

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

TESTES LABORATORIAIS PARA A AVALIAÇÃO DO
DESEMPENHO GERMINATIVO NO CAMPO DE SEMENTES DE
LOTES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

Juliane Dossi Salum

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**TESTES LABORATORIAIS PARA A AVALIAÇÃO DO
DESEMPENHO GERMINATIVO NO CAMPO DE SEMENTES DE
LOTES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)**

Juliane Dossi Salum

Orientador: Prof. Dr. Nelson Moreira de Carvalho

Co-orientador: Prof. Dr. Silvio Moure Cicero

Co-orientadora: Profa. Dra. Gisele Herbst Vazquez

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes.

Jaboticabal - SP

Agosto de 2009

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JULIANE DOSSI SALUM - nascida em 28 de maio de 1983, em São Paulo - SP - Brasil. Em 2002, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Câmpus de Botucatu - SP, concluindo-o em dezembro de 2006. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), na área de Produção e Tecnologia de Sementes, no período de fevereiro de 2003 a fevereiro de 2004. Em março de 2007 iniciou o curso de mestrado *Stricto Sensu* em Agronomia, com Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, na Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal - SP. Durante o período de realização do curso foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Há três coisas na vida que nunca voltam atrás:
a flecha lançada, a palavra pronunciada e a oportunidade perdida”.

Provérbio Chinês

Aos meus pais,

Sérgio Torre Salum e

Neusa Dossi Salum,

Pelo incentivo constante, amor e por serem as pessoas
mais importantes da minha vida.

DEDICO

A minha irmã Mariangela Dossi Salum e ao
meu noivo César Checoli Choueiri,
por serem tão especiais para mim
e amá-los demais.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que me tem concedido;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, UNESP, pela oportunidade oferecida de aperfeiçoamento e por fornecer subsídios para esta conquista;

Ao CNPq, pelo suporte financeiro;

À empresa Syngenta pelo fornecimento das sementes para o estudo;

À empresa Marangatú Sementes por todo apoio e compreensão;

Ao professor Nelson Moreira de Carvalho, pela valiosa orientação, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade, pelo qual tenho muita admiração, carinho e eterna gratidão;

Aos professores Silvio Moure Cicero e Gisele Herbst Vazquez, pela co-orientação, apoio e contribuições ao trabalho;

Aos professores do Departamento de Fitotecnia pelo ótimo convívio e ensinamentos;

Às secretárias do Departamento de Fitotecnia, Mônica Roberta Ignácio e Marisa Coga, pela colaboração e amizade;

Ao técnico do Laboratório de Sementes Lázaro José Ribeiro da Silva e ao auxiliar de campo Rubens Libório, pelo apoio na execução dos experimentos e pela amizade;

Aos amigos e companheiros do curso de Pós-graduação da Produção e Tecnologia de Sementes, Mariana Silva Rosa, Cláudia Denise da Silva, Delineide Pereira Gomes, Leandra Barroso, Magnólia de Mendonça Lopes, pelo convívio maravilhoso e colaboração nos momentos de necessidade;

A todos aqueles que de algum modo contribuíram para esta conquista.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Testes de vigor.....	03
2.2. Relações entre testes de vigor e a emergência de plântulas.....	05
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	09
3.1. Análises Laboratoriais.....	10
3.1.1. Teor de água das sementes.....	10
3.1.2. Teste de germinação.....	10
3.1.3. Primeira contagem de germinação.....	11
3.1.4. Teste de envelhecimento acelerado.....	11
3.1.5. Teste de frio.....	12
3.1.6. Teste de condutividade elétrica.....	13
3.1.7. Massa seca de plântulas normais e anormais.....	13
3.1.8. Comprimento de plântulas (ISTA).....	14
3.1.8.1. Incluindo as plântulas normais.....	15
3.1.8.2. Incluindo as plântulas normais e anormais.....	16
3.1.9. Comprimento de plântulas (ABRATES).....	17
3.1.9.1. Comprimento de plântulas normais.....	18
3.1.9.2. Comprimento de plântulas normais e anormais.....	19
3.2. Avaliação do tempo gasto para condução dos testes laboratoriais.....	20

3.3. Avaliação em campo.....	20
3.3.1. Características das regiões.....	20
3.3.1.1. Jaboticabal.....	21
3.3.1.2. Piracicaba.....	21
3.3.1.3. Fernandópolis.....	21
3.4. Análise estatística dos dados.....	22
 4. RESULTADOS.....	 23
 5. DISCUSSÃO.....	 36
 6. CONCLUSÕES.....	 46
 7. REFERÊNCIAS.....	 47

**TESTES LABORATORIAIS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO
GERMINATIVO NO CAMPO DE SEMENTES DE LOTES DE SOJA (*Glycine max*
(L.) Merrill)**

RESUMO - O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus de Jaboticabal (UNESP), na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em Piracicaba (USP) e na Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO) em Fernandópolis, e teve por objetivo verificar a eficiência de alguns testes de vigor, conduzidos em laboratório, na previsão do desempenho germinativo de sementes de lotes de soja quando semeados sob condições de campo compatíveis com a prática agrícola. Foram avaliados nove lotes de sementes por meio dos seguintes testes laboratoriais: primeira contagem, padrão de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, frio, comprimento de plântula de acordo com procedimentos recomendados pela ISTA (1995), comprimento de plântulas de acordo com procedimentos recomendados pela ABRATES (1999), massa seca e emergência de plântulas no campo nas três localidades. O tempo de duração de cada teste foi também determinado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dados da correlação entre resultados laboratoriais e desempenho germinativo no campo foram também determinados. Os resultados deste trabalho indicam que o produtor de sementes de soja dispõe de um número razoavelmente alto de testes entre os quais optar para avaliar, com um grau aceitável de confiança, o que esperar do desempenho germinativo de um lote de sementes quando semeado sob condições ambientais usuais para a prática agrícola. Os testes de maior precisão seriam os do envelhecimento artificial, o da condutividade elétrica e o do frio. Se, além da confiabilidade, ao produtor de sementes interessar também rapidez na obtenção de resultados, o teste da condutividade elétrica seria o mais indicado. Além desses testes, aos quais se convencionou chamar de “tradicionais”, o produtor de sementes teria,

ainda, um alto número de testes de avaliação de plântulas dos quais poderia fazer uso. Dentre esses testes, destacam-se os que determinam o comprimento da plântula ou de parte dela, mais eficientes do que aqueles em que a plântula é avaliada por seu conteúdo de matéria seca. Esses testes todos têm duração entre 128 e 151 horas. Entre os testes de comprimento de plântulas, verificou-se que o procedimento básico indicado pela ISTA mostrou-se o menos sensível, supostamente pelo fato de que esta metodologia é mais indicada para sementes de germinação hipógea, e a soja é de germinação epígea. Destacam-se também os testes padrão de germinação e o da primeira contagem. Ambos foram de alta sensibilidade e de duração, respectivamente de 5 e 8 dias, durações essas que não se poderia considerar longas já que o teste de germinação é obrigatoriamente feito para atender exigência do processo de Certificação. Adotando um ou mais desses testes, seja em função de sua sensibilidade, seja em função de sua expediência, a empresa produtora de sementes de soja poderá ter grau de certeza relativamente alto do que esperar de lotes de sementes que vierem a ser semeados sob condições usuais para a prática agrícola.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, vigor, emergência em campo.

**LABORATORY TESTS TO EVALUATE SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill)
SEED LOTS GERMINATIVE PERFORMANCE UNDER FIELD CONDITIONS**

SUMMARY - This research work was carried out on the campi of Jaboticabal, a unit of the Paulista State University (UNESP), Piracicaba, a unit of the University of São Paulo (USP), and Fernandópolis, a unit of the Camilo Castelo Branco University, the three of them localities of the state of São Paulo, Brazil. The objective of this work was the evaluation of some laboratory tests for the analysis of soybean seeds quality as to their efficiency in forecasting seed lots germinative performance in the field. The environmental conditions in Jaboticabal, Piracicaba, and Fernandópolis were within the limits usually found under normal agricultural practice. Nine commercial soybean seed lots were used whose vigor levels previous laboratory tests showed to be high, medium, and low. The laboratory tests were the following: standard germination, germination first count, accelerated aging, electrical conductivity, cold, seedling length according to procedures found in ISTA (1995), seedling length according to procedures found in ABRATES (1999), seedling dry matter and field emergence at the three localities. The results indicate that soybean seed companies have a reasonably high number of laboratory tests among which to choose, all of them yielding highly trustable results. The accelerated aging, the electrical conductivity, and the cold tests would be those of the highest precision. The electrical conductivity test, in addition to being of high precision, was found to be the fastest one. In addition to those, the seed company still has a high number of tests from which to choose. Among them, those in which seedling length is measured were found to be more efficient than those in which seedling dry matter is measured. The seedling length tests have a duration between 128 and 151 hours. The measuring of seedling length according to procedures described by ISTA (1995) was the less efficient test, supposedly because soybean seeds are of epigeal germination. The standard germination and

the germination first count tests were also found to be tests of high sensitivity in previewing seed lots germinative performance in the field. Considering that the time necessary for the standard germination test to be carried out is part of the Certifying process, both tests, the standard germination and the germination first count, as vigor tests, could be seen as having a zero duration.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, vigor, field emergence

1. INTRODUÇÃO

A semente é um insumo indispensável na produção agrícola, desempenhando importante papel para o aumento da produtividade agrícola e como transportador de inovações tecnológicas.

Atualmente, devido à alta competitividade do mercado, ocasionada principalmente pelo processo de globalização, as empresas produtoras de sementes fazem investimentos significativos voltados para a obtenção de sementes de alta qualidade, tendo em vista que somente sementes de alta qualidade poderão permitir a manutenção de empresas com capacidade de competir no mercado. Portanto, o controle de qualidade é fundamental para o produtor de sementes, pois permite detectar, entre várias operações, falhas nas diferentes etapas de produção, e, assim, adquirir melhores condições de competir por novos espaços no mercado.

Para tal, faz-se necessário o uso de testes que produzam resultados confiáveis, em um período de tempo relativamente curto e relacionado à emergência de plântulas em campo, a fim de que as tomadas de decisões possam ser agilizadas, principalmente as referentes às operações de colheita, processamento e comercialização do produto obtido.

Muitos estudos analisam o desempenho potencial de um lote de sementes. Isto é realizado utilizando-se testes de viabilidade e de vigor, cujos resultados são correlacionados com a emergência de plântulas no campo. O conjunto de testes é muito grande e, muitas vezes, específicos para as culturas (MCDONALD, 1994).

O objetivo de avaliar-se o vigor das sementes é identificar possíveis diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes que apresentem poder germinativo semelhante dentro de padrões comercializáveis (MARCOS FILHO et al., 1987; VIEIRA et al., 1999). Assim, os testes de vigor contribuem no sentido de detectar estas alterações e, conseqüentemente, são úteis para tomadas de decisão para o destino de um lote de sementes (POPINIGIS, 1977).

Um teste laboratorial, contudo, deveria ser não apenas eficiente na previsão do desempenho germinativo das sementes de um lote no campo mas, também, deveria poder ser conduzido com a maior brevidade possível, tendo em vista o alto número de lotes com que as empresas produtoras de sementes trabalham.

No caso da soja, cresce a procura por avaliações eficientes e rápidas, principalmente do vigor. Busca-se complementar o teste padrão de germinação com avaliações laboratoriais mais sensíveis, que possibilitem selecionar os melhores lotes para comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura.

Sendo assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar alguns testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, determinando o grau de similaridade entre resultados de testes laboratoriais e o desempenho germinativo em campo em três localidades no estado de São Paulo: Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis. Além disso, os testes laboratoriais foram comparados também quanto à duração de cada um para a obtenção de resultados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Testes de vigor

Existem diversas definições para vigor. A ISTA (“International Seed Testing Association”) define vigor de sementes como a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de semente durante a germinação e a emergência da plântula (ISTA, 1981); já para AOSA (“Association of Official Seed Analysts”), o vigor de sementes compreende aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma faixa de condições ambientais (AOSA, 1983).

O emprego de uma metodologia adequada possibilita a avaliação do vigor, estimando o possível desempenho em campo e o descarte de lotes deficientes, diminuindo, portanto, riscos e prejuízos (DIAS & MARCOS FILHO, 1996).

Um teste de vigor eficiente deve fundamentar-se em base teórica consistente e proporcionar resultados reproduzíveis e relacionados à emergência das plântulas em campo, sob amplas condições de ambiente, ser objetivo, rápido, simples e de baixo custo (DELOUCHE, 1976; AOSA, 1983; TEKRONY, 1983; POWELL, 1986 e MARCOS FILHO, 1999a).

Várias metodologias são indicadas para testes de vigor (AOSA, 1983; ABRATES, 1999; MARCOS FILHO et al., 1987; KRZYZANOWSKI et al., 1991; VIEIRA & CARVALHO, 1994 e HAMPTON & TEKRONY, 1995). Embora exista um grande número de testes propostos com a finalidade de avaliar o vigor das sementes, alguns apresentam maior possibilidade de uso, sendo mais passíveis de padronização pelo menos dentro de uma mesma espécie e outros apresentam poucas perspectivas de virem a ser usados (VIEIRA et al., 1994). Baseados nessas dificuldades de uso, maior ou menor, a ISTA (1981) e a AOSA (1983) destacaram os seguintes testes de vigor, com os mais convenientes: taxa de crescimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, teste de frio, tetrazólio e condutividade elétrica.

O desempenho das sementes em campo depende não só do histórico dos lotes como, principalmente, das condições do ambiente ao qual a semente vai ser exposta. Por esses motivos são indispensáveis a escolha adequada dos métodos para avaliação do vigor e os cuidados na interpretação dos resultados (MARCOS FILHO, 1999a).

O teste padrão de germinação (realizado em laboratório) é ainda a principal maneira de avaliar a capacidade das sementes em produzir plântulas normais, mas nem sempre revela diferenças de qualidade e de desempenho entre lotes de semente no armazenamento ou no campo. Quanto mais as condições de semeadura e emergência em campo afastam-se das adequadas, menor é a relação entre a germinação obtida em laboratório e a emergência em campo; daí a necessidade e a importância dos testes de vigor. Tais testes têm mostrado maior possibilidade de identificar lotes de sementes que possam apresentar diferentes desempenhos no

campo, mesmo com semelhante poder germinativo (MARCOS FILHO, 1981; CARVALHO, 1986; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

2.2. Relações entre testes de vigor e a emergência de plântulas em campo

O desempenho das sementes é determinado rotineiramente pelo teste padrão de germinação. Porém, nota-se que, há algum tempo, pesquisadores, produtores de sementes e agricultores, não têm se mostrado satisfeitos com o uso exclusivo de informações fornecidas por esse teste que identifica o potencial fisiológico das sementes sob condições ideais (MARCOS FILHO et al., 1987). MARCOS FILHO (1999a) e CARVALHO & NAKAGAWA (2000) relatam que as condições ambientais exercem influência acentuada sobre a manifestação do potencial fisiológico das sementes e, portanto, se a semeadura for realizada em condições ambientais desfavoráveis, a emergência de plântulas normais pode ser inferior à determinada em laboratório.

O teste padrão de germinação é o mais utilizado para se avaliar a qualidade fisiológica das sementes. Entretanto, nem sempre apresenta similaridade com a emergência de plântulas em campo. De acordo com MATTHEWS & POWELL (1986), o baixo número de plântulas emersas no campo frequentemente não está associado a falhas na germinação, mas sim às falhas nos estádios de crescimento em pré-emergência e pós-emergência, e isto é influenciado pelas condições do solo e pelas características das sementes relacionadas com o vigor. 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).

Métodos laboratoriais não foram ainda desenvolvidos para prever o número exato de sementes que germinará em campo, sob variadas condições de ambiente. Assim, mesmo sabendo que um lote apresenta alto vigor, não há garantia total de um desempenho superior ou favorável. Há apenas, maior probabilidade de um melhor

desempenho em relação a lotes menos vigorosos (MARCOS FILHO, 1999a). O objetivo básico dos testes de vigor é a identificação de diferenças importantes na qualidade fisiológica dos lotes, principalmente dos que possuem poder germinativo semelhante (MARCOS FILHO, 1994).

Muitas técnicas podem ser usadas para avaliar o vigor de sementes, mas os efeitos do vigor, sobre o desempenho das sementes e das plantas em campo, ainda são pouco estudados. JOHNSON & WAX (1978) observaram que o número de testes de vigor que relacionaram-se com a emergência em campo, foi maior quando as condições de semeadura eram favoráveis, em comparação a condições adversas.

Portanto, há necessidade da inclusão de testes, em programas de controle de qualidade, que permitam, pelo menos, identificar diferenças no potencial fisiológico de lotes com alta germinação ou viabilidade, além de detectar possíveis diferenças no potencial de desempenho entre lotes com germinação ou viabilidade semelhantes (MARCOS FILHO, 1999a). Com o intuito de contornarem a variabilidade associada a testes individuais, alguns pesquisadores combinam os resultados dos testes conduzidos em laboratório (TEKRONY & EGLI, 1977; EGLI & TEKRONY, 1979; 1995 e 1996). Nesse sentido, os testes de vigor, têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineiro, pela indústria de sementes e por pesquisadores.

EGLI e TEKRONY (1995) relatam que o desempenho de plântulas de soja em campo sob diversas condições ambientais tem alta probabilidade de apresentar-se adequado quando o resultado do teste do envelhecimento acelerado for maior ou igual a 80% ou do teste padrão de germinação for maior ou igual a 95%. RANSOM e SEBEST (2008) verificaram que o teste do envelhecimento acelerado mostrou-se de baixa sensibilidade para prever o desempenho de sementes de trigo vermelho, de primavera e de trigo durum nas condições do experimento e MARCOS FILHO et al. (1984) também relatam que o envelhecimento acelerado não apresentou correlação significativa com os testes de germinação, velocidade de germinação e emergência. Por outro lado, o teste do envelhecimento acelerado com duração de 72 horas, aplicado a sementes de soja tratadas com Thiram foi o que melhor se comportou em relação a vários outros testes de vigor (BOERSMA, LAW & ADKINS, 1996). TORRES (1999)

observou que o teste do envelhecimento acelerado permitiu estimar com precisão a emergência de plântulas em campo de lotes de sementes de soja. Porém, à medida que as condições ambientais do local de semeadura apresentavam maior estresse, a precisão diminuiu.

Os testes que proporcionaram as maiores correlações com a emergência de plântulas de feijão, milho e soja em campo foram o de condutividade elétrica e o teor de potássio na solução de embebição (RIBEIRO, 1999). A condutividade elétrica na solução de embebição das sementes tem sido considerada por diversos pesquisadores como um eficiente indicativo de emergência de plântulas em campo, principalmente em estudos realizados com ervilha (MATTHEWS & BRADNOK, 1968; BEDFORD, 1974; e MATTHEWS & POWELL, 1981).

MARCOS FILHO (1994) destacou os testes de tetrazólio, condutividade elétrica, de frio e de envelhecimento acelerado como os mais indicados para comporem um programa de controle de qualidade e para fornecerem informações complementares ao teste padrão de germinação. Em sementes de soja, OLIVEIRA et al. (1984) e BARROS (1988) constataram que o teste de condutividade elétrica foi mais eficiente para prever a emergência de plântulas em campo do que os demais testes de vigor.

O teste de frio, que tem como princípio básico a exposição das sementes a baixas temperaturas, alta umidade e agentes patogênicos (quando se utiliza terra procedente de áreas de cultivo da espécie), pode funcionar como instrumento de grande valor para a seleção prévia de lotes de sementes, quanto ao seu desempenho, em uma ampla faixa de condições ambientais. Esse é considerado um teste de resistência, pois o lote de sementes que melhor resistir às condições adversas é considerado o de maior potencial fisiológico. De forma geral, se os resultados do teste de frio se aproximarem dos obtidos no teste padrão de germinação, há grande possibilidade desse lote apresentar capacidade para germinar sob ampla variação das condições de umidade e temperatura do solo (CICERO & VIEIRA, 1994). FERRIS e BAKER (1990), estudando métodos para avaliar o desempenho de sementes de soja em campo, obtiveram correlação entre os testes de frio, de envelhecimento acelerado e de emergência de plântulas em campo.

Dentre os testes de germinação, primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e teste de frio em rolo de papel sem terra realizados para verificar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de pimentão, além do teste de germinação, o teste de condutividade elétrica, realizado após 4 e 24 horas de embebição, foi o único que se correlacionou com a emergência de plântulas em campo (TORRES & MINAMI, 2000). Por outro lado, ELIAS e COPELAND (1997) estudaram a relação entre testes de vigor e a emergência de plântulas em campo em diferentes lotes de sementes de canola e observaram que os resultados de todos os testes correlacionaram-se significativamente com o desempenho das sementes em campo.

SCUAB et al. (2002) verificaram que a avaliação da massa de matéria seca de plântulas não apresentou resultados confiáveis na avaliação do desempenho germinativo de sementes de soja em campo. Em contrapartida, a taxa de crescimento de plântulas apresentou correlação significativa ($p < 0,01$) com todos os testes empregados corriqueiramente na avaliação da qualidade das sementes de soja, inclusive com a emergência das plântulas em campo, enquanto que a massa de matéria seca não apresentou correlação com a maioria dos testes, exceto com o comprimento de plântula, com o envelhecimento acelerado e com a própria taxa de crescimento.

Alto vigor de sementes pode ter uma influência positiva na emergência de plântulas em campo, porém, a magnitude desta influência pode ser modificada pelo ambiente no qual a semente se encontra (BURRIS, 1976). Assim, quanto mais próximas do ambiente ideal forem as condições para os processos de germinação e de emergência em campo, maior será a relação entre os resultados obtidos em laboratório e a emergência de plântulas em campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a cultivar de soja transgênica NK 7059 RR, de hábito de crescimento indeterminado, cor do hipocótilo verde, da flor branca, da pubescência cinza, do hilo marrom claro e do grupo de maturação 5.9. Foram fornecidos nove lotes de sementes de soja para realização do trabalho pela Syngenta Seeds, Ltda.

Os lotes utilizados na pesquisa foram denominados como lotes de maior vigor (1, 2 e 3), com germinação em torno de 95%, de médio vigor (4, 5 e 6), com germinação em torno de 85% e de menor vigor (7, 8 e 9), com germinação em torno de 75%, valores estes obtidos preliminarmente.

Os testes de vigor [primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, frio, condutividade elétrica, massa de matéria seca de plântulas, comprimento de plântulas normais e anormais de acordo com procedimentos indicados

pela ISTA (1996), comprimento de plântulas normais e anormais de acordo com a ABRATES (1999)] foram escolhidos com o objetivo de que estimassem, juntamente com o teste padrão de germinação, o desempenho germinativo dos nove lotes quando semeados em campo em três locais do estado de São Paulo, ou seja, Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

3.1. Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal.

3.1.1. Teor de água das sementes

Foi determinado utilizando-se quatro repetições de sementes inteiras para cada tratamento, em estufa regulada a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.1.2. Teste padrão de germinação

Foi conduzido em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa seca do substrato, em quatro repetições de 50 sementes. Os rolos de papel, acondicionados em sacos plásticos, foram mantidos em germinador a 25°C. As contagens foram realizadas aos cinco e oito dias após a instalação do teste, segundo os critérios estabelecidos em BRASIL (1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.1.3. Primeira contagem de germinação

Constituiu-se na determinação, em porcentagem, das plântulas normais aos cinco dias após a instalação do teste padrão de germinação.

3.1.4. Teste de envelhecimento acelerado

Foi adotada a metodologia recomendada pela AOSA (1983) e descrita em MARCOS FILHO (1999 b), em caixas plásticas, ditas gerbox (11 x 11 x 3cm), utilizando quatro repetições de 42g de sementes distribuídas em camada uniforme e única sobre bandeja de tela metálica fixada no interior da caixa plástica contendo 40 ml de água destilada. As caixas, tampadas e acondicionadas em sacos plásticos, foram mantidas a 42 °C por 48 horas. Após este período, quatro repetições de 25 sementes foram submetidas a determinação do teor de água e quatro repetições de 50 sementes submetidas ao teste padrão de germinação (BRASIL, 1992), conforme orientação técnica de manuais sobre testes de vigor (AOSA, 1983; ISTA, 1996; ABRATES, 1999).

Os resultados da Tabela 1 indicam que o teor de água inicial das sementes apresentou-se uniforme, com variações entre 11,3 e 11,8 %. Segundo EGLI e TEKRONY (1995), a comparação de amostras que apresentem o mesmo teor de água antes do envelhecimento acelerado produz resultados mais confiáveis. Além disso, para a condução do teste do envelhecimento acelerado, a recomendação é de que o teor de água inicial das sementes esteja entre 11 e 13%, devido à resposta ao envelhecimento depender da interação temperatura, período de exposição, teor de água e qualidade das sementes. Outro indicador da uniformidade das condições do envelhecimento acelerado é o teor de água das sementes ao final do teste. Variações de 3 a 4 pontos percentuais entre as amostras são toleráveis (EGLI & TEKRONY, 1995). Os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com a recomendação, já que o teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado, apresentou-se entre 25,7 e 28,4% (Tabela 1).

Tabela 1. Determinação do teor de água inicial (TA) e após o envelhecimento acelerado (TAEA) de sementes de soja, cultivar NK 7059 RR.

LOTES	TA	TAEA
	-----%-----	

1	11,6	26,9
2	11,7	27,1
3	11,5	27,0
4	11,8	28,4
5	11,7	25,7
6	11,8	28,0
7	11,5	27,7
8	11,5	26,7
9	11,3	27,5

3.1.5. Teste de frio

O teste foi conduzido em caixas plásticas nas quais foram colocados aproximadamente 3000g da mistura areia e terra, na proporção de 2:1 respectivamente, sobre os quais foram distribuídas quatro repetições de 50 sementes, as quais foram então cobertas com mais 1000g restantes da mistura. Adicionou-se 932,8ml de água, 70% da capacidade de campo, em toda as caixas, que foram tampadas e vedadas com fita crepe. Em seguida, as caixas foram colocadas em câmara previamente regulada a 10 °C, onde permaneceram por cinco dias. Após esse período, as caixas foram destampadas e transferidas para ambiente com temperatura aproximada de 25 °C, por sete dias, período durante o qual as caixas não foram umedecidas novamente. A

avaliação foi realizada considerando-se somente as plântulas normais emergidas e o resultado final foi a média das porcentagens obtidas nas quatro repetições (BARROS et al. 1999).

3.1.6. Teste de condutividade elétrica

Para esta avaliação, quatro repetições de 50 sementes, com massa conhecida, foram colocadas para embeber em recipientes plásticos contendo 75 mL de água destilada, por um período de 24 horas a 25 °C. Em seguida, as amostras foram agitadas para homogeneização dos exsudados liberados na água, efetuando-se a leitura da condutividade elétrica da solução de embebição em condutivímetro modelo DM 31, previamente calibrado, com eletrodo de constante 1,0, expressando-se os resultados em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de sementes. A metodologia adotada foi a descrita em VIEIRA (1994).

3.1.7. Massa de matéria seca de plântulas normais e anormais

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes em um teste conduzido à semelhança do teste padrão de germinação. Após permanência por 5 dias no germinador em substrato de papel toalha, as plântulas normais e as anormais de cada repetição foram retiradas do substrato e contadas. Com o auxílio de uma lâmina de barbear, foram removidos os cotilédones. As plântulas normais e as anormais foram colocadas, separadamente umas das outras e por repetições, em sacos de papel e postas para secar em estufa termoelétrica regulada a 80 °C, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas para esfriar em dessecador. As repetições, uma vez esfriadas, foram pesadas em balança com precisão de 0,0001g, determinando-se assim a massa de matéria seca das plântulas normais e anormais da repetição (NAKAGAWA, 1999).

As avaliações realizadas foram:

- massa das plântulas normais.número de plântulas normais⁻¹ (MN.NN⁻¹);
- massa das plântulas normais.número de sementes semeadas⁻¹ (MN.50⁻¹);
- (massa das plântulas normais + massa das plântulas anormais).número de sementes semeadas⁻¹ [(MN + MA).50⁻¹];
- (massa das plântulas normais + massa das plântulas anormais).(número de plântulas normais + número de plântulas anormais)⁻¹ [(MN + MA).(NN + NA)⁻¹].

Os resultados foram expressos em gramas, com duas casas decimais.

3.1.8. Comprimento de plântulas (ISTA)

Foi realizado em rolo de papel com quatro repetições por amostra. Para confeccionar-se o rolo, empregaram-se três folhas de papel-toalha de 28 x 38 cm, duas debaixo das sementes e uma cobrindo-as. O papel foi umedecido 2,5 vezes a massa do substrato seco. Por repetição, foram empregadas 10 sementes, que foram semeadas no substrato pré-umedecido, sobre uma linha traçada no terço superior, no sentido longitudinal. A partir dessa linha, e em direção ao topo da folha, foram riscadas 15 linhas paralelas a 1 cm uma da outra. As sementes foram colocadas no substrato, apoiadas sobre uma das faces cotiledonares, com o eixo embrionário à direita do analista e com a radícula apontando para a parte inferior do papel (Figura 1).



Figura 1. Disposição das sementes de soja para o teste de comprimento de plântulas de acordo com procedimentos recomendados pela ISTA (1996).

Os rolos foram preparados normalmente como no teste de germinação. Os rolos relativos a cada repetição foram amarrados com atílio de borracha, acondicionados em sacos plásticos, os quais foram vedados visando manter constante a umidade dos rolos e colocados de pé no interior do germinador de maneira que as radículas ficassem apontando para baixo. A distância entre a extremidade superior dos rolos e o topo do saco plástico era de 15 cm, para assegurar o desenvolvimento normal das plântulas. O germinador foi regulado a 25 °C e ausência de luz (AOSA, 1983). Após cinco dias no germinador, foram contadas as plântulas normais e anormais que se situavam entre duas linhas subsequentes.

Para determinar o comprimento médio das plântulas, em centímetros, foram utilizados os procedimentos discriminados a seguir (ISTA, 1996).

3.1.8.1. Considerando-se as plântulas normais:

$$L = (n \times 1 + n \times 2 + n \times 3 + \dots + n \times 15) \cdot N'^{-1}$$

Onde: L = comprimento médio das plântulas; n = número de hipocótilos de plântulas normais determinado entre as paralelas de 1 a 15; N' = soma do número de plântulas normais por repetição.

3.1.8.2. Considerando-se as plântulas normais e as anormais:

$$L = (n \times 1 + n' \times 1 + n \times 2 + n' \times 2 + n \times 3 + n' \times 3 + \dots + n \times 15 + n' \times 15) \cdot N''^{-1}$$

Onde: L = comprimento médio das plântulas; n = número de hipocótilos de plântulas normais determinado entre as paralelas de 1 a 15, n' = número de hipocótilos de plântulas anormais determinado entre as paralelas de 1 a 15 e N'' = soma dos números de plântulas normais e anormais por repetição (Figura 2).



Figura 2. Teste do comprimento de plântulas segundo procedimentos recomendados pela ISTA (1996).

Após serem calculados os comprimentos de plântulas normais e anormais, foram determinados os parâmetros discriminados a seguir.

- Comprimento das plântulas normais dividido pelo número de sementes por repetição ($CN \cdot 10^{-1}$);
- Comprimento das plântulas normais mais comprimento das plântulas anormais dividido pelo número de sementes por repetição $[(CN+CA)10^{-1}]$;
- Comprimento das plântulas normais dividido pelo número de plântulas normais ($CN \cdot NN^{-1}$).

- Comprimento das plântulas normais mais comprimento das plântulas anormais dividido pelo número de plântulas normais mais número de plântulas anormais $(CN + CA)(NN + NA)^{-1}$;

Os resultados foram expressos em centímetros, com duas casas decimais, sendo o valor do comprimento da plântula obtido pela média aritmética das repetições.

3.1.9. Comprimento de plântulas (ABRATES)

Seguiu-se procedimento semelhante ao já descrito anteriormente para comprimento de plântulas (ISTA, 1996). Por repetição, foram empregadas 10 sementes, que foram semeadas no substrato pré-umedecido, sobre uma linha traçada no terço superior, no sentido longitudinal. As sementes foram colocadas no substrato, direcionando-se a radícula para a parte inferior do papel (Figura 3).

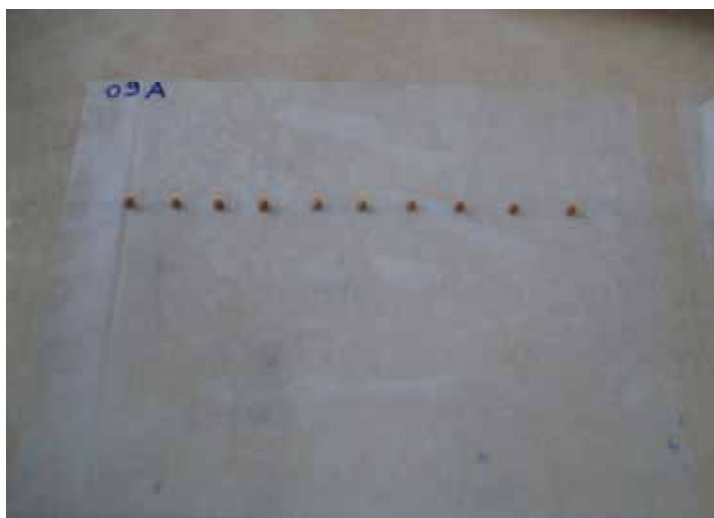


Figura 3. Disposição das sementes de soja para o teste de comprimento de plântulas de acordo com procedimentos recomendados pela NAKAGAWA (1999).

Os rolos foram preparados normalmente como no teste de germinação. Os rolos relativos a cada repetição foram amarrados com atílio de borracha, acondicionados em sacos plásticos, os quais foram vedados visando manter constante a umidade dos rolos

e colocados de pé no interior do germinador de maneira que as radículas ficassem apontando para baixo. A distância entre a extremidade superior dos rolos e o topo do saco plástico foi de 15 cm, para assegurar o desenvolvimento normal das plântulas. O germinador foi regulado a 25°C e ausência de luz (AOSA, 1983). Após cinco dias no germinador, as plântulas normais e anormais foram contadas e medidas com auxílio de uma régua, com graduação em centímetros.

Tomou-se, como medida para o comprimento de plântulas:

- I = o comprimento total da plântula (da ponta da raiz primária até o topo das folhas primárias);
- A = o comprimento da parte aérea (da inserção dos cotilédones até o topo das folhas primárias);
- HR = o comprimento do eixo hipocótilo-radicular (da inserção dos cotilédones até a extremidade da raiz primária).

Foram realizadas duas avaliações para o comprimento de plântulas: uma, em que se consideraram somente as plântulas normais (NAKAGAWA, 1999) e outra, em que se incluíram as plântulas anormais às normais.

3.1.9.1. Comprimento de plântulas normais

Após serem contadas e medidas as plântulas normais, foram determinados os parâmetros discriminados a seguir.

- Comprimento da plântula inteira dividido pelo número de sementes por repetição ($I.10^{-1}$).
- Comprimento da parte aérea dividido pelo número de sementes por repetição ($A.10^{-1}$).
- Comprimento do eixo hipocótilo-radicular dividido pelo número de sementes por repetição ($HR.10^{-1}$).

- Comprimento da plântula inteira dividido pelo número de plântulas normais ($I \cdot NN^{-1}$).
- Comprimento da parte aérea dividido pelo número de plântulas normais ($A \cdot NN^{-1}$).
- Comprimento do eixo hipocótilo-radicular dividido pelo número de plântulas normais ($HR \cdot NN^{-1}$).

3.1.9.2. Comprimento de plântulas normais + plântulas anormais

Após serem contadas e medidas as plântulas normais e anormais, foram determinados os parâmetros discriminados a seguir.

- Comprimento da plântula inteira dividido pelo número de sementes por repetição ($I \cdot 10^{-1}$).
- Comprimento da parte aérea dividido pelo número de sementes por repetição ($A \cdot 10^{-1}$).
- Comprimento do eixo hipocótilo-radicular dividido pelo número de sementes por repetição ($HR \cdot 10^{-1}$).
- Comprimento da plântula inteira dividido pelo número de plântulas normais mais plântulas anormais [$I(NN + NA)^{-1}$].
- Comprimento da parte aérea dividido pelo número de plântulas normais mais plântulas anormais [$A(NN + NA)^{-1}$].
- Comprimento do eixo hipocótilo-radicular dividido pelo número de plântulas normais mais plântulas anormais [$HR(NN + NA)^{-1}$].

Os resultados foram expressos em milímetros e ou em centímetros, com duas casas decimais, sendo o valor do comprimento da plântula obtido pela média aritmética das repetições (NAKAGAWA, 1999).

3.2. Avaliação do tempo gasto para a completa condução dos testes laboratoriais

Foi avaliado o tempo gasto para a completa condução dos testes laboratoriais, para as quatro repetições de cada lote de sementes de soja.

3.3. Avaliação em campo

Constituiu-se na realização de testes de emergência de plântulas em novembro de 2007, realizados em Jaboticabal, na área experimental do Departamento de Produção Vegetal (FCAV-UNESP), em Piracicaba, no Departamento de Produção Vegetal pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP) e, em Fernandópolis, na Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO).

Para as três localidades, o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical mesotérmico, ou seja, com verão úmido e inverno seco e o período chuvoso se concentrando de outubro a março.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, totalizando 9 tratamentos, com 4 repetições de 100 sementes. As sementes foram semeadas em sulcos com 4,0 m de comprimento a aproximadamente 2,0 cm de profundidade e o espaçamento entre linhas foi de 0,5 metro, simulando a semeadura em campo propriamente dita, com irrigação artificial sempre que necessária. A contagem das plântulas emersas foi efetuada aos 14 dias após a semeadura, com expressão dos resultados em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

3.3.1. Características das regiões

3.3.1.1. Jaboticabal

A área experimental em Jaboticabal encontra-se a 21°14'05" de latitude Sul, 48°17'09" de longitude Oeste de Greenwich, e altitude de 615 metros. A precipitação pluvial média do Município no período de condução do teste foi de 48,5 mm, a média da umidade relativa do ar foi de 71,9% e da temperatura, 24,3°C.

O solo predominante é o Vermelho Escuro, distrófico, com horizonte A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado (CENTURIÓN, 1998).

3.3.1.2. Piracicaba

A área experimental em Piracicaba, encontra-se a 22°42'30" latitude Sul, 47°38'00" longitude Oeste de Greenwich, e altitude de 546 metros. A precipitação pluvial média no período de condução do teste foi de 42,3 mm, a média da umidade relativa do ar foi de 71,6% e da temperatura, 23,5 °C.

O solo predominante na região é do tipo Terra Roxa estruturada eutrófica, horizonte A moderado, textura argilosa a muito argilosa.

3.3.1.3. Fernandópolis

A área experimental em Fernandópolis encontra-se a 20°16'50" de latitude Sul e 50°17'43" de longitude Oeste e a uma altitude de 520m.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é subtropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (ROLIM et al., 2007).

De acordo com OLIVEIRA et al. (1999) os solos da Fazenda Santa Rita são constituídos de Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos abruptos A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado.

A precipitação pluvial média do município, no período de condução do teste, foi de 22,0mm. A média da umidade relativa do ar foi de 74% e a temperatura média de 23,0 °C.

3.4. Análise estatística dos dados

O experimento conduzido em laboratório seguiu delineamento inteiramente casualizado e o teste de emergência de plântulas em campo em delineamento em blocos ao acaso. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Dados expressos em porcentagem foram transformados em arc sen $[\text{raiz } (\%/100)^{1/2}]$. Para a realização da análise estatística foi utilizado o programa ESTAT, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV-UNESP, Campus de Jaboticabal.

Posteriormente, foram calculados os coeficientes de correlação simples (r) e a regressão linear simples entre os resultados dos testes realizados em laboratório e os resultados do teste de emergência de plântulas em campo. A significância dos valores de r foi verificada pelo teste t (GOMES, 1990), aos níveis de 5,0% e 1,0% de probabilidade.

Os resultados dos testes de correlação foram usados para se avaliar a eficiência dos testes laboratoriais em prever o comportamento germinativo dos lotes sob condições de campo.

4. RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos testes de teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, teor de água após o envelhecimento acelerado, teste de frio, condutividade elétrica e emergência de plântulas em campo em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis. Os resultados de testes de massa de matéria seca de plântulas e de comprimento de plântulas, usando-se como procedimento básico o indicado pela ISTA (1996), são apresentados na Tabela 3. Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos para o comprimento de plântulas, tomando-se por base de procedimento o preconizado pela ABRATES (1999). As médias, comparadas pelo teste de Tukey, indicam diferenças entre os lotes.

Os coeficientes de correlação linear simples (r) entre as médias dos resultados dos testes realizados em laboratório e desempenho em campo de sementes de soja, são apresentados na Tabela 5.

As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram a relação entre os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, frio, condutividade elétrica, massa de matéria seca $[(MN.50^{-1}, (MN+MA)50^{-1} \text{ e } (MN+MA)(NN+NA)^{-1}]$, comprimento de plântulas indicado pela ISTA (1996): $[(CN.10^{-1}, (CN+CA)10^{-1} \text{ e } (CN+CA)(NN+NA)^{-1}]$, comprimento de plântulas normais recomendado pela ABRATES (1999): $(I.10^{-1}, A.10^{-1}, HR.10^{-1}, I.NN^{-1}, A.NN^{-1} \text{ e } HR.NN^{-1})$, comprimento de plântulas normais e anormais: $[I.10^{-1}, A.10^{-1}, HR.10^{-1}, I(NN+NA)^{-1}, A(NN+NA)^{-1}, HR(NN+NA)^{-1}]$ e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

Na Tabela 6, tendo em vista a análise crítica dos resultados, os valores de correlação entre os testes laboratoriais com o desempenho germinativo dos lotes foram ordenados de maneira decrescente. Na Tabela 7 é apresentado o tempo total gasto, neste experimento, para a completa condução de cada um dos testes considerados.

Tabela 2. Determinação do nível de vigor de lotes de sementes de soja, cultivar NK 7059 RR, por meio de testes laboratoriais e de testes de emergência de plântulas em campo.

Lotes	G	PC	EA	TF	CE	J	EC	P	F
					$\mu\text{S.cm}^{-1}\text{.g}^{-1}$			%	
1	(99) 88 a ¹	(99) 88 ab	(97) 81 a	(98) 83 a	50,4 a	(97) 81 a	(96) 79 a	(88) 70 ab	
2	(100) 90 a	(100) 90 a	(94) 75 abc	(97) 80 ab	49,2 a	(96) 78 ab	(96) 78 a	(81) 64 abc	
3	(97) 82 ab	(97) 81 bc	(95) 79 a	(96) 79 ab	54,0 a	(97) 81 a	(95) 77 ab	(89) 71 a	
4	(93) 75 bc	(91) 73 cd	(89) 72 abc	(82) 65 cd	70,9 b	(91) 73 bc	(88) 70 bc	(79) 63 abc	
5	(94) 76 bc	(91) 73 cd	(89) 70 abc	(89) 71 bc	73,2 b	(92) 74 bc	(94) 77 ab	(75) 60 bc	
6	(93) 75 bc	(90) 72 d	(83) 66 bc	(85) 67 cd	74,4 b	(89) 70 cd	(84) 66 c	(80) 63 abc	
7	(86) 68 cd	(83) 65 de	(76) 60 c	(80) 63 cd	92,2 c	(84) 66 d	(81) 64 c	(76) 61 abc	
8	(78) 63 d	(76) 61 e	(76) 60 c	(76) 60 d	104,8 d	(84) 66 d	(81) 64 c	(67) 55 c	
9	(85) 67 cd	(81) 64 de	(81) 64 bc	(84) 66 cd	69,4 b	(89) 70 cd	(88) 70 bc	(77) 61 abc	
Teste F	26,45**	32,64**	9,27**	16,54**	50,65**	16,78**	16,56**	5,54**	
F (blocos)	-	-	-	-	-	2,70 ^{NS}	1,01 ^{NS}	6,28**	
DMS	8,55	8,52	12,09	9,53	12,52	6,59	7,13	10,04	
CV (%)	4,72	4,85	7,28	5,67	7,41	3,74	4,14	6,59	

¹ Médias situadas na mesma coluna, seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Para efeito de análise estatística os dados G, PC, EA, TF, EC (Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis) foram transformados em arc sen $(\%/100)^{1/2}$. Entre parênteses estão apresentados os valores originais. ^{NS} não significativo; *significativo a 5%; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Testes realizados em laboratório: Germinação (G); primeira contagem de germinação (PC); envelhecimento acelerado (EA); teste de frio (TF); condutividade elétrica (CE).

Emergência em campo: Jaboticabal-SP (J), Piracicaba-SP (P) e Fernandópolis-SP (F).

Tabela 3. Determinação do nível de vigor de lotes de sementes de soja cultivar NK 7059 RR por meio de testes laboratoriais.

Lotes	Massa de matéria seca de plântulas normais e plântulas anormais				CP (ISTA)	
	MN.NN ⁻¹	MN.50 ⁻¹	(MN+MA)50 ⁻¹	(MN+MA)(NN+NA) ⁻¹	CN.10 ⁻¹	(CN+CA)10 ⁻¹
			g		cm	(CN+CA)(NN+NA) ⁻¹
1	0,0297 a ¹	0,0291 ab	0,0293 ab	0,0293 a	10,53 a	10,53 a
2	0,0281 abcd	0,0276 abc	0,0277 abc	0,0277 ab	10,73 a	10,73 a
3	0,0302 a	0,0294 a	0,0295 a	0,0295 a	10,83 a	11,09 a
4	0,0257 d	0,0230 de	0,0238 de	0,0242 c	10,75 a	11,13 a
5	0,0267 bcd	0,0247 cde	0,0254 cde	0,0255 bc	10,30 a	10,65 a
6	0,0286 abc	0,0258 bcd	0,0264 cd	0,0276 ab	10,15 a	10,43 a
7	0,0289 abc	0,0255 cd	0,0266 bcd	0,0273 ab	8,45 a	8,68 a
8	0,0265 cd	0,0213 e	0,0230 e	0,0238 c	8,95 a	9,50 a
9	0,0291 ab	0,0259 bcd	0,0277 abc	0,0281 ab	9,83 a	10,10 a
Teste F	8,97**	14,03**	14,84**	11,38**	1,85 ^{NS}	1,67 ^{NS}
DMS	0,0024	0,0034	0,0028	0,0029	2,94	2,82
CV (%)	3,63	5,47	4,38	4,49	12,30	11,53

¹ Médias situadas na mesma coluna, seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{NS} não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Testes realizados em laboratório: massa seca (MS): MN.NN⁻¹, MN.50⁻¹, (MN+MA)50⁻¹ e (MN+MA)(NN+NA)⁻¹, onde, massa de plântulas normais (MN), massa de plântulas anormais (MA), número de sementes semeadas por repetição (50), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA); comprimento de plântulas CP (ISTA): CN.10⁻¹, (CN+CA)10⁻¹, CN.NN⁻¹ e (CN+CA)(NN+NA)⁻¹, onde, comprimento de plântulas normais (CN), comprimento de plântulas anormais (CA), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA), número de sementes semeadas por repetição(10).

Tabela 4. Determinação do nível de vigor de lotes de sementes de soja cultivar NK 7059 RR por meio de testes laboratoriais.

Lotes	Comprimento de plântulas (ABRATES)											
	Plântulas normais				Plântulas normais + Plântulas anormais				Plântulas normais + Plântulas anormais			
	I. 10 ⁻¹ -----mm-----	A. 10 ⁻¹ -----cm-----	HR. 10 ⁻¹ -----mm-----	I. NN ⁻¹ -----mm-----	A. NN ⁻¹ -----cm-----	HR. NN ⁻¹ -----mm-----	I. 10 ⁻¹ -----mm-----	A. 10 ⁻¹ -----cm-----	HR. 10 ⁻¹ -----mm-----	I. (NN+NA) ⁻¹ -----mm-----	A. (NN+NA) ⁻¹ -----cm-----	HR. (NN+NA) ⁻¹ -----mm-----
1	231,87 ab ¹	13,52 a	218,35 abc	232,05 ab	13,53 a	218,52 abc	243,66 ab	13,91 a	229,75 ab	243,91 ab	14,16 a	230,00 ab
2	235,71 ab	14,04 a	221,67 ab	235,71 ab	14,04 a	221,67 ab	235,71 abc	14,05 a	221,67 ab	235,71 abc	14,05 a	221,67 ab
3	251,37 a	13,47 a	237,91 a	251,37 a	13,47 a	237,91 a	251,37 a	13,47 a	237,91 a	251,37 a	13,47 a	237,91 a
4	191,19 bc	7,88 b	183,91 abc	191,50 abc	7,90 b	183,60 abc	208,63 bc	8,72 b	199,91 ab	209,40 bc	9,47 b	200,68 ab
5	209,61 abc	8,34 b	201,27 abc	209,61 abc	8,34 b	201,27 abc	209,61 bc	8,34 b	201,27 ab	209,61 bc	8,34 b	201,27 ab
6	216,30 abc	8,47 b	207,83 abc	216,30 abc	8,47 b	207,83 abc	216,30 abc	8,47 b	207,83 ab	216,30 abc	8,47 b	207,83 ab
7	180,29 bc	7,19 b	166,53 bc	162,66 c	7,22 b	167,13 bc	198,26 c	8,33 b	189,94 b	199,56 c	9,58 b	191,23 b
8	187,24 bc	8,69 b	178,55 bc	187,59 bc	8,70 b	178,89 bc	202,45 bc	9,47 b	192,99 b	203,50 bc	10,47 b	194,03 b
9	168,56 c	6,99 b	161,19 c	169,28 c	7,01 b	162,27 c	200,43 c	8,43 b	192,00 b	202,88 c	10,69 b	194,43 b
Teste F	5,32**	16,00**	4,52**	5,05**	16,20**	4,54**	5,17**	20,83**	4,20**	5,16**	17,32**	4,16**
DMS	58,06	3,49	59,32	60,87	3,46	58,46	41,75	2,73	40,81	40,68	2,67	39,76
CV (%)	11,73	14,90	12,63	12,32	14,76	12,43	8,03	11,08	8,24	7,80	10,22	8,00

¹Médias situadas na mesma coluna, seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{NS}não significativo,* significativo a 5%, **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
Testes realizados em laboratório: comprimento de plântulas CP (ABRATES): I. 10⁻¹, A. 10⁻¹, HR. 10⁻¹, I. NN⁻¹, A. NN⁻¹, HR. NN⁻¹, I. 10⁻¹, A. 10⁻¹, HR. 10⁻¹, I. (NN+NA)⁻¹, A. (NN+NA)⁻¹, HR. (NN+NA)⁻¹, onde, comprimento da plântula inteira (I), comprimento da parte aérea (A), comprimento do eixo hipocótilo-radicular (HR), número de sementes semeadas por repetição (10), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA).

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre as médias dos resultados dos testes realizados em laboratório e desempenho em campo de sementes de soja, cultivar NK 7059 RR.

Testes em laboratório		Emergência em Campo			J,P,F
		Jaboticabal	Piracicaba	Fernandópolis	
	G	0,8951**	0,8664**	0,7389*	0,8561**
	PC	0,9166**	0,8696**	0,7796*	0,8813**
	EA	0,9838**	0,9368**	0,8346**	0,9740**
	TF	0,9595**	0,9309**	0,8284**	0,9207**
	CE	-0,9392**	-0,8916**	-0,8535**	-0,9448**
MS	MN.NN ⁻¹	0,3842 ^{NS}	0,2551 ^{NS}	0,6680 ^{NS}	0,4118 ^{NS}
	MN.50 ⁻¹	0,8401**	0,7899*	0,8793**	0,8466**
	(MN + MA)50 ⁻¹	0,6782*	0,5979 ^{NS}	0,8229**	0,7066*
	(MN+MA)(NN+NA) ⁻¹	0,6321 ^{NS}	0,5373 ^{NS}	0,7946*	0,6396 ^{NS}
CP (ISTA)	CN.10 ⁻¹	0,8479**	0,7923*	0,6755*	0,8468**
	(CN+CA)10 ⁻¹	0,7246*	0,6831*	0,5210 ^{NS}	0,7234*
	CN.NN ⁻¹	0,0403 ^{NS}	-0,0650 ^{NS}	0,0418 ^{NS}	0,0726 ^{NS}
	(CN+CA)(NN+NA) ⁻¹	0,7167*	0,6357 ^{NS}	0,5665 ^{NS}	0,7179*
CP normais (ABRATES)	I.10 ⁻¹	0,8562**	0,7584*	0,7574*	0,7948*
	A.10 ⁻¹	0,8758**	0,7976*	0,7220*	0,8045**
	HR.10 ⁻¹	0,8535**	0,7562*	0,7414*	0,7914*
	I.NN ⁻¹	0,8747**	0,7826*	0,7282*	0,8065**
	A.NN ⁻¹	0,8756**	0,7972*	0,7225*	0,8046**
	HR.NN ⁻¹	0,8551**	0,7581*	0,7441*	0,7928*
CP normais + anormais (ABRATES)	I.10 ⁻¹	0,9276**	0,8029**	0,8742**	0,8950**
	A.10 ⁻¹	0,8505**	0,7686*	0,7172*	0,7909*
	HR.10 ⁻¹	0,9261**	0,7966*	0,8852**	0,8979**
	I(NN+NA) ⁻¹	0,9283**	0,8022**	0,8794**	0,8979**
	A(NN+NA) ⁻¹	0,7549*	0,6796*	0,6538 ^{NS}	0,7129*
	HR(NN+NA) ⁻¹	0,9275**	0,7963*	0,8922**	0,9020**

*Significativo pelo teste de t a 5% de probabilidade; **significativo pelo teste de t a 1% de probabilidade; ^{NS} não significativo pelo teste t.

Testes realizados em laboratório: germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), condutividade elétrica (CE); massa seca (MS): MN.NN⁻¹, MN.50⁻¹, (MN+MA)50⁻¹ e (MN+MA)(NN+NA)⁻¹, onde, massa de plântulas normais (MN), massa de plântulas anormais (MA), número de sementes semeadas por repetição (50), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA); comprimento de plântulas CP (ISTA): CN.10⁻¹, (CN+CA)10⁻¹, CN.NN⁻¹ e (CN+CA)(NN+NA)⁻¹, onde, comprimento de plântulas normais (CN), comprimento de plântulas anormais (CA), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA), número de sementes semeadas por repetição (10); comprimento de plântulas CP (ABRATES): I.10⁻¹, A.10⁻¹, HR.10⁻¹, I.NN⁻¹, A.NN⁻¹, HR.NN⁻¹, I.10⁻¹, A.10⁻¹, HR.10⁻¹, I(NN+NA)⁻¹, A (NN+NA)⁻¹, HR(NN+NA)⁻¹, onde, comprimento da plântula inteira (I), comprimento da parte aérea (A), comprimento do eixo hipocótilo-radícula (HR), número de sementes semeadas por repetição (10), número de plântulas normais (NN), número de plântulas anormais (NA).

Emergência em campo: Jaboticabal-SP (J), Piracicaba-SP (P) e Fernandópolis-SP (F).

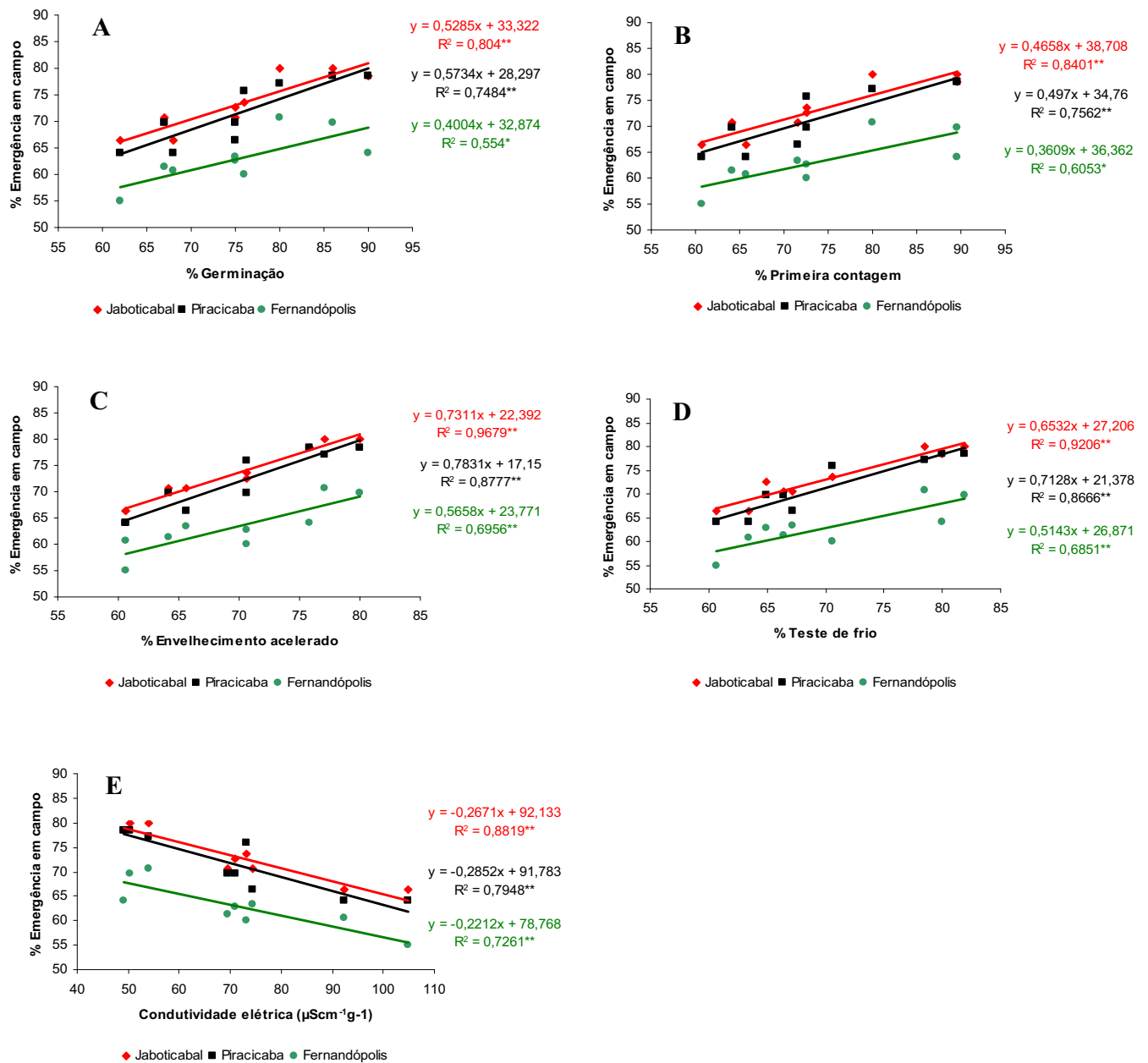


Figura 4. Relação entre os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, frio e condutividade elétrica e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

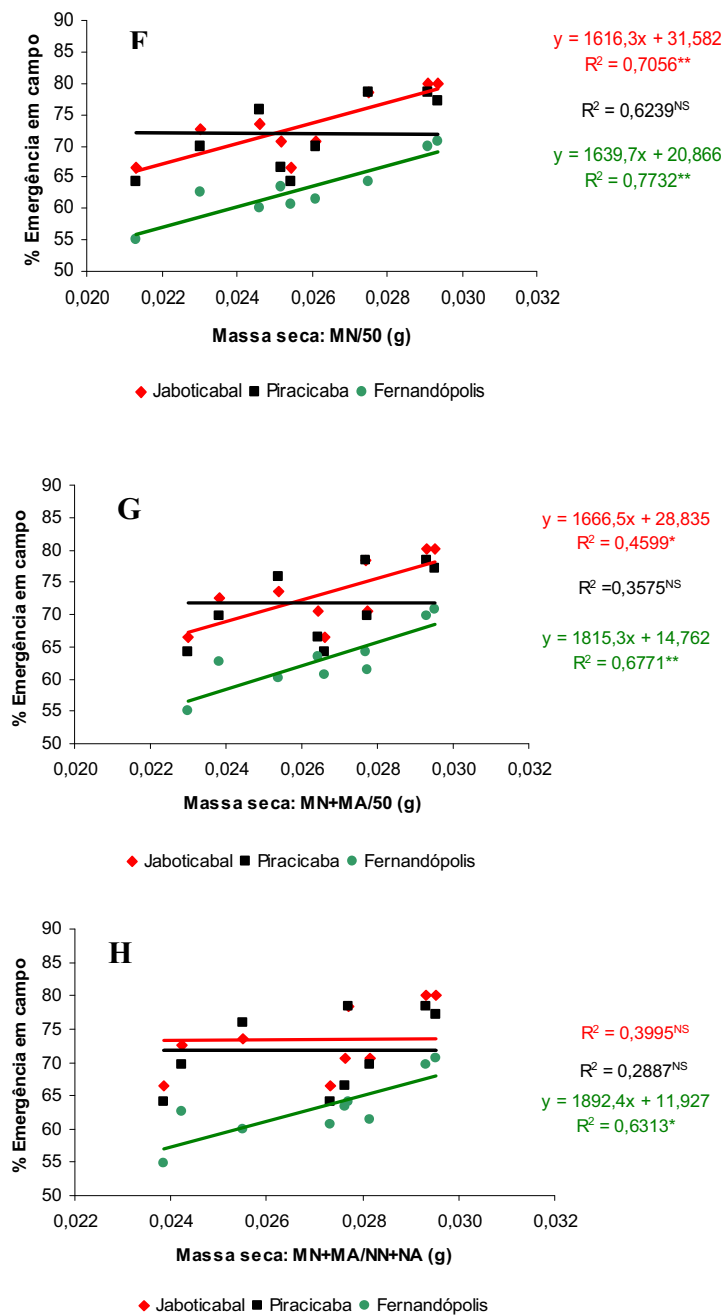


Figura 5. Relação entre os testes de massa de matéria seca [(MN.50⁻¹, (MN+MA)50⁻¹ e (MN+MA)(NN+NA)⁻¹] e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

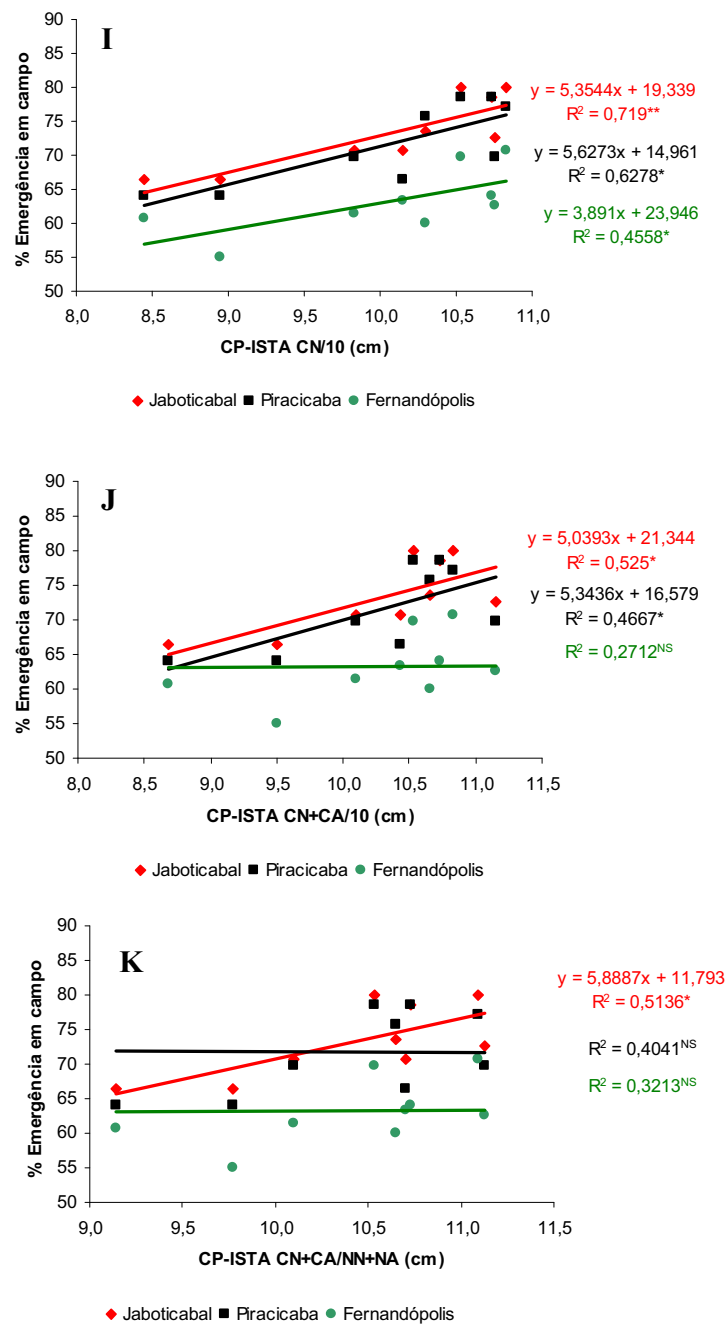


Figura 6. Relação entre o teste de comprimento de plântulas ISTA $[(CN \cdot 10^{-1}, (CN+CA)10^{-1}$ e $(CN+CA)(NN+NA)^{-1}]$ e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

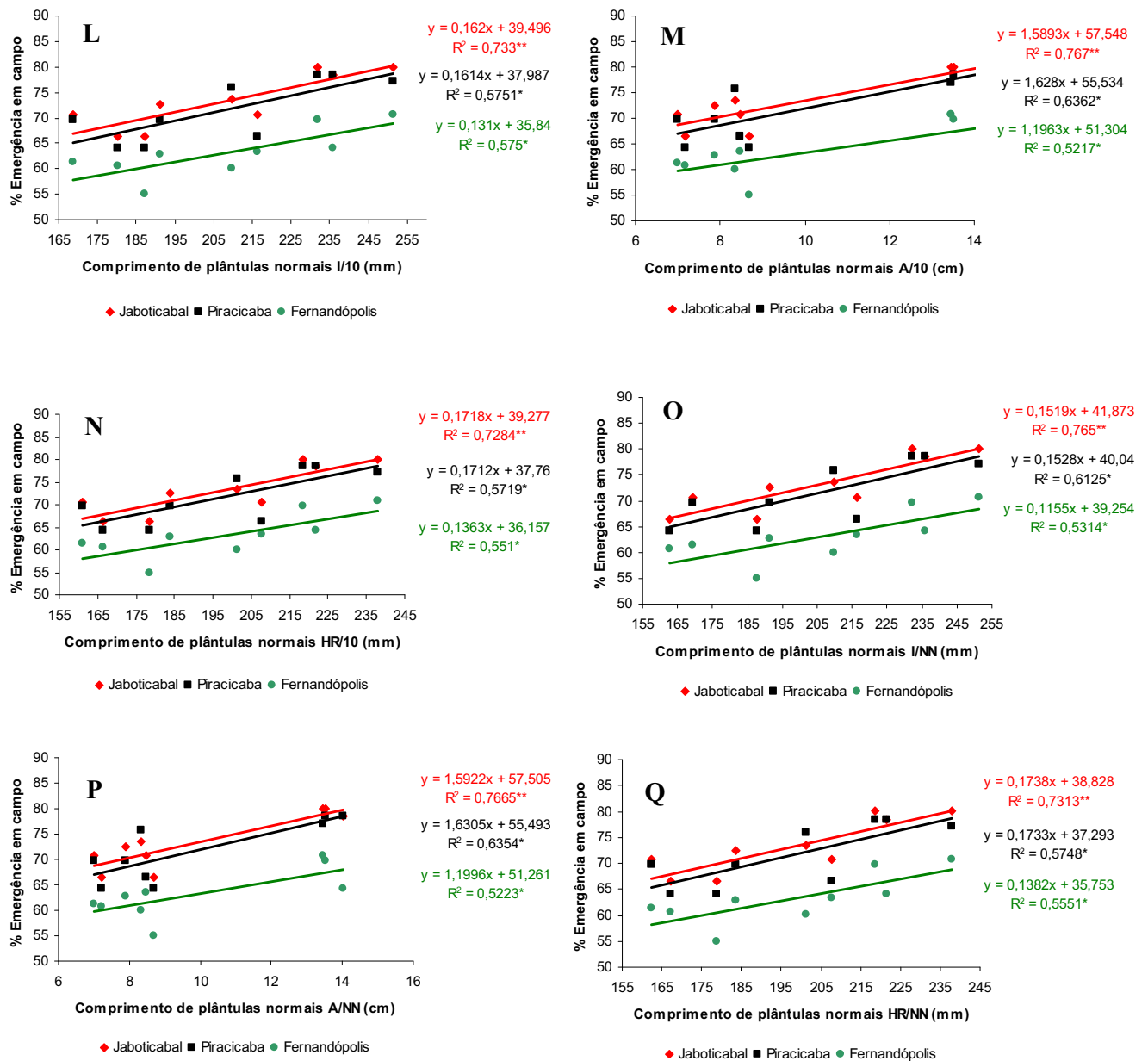


Figura 7. Relação entre os testes de comprimento de plântulas normais ($I.10^{-1}$, $A.10^{-1}$, $HR.10^{-1}$, $I.NN^{-1}$, $A.NN^{-1}$ e $HR.NN^{-1}$) e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

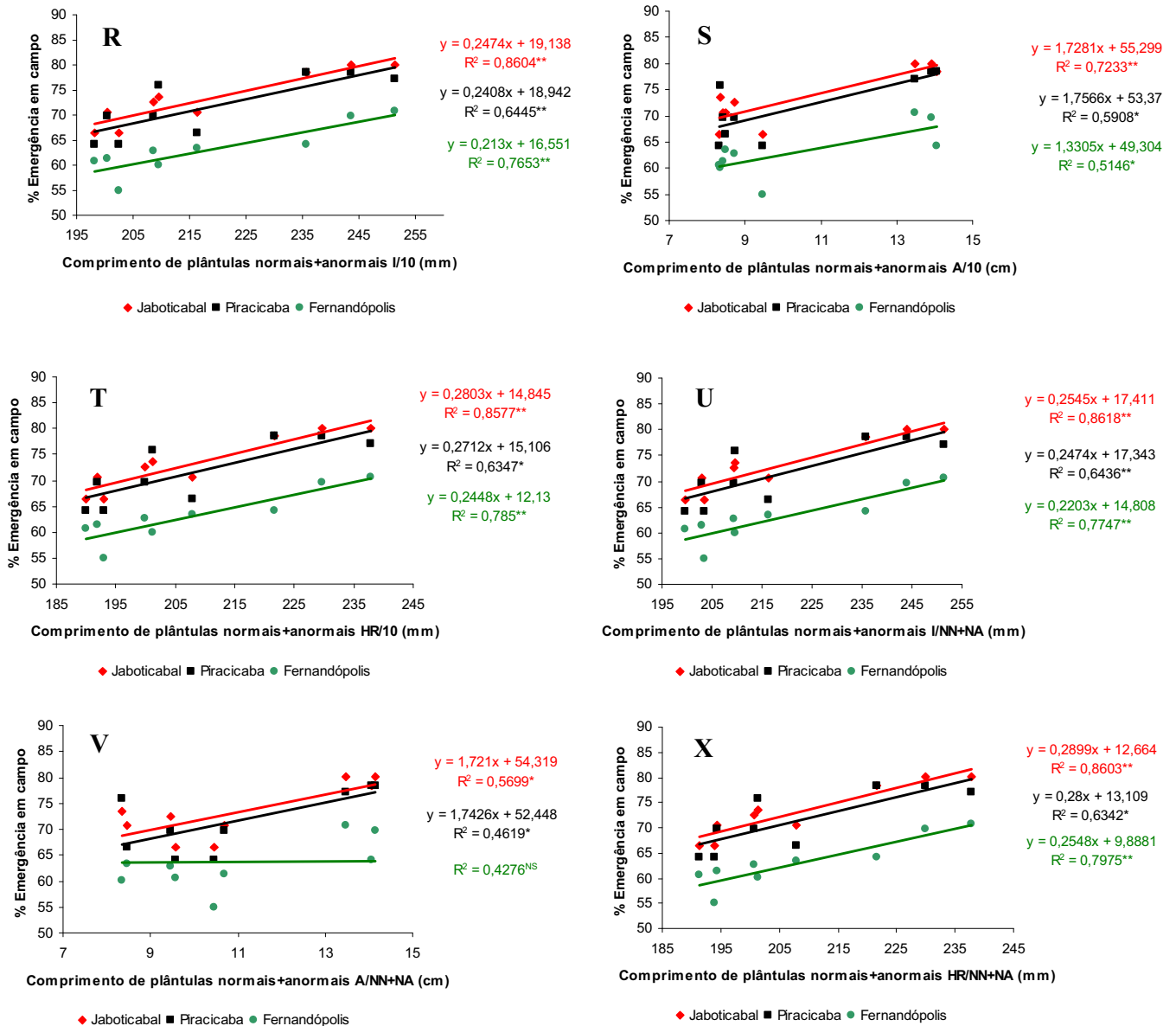


Figura 8. Relação entre os testes de comprimento de plântulas normais [$I \cdot 10^{-1}$, $A \cdot 10^{-1}$, $HR \cdot 10^{-1}$, $I(NN+NA)^{-1}$, $A(NN+NA)^{-1}$, $HR(NN+NA)^{-1}$] e o teste de emergência de plântulas em campo, em Jaboticabal, Piracicaba e Fernandópolis.

Tabela 6. Ordenação dos testes laboratoriais de acordo com valores decrescentes de correlação (r) com o desempenho germinativo dos lotes nas condições de campo.

	Teste laboratorial		Correlação (r) com desempenho no campo
1	Envelhecimento Acelerado		0,9704**
2	Condutividade Elétrica		0,9448**
3	Teste de Frio		0,9207**
4	Comprimento de Plântulas (N + A)	$HR(NN+NA)^{-1}$	0,9020**
5		$HR.10^{-1}$	0,8979**
6		$I(NN+NA)^{-1}$	0,8979**
7		$I.10^{-1}$	0,8950**
8	Primeira Contagem		0,8813**
9	Teste Padrão de Germinação		0,8561**
10	Comprimento de Plântulas (ISTA)	$CN.10^{-1}$	0,8468**
11	Massa da Matéria Seca	$MN.50^{-1}$	0,8466**
12	Comprimento de plântulas (ABRATES)	$I.NN^{-1}$	0,8065**
13		$A.NN^{-1}$	0,8046**
14		$A.10^{-1}$	0,8045**
15		$I.10^{-1}$	0,7948*
16		$HR.NN^{-1}$	0,7928*
17		$HR.10^{-1}$	0,7914*
18	Comprimento de Plântulas (N + A)	$A.10^{-1}$	0,7909*
19	Comprimento de Plântulas (ISTA)	$(CN + CA)10^{-1}$	0,7234*
20		$(CN+ CA)(NN + NA)^{-1}$	0,7179*
21	Comprimento de Plântulas (N + A)	$A(NN + NA)^{-1}$	0,7129*
22	Massa da Matéria Seca	$(MN + MA)50^{-1}$	0,7066*
23		$(MN + MA)(NN + NA)^{-1}$	0,6396 ^{NS}
24		$MN.NN^{-1}$	0,4118 ^{NS}
25	Comprimento de Plântulas (ISTA)	$CN.NN^{-1}$	0,0726 ^{NS}

*Significativo pelo teste de t a 5% de probabilidade; ** significativo pelo teste de t a 1% de probabilidade; ^{NS} não significativo pelo teste t.

MN: massa de plântulas normais; MA: massa de plântulas anormais; 10, 50: número de sementes semeadas por repetição; NN: número de plântulas normais; NA: número de plântulas anormais; CN: comprimento de plântulas normais; CA: comprimento de plântulas anormais; I: comprimento da plântula inteira; A: comprimento da parte aérea; HR: comprimento eixo hipocótilo-radicular.

Tabela 7. Avaliação do tempo gasto, em ordem crescente, para a completa condução dos testes laboratoriais, para as quatro repetições de cada lote de sementes de soja, cv NK 7059 RR.

Testes avaliados	Tempo total gasto
Condutividade Elétrica	27 horas
Primeira Contagem de Germinação	122 horas e 15 minutos
Comprimento de Plântulas (ISTA)	128 horas
Comprimento de Plântulas (ABRATES)	130 horas
Massa de Matéria Seca	151 horas e 15 minutos
Envelhecimento Acelerado	172 horas
Teste Padrão de Germinação	195 horas e 15 minutos
Teste de Frio	291 horas e 40 minutos

5. DISCUSSÃO

Os testes de vigor empregados neste trabalho conseguiram, de forma variável de um teste para outro, identificar, entre os 9 lotes utilizados, aqueles que seriam de alto, de médio e de baixo vigor, conforme se pode verificar pelas Tabelas 2, 3 e 4.

A eficiência desses testes foi avaliada por meio de análise de correlação (Tabela 5) e de regressão (Figuras 4 a 8). Os dados de correlação mostram o grau de acerto proporcionado por um teste laboratorial na sua previsão do desempenho germinativo de um lote quando semeado em campo. Os dados de regressão permitem estimar o desempenho germinativo de um lote de sementes no campo baseado nos resultados de testes laboratoriais.

Iniciando pela análise da correlação, resolveu-se reagrupar os valores encontrados o que foi feito na Tabela 6. Nessa tabela, os valores de correlação dos 25 testes foram ordenados de forma decrescente, na suposição de que, quanto maior o valor de correlação

de um teste, maior sua sensibilidade em prever o desempenho de sementes em campo.

Os valores relacionados na coluna J, P, F da Tabela 5, foram obtidos correlacionando-se o resultado de um determinado teste laboratorial com a média de emergência de plântulas em campo nas três localidades.

Observa-se na Tabela 5 que, do total de 25 testes, 14 deram correlações altamente significativas com o desempenho germinativo dos lotes sob condições de campo. Desses testes, os três primeiros estão entre aqueles aos quais se resolveu, neste trabalho, designar como “tradicionais”, ou seja, os testes do envelhecimento acelerado, o da condutividade elétrica e o de frio. Esses testes estão entre os primeiros a serem desenvolvidos por meio da pesquisa em Tecnologia de Sementes (PERRY, 1972; TEKRONY, 1982). São esses testes que, desde que foram criados, passaram por várias modificações ou adaptações resultantes da adoção de novos procedimentos, da introdução de novos materiais e do uso de diferentes equipamentos. Esses testes também passaram por processos evolutivos por meio de sua intensa utilização por parte de empresas produtoras de sementes. É possível que esses trabalhos todos de investigação com esses testes, bem como a sua utilização em escala quase rotineira por empresas produtoras de sementes, tenham concorrido para o seu aperfeiçoamento, de modo a levá-los a uma alta sensibilidade na avaliação do vigor de lotes de sementes. No caso específico do teste do envelhecimento acelerado, o seu desenvolvimento para utilização em sementes de soja foi tão grande ao ponto de ele ter atingido o “status” de teste de vigor recomendado para esta espécie (ISTA, 2006).

O teste da condutividade elétrica foi também submetido a um processo de aperfeiçoamento tão grande ao ponto de atingir igual “status” para sementes de ervilha (ISTA, 2006). Para condições ambientais agrícolas que se aproximem daquelas verificadas, neste experimento, em Piracicaba, Jaboticabal e Fernandópolis, é provável, portanto, que esses testes consigam prever com alta sensibilidade o que esperar do desempenho germinativo de lotes de sementes de soja. Como a base genética das diversas cultivares de soja em distribuição é relativamente estreita (HIROMOTO & VELLO, 1986), é de se supor que a influência genotípica na capacidade de previsão desses testes não seja muito grande.

Os testes ocupando as posições 4 a 14 também deram correlações altamente significativas, destacando-se entre eles, por serem os únicos, desse grupo, em que não se avalia o comprimento ou o conteúdo de matéria seca de plântulas, os testes padrão de germinação e o de primeira contagem de germinação. O teste padrão de germinação, ainda que, formalmente, não seja considerado como um teste de vigor é, sem dúvida, o teste que mais recebe atenção da comunidade mundial de pesquisadores em Tecnologia de Sementes e, ao mesmo tempo, o mais utilizado por empresas produtoras de sementes, tendo em vista tratar-se, acima de tudo, de teste obrigatório do processo de Certificação para fins de comercialização de sementes. Essa intensa utilização do teste padrão de germinação, quer por pesquisadores, quer por produtores de sementes, certamente poderia ser entendida como a explicação para os desenvolvimentos que o levaram à alta sensibilidade que apresenta na avaliação do desempenho germinativo de sementes sob condições de campo. A grande vantagem do teste padrão de germinação, conforme seu próprio nome diz, é a de que os seus procedimentos são aceitos como padronizados no mundo todo. Encarado como um teste de avaliação do potencial de desempenho de lotes no campo, o teste padrão de germinação poderia adquirir a dupla finalidade de se constituir simultaneamente no instrumento básico da comercialização de sementes e o de prever com grande sensibilidade o desempenho de lotes de sementes no campo. Trabalhos de pesquisa publicados no mundo todo, contudo, têm sido pródigos em justificar a investigação sobre testes de vigor tendo em vista a precária sensibilidade do teste padrão de germinação para fins de prever o comportamento de lotes no campo (MCDONALD, 1993; BOERSMA et al., 1996; ELIAS & COPELAND, 1997). A primeira contagem, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), é procedimento encarado como parte do teste padrão de germinação, sendo, contudo, considerado também como um teste de vigor (BROWN & MAYER, 1986). Por se tratar de uma contagem das plântulas normais obtidas em um teste padrão de germinação, a primeira contagem é vista como um teste de avaliação da velocidade de germinação das sementes (NAKAGAWA, 1999). Tratando-se de um teste que é parte de um procedimento padronizado, o da primeira contagem poderia ser encarado como um dos testes de vigor de mais alto potencial de padronização. A busca por um teste padrão de

vigor - à semelhança do que aconteceu com o teste de germinação - é uma das mais constantes de trabalhos de pesquisa sobre vigor de sementes (FRANCK, 1950; MCDONALD, 1993). O fato de que, conforme mostrado neste trabalho, esse teste mostrou uma alta sensibilidade ($r = 0,8813$; altamente significativo) na previsão do desempenho germinativo de lotes torna-o ainda mais adequado para ser cogitado como o possível teste padrão de vigor.

Os outros testes que ocupam as posições de 4 a 14 são, 8 deles, testes em que se determina o comprimento de plântulas. Desses 8, ocupando as posições de 4 a 7, aparecem testes cujo procedimento básico é o indicado pela ABRATES (1999), cuja metodologia preconiza a divisão da somatória do comprimento de todas as plântulas normais pelo número de plântulas normais obtido. Os resultados das posições de 4 a 7 são de testes em que o procedimento básico da ABRATES foi modificado por somar-se, no dividendo da fração, o comprimento das plântulas anormais ao das normais. O divisor foi dado pelo número de plântulas anormais somado ao de normais ou pelo número de sementes usado por repetição (10, no caso). Os quatro testes em que o procedimento foi como explicitado resultaram em valores de correlação entre 0,8950 e 0,9020; ou seja, esses testes mostraram-se também de alta sensibilidade na previsão do desempenho de lotes de sementes de soja em campo. Desses quatro testes, aqueles em que se mediu apenas o comprimento do eixo hipocótilo-radicular mostraram-se mais sensíveis do que aqueles em que se mediu a plântula toda. Como a mensuração da parte aérea é de operacionalidade mais difícil do que a do eixo hipocótilo-radicular [na germinação epígea de dicotiledôneas, a elevação da parte aérea da plântula acima da superfície do solo se faz com segurança em virtude de que a plúmula só passa a receber nutrientes provindos do tecido de reserva depois que os cotilédones foram levantados acima do solo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005) e, portanto, nesse momento, a parte aérea está muito pequena e, por isso, difícil de ser medida]. É provável que essa dificuldade tenha contribuído para reduzir a sensibilidade dos testes em que se mediu o comprimento total da plântula.

Os testes ocupando as posições de 10 a 14 são, com exceção do da posição 11, o qual trabalha com o conteúdo de matéria seca de plântulas, todos testes de determinação do comprimento de plântulas. O de maior sensibilidade ($r = 0,8468$) foi aquele em que o procedimento básico foi o indicado pela ISTA, modificado, contudo, por se dividir o comprimento das plântulas normais pelo número de sementes por repetição, isto é, 10. Os testes ocupando as posições de 12 a 14 são testes que usaram o procedimento básico da ABRATES, considerando-se, porém, só as plântulas normais. O divisor foi o número de plântulas normais ou o de sementes por repetição e os coeficientes de correlação ficaram entre 0,8045 e 0,8065.

Os coeficientes de correlação dos testes de número 15 a 22 foram todos de significância no nível de 5% de probabilidade, ou seja, seriam testes de sensibilidade um pouco menor do que os de número 1 a 14. Os testes de 15 a 21 são todos testes em que se avalia o comprimento da plântula ou de parte dela. Com exceção do teste de número 19 [CP [(ISTA), $(CN + CA)10^{-1}$], todos os outros são testes que fazem uso do procedimento básico indicado pela ABRATES (1999), com as modificações introduzidas neste trabalho. O nível de significância de 5% poderia ser entendido como indicador de que a sensibilidade desses testes não seria tão alta assim.

Os testes de determinação do conteúdo de matéria seca estiveram, de maneira geral, entre os menos sensíveis, exceção feita ao procedimento em que a massa das plântulas normais foi dividida pelo número de sementes por repetição, cujo coeficiente de correlação foi igual a 0,8466, altamente significativo.

De qualquer maneira, o que esses resultados parecem estar indicando é que, dentre os testes de avaliação de plântulas, aqueles procedimentos pelos quais se mede diretamente o comprimento da plântula, ou de parte dela, são mais sensíveis do que aqueles em que se determina a massa de matéria seca. Outra indicação dada por esses resultados parece ser a de que a inclusão das plântulas anormais não levaria a um aumento na sensibilidade do teste.

A determinação de massa de matéria seca, não obstante a exceção mencionada anteriormente, esteve entre os testes menos sensíveis - dois deles $[(MN + MA)NN^{-1} +$

NA e MN.NN⁻¹] correlacionaram-se de modo não significativo com o desempenho dos lotes em campo.

O procedimento de menor sensibilidade entre todos, foi o recomendado pela ISTA, pelo qual, conforme já mencionado, obtém-se não o comprimento real da plântula, mas um índice de tamanho. O coeficiente de correlação deste teste com o desempenho germinativo dos lotes em campo foi não apenas não significativo, mas muito pequeno (0,0726). A explicação que se supõe para resultados tão desfavoráveis é a de que este teste, da forma como é conduzido, presta-se mais para sementes de germinação hipógea e, talvez, de forma mais específica ainda, para o tipo de germinação hipógea das gramíneas. Este teste foi inicialmente desenvolvido para sementes de cevada (PERRY, 1972) e, atualmente, é indicado pela ISTA (1996) para trigo, milho, aveia, festuca e azevém, ou seja, todas sementes cuja parte aérea, durante a emergência da plântula, desenvolve-se em torno de um eixo que se projeta de forma geotropicamente negativa, isto é, em direção à superfície do solo, na forma característica da germinação hipógea das gramíneas. Esse desenvolvimento em linha reta, axial, da parte aérea da plântula, da maneira como o rolo de papel é colocado dentro do germinador, provavelmente encontra pouco ou nenhum obstáculo mecânico à sua frente, o que certamente facilita em muito a determinação de seu comprimento. Já no caso da semente de soja, com um mecanismo de germinação epígeo, o desenvolvimento da parte aérea, nas condições em que este teste é conduzido, deve encontrar muitos obstáculos mecânicos à sua frente, de maneira que o resultado final parece ser significativamente afetado por fatores outros que não o vigor da semente. Ainda que esta explicação pareça tornar suficientemente lógicos os resultados do teste 25, fica-se sem se saber explicar o porquê do teste de número 10, que diferiu do de número 25 apenas porque o divisor foi o número de sementes por repetição ao invés do número de plântulas normais, ter dado um valor de $r = 0,8468$, altamente significativo.

Outro instrumento de análise dos testes laboratoriais, conforme explicitado em Material e Métodos, consistiu na avaliação do tempo gasto para a completa realização de cada um deles, na suposição de que o tempo necessário para executar um teste

poderia também se constituir em ferramenta de análise pelas empresas produtoras de sementes na decisão de adotá-lo ou não em seus procedimentos de rotina.

Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram, portanto, que o teste de condutividade elétrica seria uma das melhores opções a ser feita por uma empresa produtora de sementes - não somente esse teste mostrou uma alta sensibilidade ($r = 0,9448$) na previsão do desempenho germinativo de lotes de sementes sob condições de campo (Tabela 5) como, também, foi o de mais rápida execução – pouco mais do que um dia. O teste de envelhecimento acelerado deu o maior coeficiente de correlação ($0,9704$), isto é, uma capacidade próxima da perfeição em prever o desempenho germinativo de um lote no campo, mas as 172 horas necessárias para a sua completa execução poderia torná-lo inadequado para uma empresa produtora de sementes. A uma empresa para a qual, em uma determinada circunstância, essa demora não fosse importante, mas sim obter um resultado realmente confiável do possível desempenho de um lote no campo, o teste do envelhecimento artificial apresenta-se como o melhor de todos. O teste do frio também deu uma correlação altamente significativa, mas é o mais demorado de todos: um pouco mais do que 12 dias.

O que todos os dados deste trabalho parecem, portanto, estar indicando é que os testes aos quais designou-se neste estudo como “tradicionais” seriam os mais confiáveis para a classificação do nível de vigor de lotes de sementes, isto significando que são testes preparados para prever com alta confiabilidade o desempenho de lotes no campo, independentemente de serem esses lotes de alto, de médio ou de baixo vigor e das condições ambientais onde esses lotes virem a ser semeados, desde que se tratem de condições normais para a prática agrícola. Se a demora para a completa execução do teste não for motivo de preocupação por parte da empresa produtora de sementes, as opções do teste de envelhecimento acelerado ou do frio também seriam opções capazes de proporcionar um grau muito alto de segurança para a empresa produtora de sementes nas suas previsões de desempenho de lotes no campo.

Os testes de avaliação de plântulas conduzidos segundo estritas recomendações da ISTA, da AOSA ou da ABRATES, fazendo uso ou não das alternativas investigadas neste trabalho, levaram, todos, entre 128 e 151 horas, isto é, aproximadamente entre 5

e 6 dias para a sua completa execução; ou seja, tratam-se de testes demorados. Por outro lado, a mensuração da plântula, ou de parte dela, assim como a determinação do conteúdo de matéria seca da plântula, são procedimentos operacionalmente difíceis de serem executados. Esses testes todos deram, na maioria dos procedimentos investigados, correlações de altamente significativas a significativas (com exceção dos testes MS: MN.NN⁻¹ e o CP (ISTA): CN.NN⁻¹, que deram correlações não significativas) e, portanto, examinados estritamente deste ponto de vista, seriam testes capazes de produzir informações altamente confiáveis sobre o desempenho das sementes no campo.

O teste padrão de germinação, em virtude de ser de execução obrigatória para que os lotes possam ser comercializados, seria um dos mais interessantes, pois, ainda que demorado (192 horas), essa demora perde o seu significado já que, para poder vender seus lotes de sementes, ela tem que submetê-los ao teste padrão de germinação. A comunidade de produtores e estudiosos de sementes, contudo, reconhece explicitamente que o teste padrão de germinação, além do papel que desempenha na comercialização dos lotes, deve desempenhar também o de proporcionar “informações sobre a qualidade das sementes para fins de semeadura em campo e fornecer dados que possam ser usados, juntamente com outras informações, para comparar lotes de sementes” (AOSA, 1983; BRASIL, 1992; ISTA, 1996). Os dados deste trabalho, portanto, vêm corroborar a idéia de que o teste padrão de germinação, pelo menos sob condições ambientais usuais para a prática da agricultura, pode se constituir em ferramenta de ótima qualidade para fins de previsão do desempenho germinativo de sementes no campo. Por outro lado, neste sentido, é oportuno chamar a atenção para o fato de que o teste do envelhecimento acelerado que, neste experimento, foi o mais sensível de todos ($r = 0,9704^{**}$), poderia, na realidade, ser encarado como uma espécie de teste padrão de germinação modificado. A exposição das sementes a condições de estresse tem por objetivo básico fazer com que haja uma redução generalizada na qualidade fisiológica das sementes de maneira que sementes de um determinado nível de vigor caiam para o nível imediatamente abaixo. Assim, a porção de sementes de um lote que, antes do envelhecimento, apresentasse ainda a

capacidade de, no teste padrão de germinação, germinar e resultar em plântulas normais mas que, exposta a fatores ambientais estressantes no solo em que foram semeadas, não teriam mais a capacidade de resultar em plântulas capazes de emergir, seria forçada a descer “um grau” de qualidade com o qual, no teste padrão de germinação, não fosse mais capaz de originar plântulas normais. Portanto, conforme estabelecem claramente as recomendações de AOSA (1983), ISTA (1996) e ABRATES (1999), a ferramenta de avaliação do estresse a que se expõem as sementes no envelhecimento acelerado é o teste padrão de germinação, razão pela qual, portanto, é correto considerar-se o teste do envelhecimento artificial como um teste padrão de germinação modificado. Assim, se é válido fazer uso do teste padrão de germinação para avaliar o vigor de um lote de sementes após tê-lo submetido ao estresse do envelhecimento, porque não se poderia fazer uso do mesmo teste padrão de germinação, com o mesmo objetivo, antes de se envelhecer aquele lote? Destarte, o teste padrão de germinação pode ser visto não apenas como um instrumento de análise da qualidade fisiológica de sementes para fins de certificação, mas também como um procedimento para fins de classificação de lotes.

Os resultados deste trabalho parecem, assim, indicar que o produtor de sementes de soja dispõe de um número razoavelmente alto de testes entre os quais optar para avaliar, com um grau aceitável de confiança, o que esperar do desempenho germinativo de um lote de sementes quando semeado sob condições ambientais usuais para a prática agrícola. Os testes de maior precisão seriam os de envelhecimento acelerado, o de condutividade elétrica e o de frio. Se, além da confiabilidade, ao produtor de sementes interessar também rapidez na obtenção de resultados, o teste da condutividade elétrica seria o mais indicado. Além desses testes, aos quais se convencionou chamar de “tradicionais”, o produtor de sementes teria, ainda, um alto número de testes de avaliação de plântulas dos quais poderia fazer uso. Dentre esses testes, destacam-se os que determinam o comprimento da plântula ou de parte dela, mais eficientes do que aqueles em que a plântula é avaliada por seu conteúdo de matéria seca. Esses testes todos têm duração entre 128 e 151 horas. Entre os testes de comprimento de plântulas, verificou-se que o procedimento básico indicado pela

ISTA mostrou-se o menos sensível, supostamente pelo fato de que esta metodologia é mais indicada para sementes de germinação hipógea, e a soja é de germinação epígea.

Destacam-se também os testes padrão de germinação e o da primeira contagem de germinação. Ambos foram de alta sensibilidade ($r = 0,8813^{**}$ e $0,8561^{**}$ para primeira contagem e germinação, respectivamente) e de duração entre 5 e 8 dias, durações essas que não se poderia considerar longas já que o teste de germinação tem que ser feito independentemente de opção pela empresa produtora de sementes. Nesse caso, parece correto considerar que o teste padrão de germinação, conduzido com o objetivo adicional de classificar lotes de sementes, isto é, como se fosse um teste de vigor, teria duração zero.

Adotando um ou mais desses testes, seja em função de sua sensibilidade, seja em função de sua experiência, a empresa produtora de sementes de soja poderá ter grau de certeza relativamente alto do que esperar de lotes de sementes de soja que vierem a ser semeados sob condições usuais para a prática agrícola.

6. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho indicam que os testes de maior precisão são os de envelhecimento acelerado, o de condutividade elétrica e o de frio. Se, além da confiabilidade, ao produtor de sementes interessar, também, a rapidez na obtenção de resultados, o teste da condutividade elétrica é o mais indicado.

Destacam-se também os testes padrão de germinação e o de primeira contagem de germinação. Ambos foram de alta sensibilidade e de duração entre 5 e 8 dias, durações essas que não se poderia considerar longas já que o teste de germinação tem que ser feito independentemente de opção pela empresa produtora de sementes.

Adotando um ou mais desses testes, seja em função de sua sensibilidade, seja em função de sua expediência, a empresa produtora de sementes de soja poderá ter grau de certeza relativamente alto do que esperar de lotes de sementes de soja que vierem a ser semeados sob condições usuais para a prática agrícola.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.

BARROS, A. S. R. **Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja (Glycine max)**. 1988. 140 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CICERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de Frio. In: KRYZANOWSKI, F. C. et al. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

BEDFORD, L. V. Conductivity testes in commercial and hand harvested seed of pea cultivars and their relation to field establishment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.2, n.3, p.323-335, 1974.

BOERSMA, M.; LAW, M.; ADKINS, S. W. Assessment of soybean seed vigour tests for eastern Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.36, p.99-103, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/ CLAV, 1992. 365p.

BROWN, R. F.; MAYER, D. G. A critical analysis of Maguire's germination rate index. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.10, n.2, p.101-110, 1986.

BURRIS, J. S. Seed/ seedling vigour and field performance. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.1, p.58-74, 1976.

CARVALHO, N. M. Vigor de Sementes. In: CÍCERO, S. M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. (Org.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.

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

CENTURIÓN, J. F. **Caracterização e classificação dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. 1998. 85 f. Teses (Livre Docência em Pedologia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

CICERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

DELOUCHE, J. C. Standardization of vigour tests. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.1, n.2, p.75-85, 1976.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D. M. Relationship between seed vigour and storability of soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.3, n.2, p.1-11, 1979.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Seedbed conditions and prediction of field emergence of soybean seed. **Journal Production Agriculture**, Madison, v.9, n.3, p.365-367, 1996.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n.3, p.595-607, 1995.

ELIAS, S. G.; COPELAND, L. O. Evaluation of Seed Vigor Tests for Canola. **Seed Technology**, London, v.19, n.1 p.78-87, 1997.

FERRIS, R. S.; BAKER, J. M. Relationship between soybean seed quality and performance in soil. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 18, n. 1, p. 51-73, 1990.

FRANCK, W. J. Address to the Association of Official Seed Analysts. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v.40, p.36-39, 1950.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. (Eds.). **Handbook of vigour test methods**. 3rd ed. Zürich: ISTA, 1995. 117p.

HIROMOTO, D.M.; VELLO, N.A. The genetic base of Brazilian soybean (*Glycine Max* (L.) Merril) cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.9, n.2, p.295-306, 1986.

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING - ISTA. International seed testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, p.1-335, 1996. Supplement

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. Basseldorf, 2006. 303 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1981. 72p.

JOHSON, R. R.; WAX, L. M. Relationship of soybean germination and vigour tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.2, p.273-278, 1978.

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

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 1ª ed. Piracicaba/SP: Fundação de Estudos Agrários, v.1, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. PESCARIN, H. M. C.; KOMATSU, Y. H.; DEMÉTRIO, C. G. B; FANCELLI, A. L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.5, p.605-613, 1984.

MARCOS FILHO, J. Qualidade fisiológica de sementes de soja, cultivares Bragg e UFV-1, e comportamento das plantas no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.3, p.405-415, 1981.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYKANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. cap.3, p.1-24.

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

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

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

MATHEWS, D.; BRADNOCK, W. T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans. **Horticultural Research**, Edinburgh, v.8, p.89-93, 1968.

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

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1125-1128, 1986.

McDONALD, M. B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Zürich, v.17, n.2, p.93-100, 1993.

McDONALD, M. B.; Seed lot potential: viability, vigour and field performance. **Journal of Seed Technology**, Lansing,, 22, n. 3, p. 421-425, 1994.

McDONALD, M. B.; WILSON, D. O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.4, n.2, p.1-11, 1979.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.s). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p. 48-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRYZYKANOWSKI, F. C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: Instituto Agrônômico/EMBRAPA-Solos, 1999. 64p.

OLIVEIRA, M. A.; MATHEWS, S.; POWELL, A. A. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean as measured by electrical conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.12, n.2, p.659-668, 1984.

PERRY, D. A. Seed vigor and field establishment. **Horticultural Abstracts**, Farnham Royal, v.42, n.2, p.334 - 342, 1972.

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

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

RANSOM, J. K.; SEBEST, S. Accelerated Aging Test as a Predictor of Seed Performance in Wheat. **Seed Technology**, London, v.30, n.1, p.17-25, 2008.

RIBEIRO, M.C. **Relação entre a qualidade fisiológica de sementes, avaliada em laboratório, e a emergência de plântulas de feijão, milho e soja em campo**. 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1999.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

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**, Brasília, v.24, n.2, p.90-95, 2002.

TEKRONY, D. M. Seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.8, n.1, p.55 – 60, 1982.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigour and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p.573-577, 1977.

TEKRONY, D.M. Seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.8, n.1, p.55-60, 1983.

TORRES, R.M. **Associação entre o teste de envelhecimento acelerado e a emergência de plântulas de soja em campo**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1999.

TORRES, S. B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.109-112, 2000.

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

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.31-47.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. (Eds). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-32.

VIEIRA, R.D.; PAIVA-AGUERO, J.A.; PERECIN, D.; BITTENCOURT, S.R.M. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. **Seed Science and Techonology**, Zürich, v.1, n.27, p.67-75, 1999.