUCCA e BRACCINI, A.; SCHUSTER, I. **Soja transgênica: histórico e estado da arte**. Maringá: Eduem, 2008. 56f.

TEKRONY, D.M., EGLI, D.B., BALLE, J. The effect of the field production environment on soya bean seed quality. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Seed production**. London: Butterworth & Co., 1980. p.403-425.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 37, n.9, 2002.

WERKEMA, M.C.C. **Análise de regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

ZOU, K.H.; TUNCALI, K.; SILVERMAN, S.G. Correlation and Simple Linear Regression. **Radiology**, Oak Brook, v.227, n.3, p. 617–622, 2003.