**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Injúrias mecânicas, análise de imagens e potencial fisiológico de
sementes de trigo**

Simone Aparecida da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2014**

Simone Aparecida da Silva
Engenheiro Agrônomo

Injúrias mecânicas, análise de imagens e potencial fisiológico de sementes de trigo

Orientador:
Prof. Dr. **JULIO MARCOS FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Simone Aparecida da
Injúrias mecânicas, análise de imagens e potencial fisiológico de sementes
de trigo / Simone Aparecida da Silva.- - Piracicaba, 2014.
130 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. *Triticum aestivum* L. 2. Colheita mecânica 3. Vigor 4. Análise de imagens
I. Título

CDD 633.11
S586i

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

*Aos meus pais VALDECIR e IVONE,
pelo amor e exemplo de honestidade,
com minha eterna gratidão.*
DEDICO

*Aos meus queridos irmãos Sérgio,
Luciano e Christiano, pelo apoio,
incentivo e amizade;*

*Aos meus sobrinhos (as), Maria Clara,
Beatriz (em memória), Pedro e
Leonardo, por serem a razão da minha
alegria;*

*A meus avós maternos, José
Rodrigues (em memória) e Zilda Alves,
com meu respeito e admiração.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

A Deus, pelo dom da minha vida e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos...

Ao professor Dr. Julio Marcos Filho, pela orientação, confiança, paciência e incentivo durante esses anos que trabalhamos juntos, demonstrando profissionalismo e companheirismo...

Ao Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, pelos ensinamentos e suporte durante a elaboração e execução deste projeto de pesquisa, a quem considero um grande amigo, além de um exemplo de vida...

...meu respeito e gratidão!

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pelo ensino público de qualidade.

Aos professores Mark Bennett e Pablo Jourdan, da *The Ohio State University*, Columbus, Ohio, EUA, pela orientação durante o período de doutorado sanduíche.

A todos os professores que fizeram e fazem parte da minha vida acadêmica, em especial, Silvio Moure Cícero e Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre pelos ensinamentos.

À grande amiga Helena M.C.P. Chamma pelo apoio nas análises laboratoriais e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Francisco G. Gomes Junior, Rafael Aragon, Adilson, João, Ticão, Hodair, Tino, Zezé e Ivanir pela amizade e convívio.

À coordenação do curso de pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade.

À secretária do programa de pós-graduação em Fitotecnia, Luciane Lopes Toledo, pela amizade e apoio constante.

À Empresa de Sementes Lagoa Bonita, pela cessão das sementes utilizadas na pesquisa.

Aos funcionários da Embrapa Soja, pela execução do teste de tetrazólio, nas quatro épocas de avaliação do experimento

À CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Em especial, à minha avó Zilda e meu tio José Aparecido, pelos ensinamentos, compreensão e amor; à Tereza e Plínio, meus “pais Piracicabanos”, por todo carinho e cuidado e ao querido Laercio, pelo carinho e motivação para que eu continue lutando e vencendo cada obstáculo.

Às amigas Anna Letícia Malagoli, Roberta Leopoldo, Caroline Rabelo Costa, Dalilla Rezende, Simone Brand, Andrea Toniolo, Caroline Kishimoto, Luana Valério, Orjana Pacheco, Nilce Kobori, Rita Guimarães, Cintia Harumi, Rakel Posterli e Graciela Bassan.

Aos meus amigos de laboratório: Roberta, Nilce, Vanessa, Natália, Clíssia, Bruna, Renata, Cristiane, Haynna, Nayara, Patrícia, Juliana, Cartiane, Cibele, Sibebe, Tathiana, Victor, Marcio, Dênis, Zé Luis, Marcos Altomani, Vitor Mondo, Francisco Ortolan, Henrique, Fábio Socolowski, Mário, Adriele, Nathan, Renê e Fábio pela amizade e os bons momentos compartilhados.

Aos amigos do GOU (Grupo de Oração Universitário) e GPP (Grupo de Partilha de Profissionais), em especial a Andrea, Tati, Mari, Natália, Matheus, Antônio, Leandro, Geraldo, Josi, Raphael, Irineu, Freddy e Padre Arlon, pessoas iluminadas por Deus. Obrigada pelas partilhas, orações, alegrias e oportunidade de conhecê-los e tê-los como amigos-irmãos em Cristo.

Enfim, a todos aqueles que neste momento imerecidamente não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

O MEU MUITO OBRIGADA. PEÇO A DEUS QUE OS ILUMINE!

***“Coragem! E sede fortes. Nada vos atemorize, e não os temais,
porque é o Senhor vosso Deus que marcha à vossa frente:***

Ele não vos deixará nem vos abandonará.”

(Deuteronômio 31,6 – Bíblia Sagrada)

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 DESENVOLVIMENTO	21
2.1 Revisão Bibliográfica	21
2.2.1 Sementes.....	39
2.2.2 Grau de umidade	40
2.2.3 Massa de mil sementes	40
2.2.4 Massa hectolétrica	41
2.2.5 Germinação	41
2.2.6 Emergência de plântulas	41
2.2.7 Envelhecimento acelerado.....	42
2.2.8 Condutividade elétrica	43
2.2.9 Tetrazólio	43
2.2.10 SVIS® para avaliação do vigor das sementes	44
2.2.11 Raios X.....	46
2.2.12 Armazenamento	48
2.2.13 Procedimento estatístico	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 Massa de mil sementes	52
3.3 Potencial fisiológico	58
3.4 Análise de imagens.....	77

3.4.1	Avaliação do potencial fisiológico incluindo a análise computadorizada de imagens de plântulas por meio do <i>software</i> SVIS®	77
3.4.2	Avaliação da ocorrência de injúrias mecânicas.....	86
3.4.3	Relação entre tipos de injúrias e prejuízos à germinação das sementes	98
4	CONCLUSÕES	105
	REFERÊNCIAS	107
	ANEXOS.....	125

RESUMO

Injúrias mecânicas, análise de imagens e potencial fisiológico de sementes de trigo

O controle da ocorrência de injúrias mecânicas de sementes, assunto de preocupação constante entre pesquisadores e produtores, deve ser priorizado para assegurar que apenas lotes de sementes com alto nível de desempenho sejam comercializados e utilizados pelos consumidores. Nesse contexto, visando avaliar a ocorrência de injúrias e os diferentes horários de colheita mecânica, com variações no grau de umidade das sementes durante o dia e sua influência na obtenção de lotes de sementes com alto nível de desempenho durante o armazenamento; a eficiência do uso da técnica de raios X na identificação de injúrias mecânicas e análises *SVIS*[®], em comparação com procedimentos tradicionalmente utilizados para avaliação do vigor entre lotes de sementes, essa pesquisa teve como objetivo avaliar os possíveis efeitos imediatos e latentes da colheita mecanizada e sua relação com a ocorrência de injúrias mecânicas em sementes de trigo e os eventuais prejuízos causados à germinação e ao vigor das sementes. Utilizaram-se amostras de sementes dos cultivares BRS 208, BRS 220 e IPR 85, colhidas mecanicamente, em três horários distintos (11h, 14h e às 17h) e amostras em plantas colhidas e trilhadas manualmente, às 14h. O desempenho das sementes foi verificado durante 18 meses de armazenamento, por meio de avaliações da germinação, vigor e técnicas de análise de imagens. Constatou-se que a colheita mecanizada de sementes de trigo, com grau de umidade adequado, não afeta o potencial fisiológico das sementes obtidas, por períodos de até 18 meses de armazenamento. O uso do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (*SVIS*[®]) é alternativa promissora para pesquisas com lotes de sementes de potencial fisiológico elevado. O teste de raios X é eficiente na identificação de injúrias mecânicas em sementes de trigo e permite estabelecer relações entre a severidade das injúrias e os efeitos causados à germinação.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Colheita mecânica; Vigor; Análise de imagens

ABSTRACT

Mechanical injuries, image analysis and physiological potential of wheat seeds

The control of seed mechanical injuries occurrence, a constant concern among researchers and producers, must be a priority to ensure that only seed lots with high performance are commercialized and used by consumers. In order to evaluate the occurrence of injuries and the different periods of the day of mechanical harvesting, with variations of the seed moisture content during the day and the effects to obtain seed lots of high performance during storage; the X-ray technique efficiency in identifying mechanical injuries and SVIS[®] analysis compared to traditional procedures used to evaluate vigor between seed lots, this research aimed to evaluate mechanized harvesting, the immediate and latent effects, and its relation with mechanical injuries occurrence in wheat seeds and the possible damage caused to seed germination and vigor. Seed samples of BRS 208, BRS 220 and IPR 85 cultivars, mechanically harvested at 11:00 a.m., 2:00 p.m. and 5:00 p.m. and samples harvested and threshed manually at 2:00 p.m. were evaluated. Seed performance was evaluated by seed germination and vigor, and also image analysis technique for 18 months of storage. Results showed that wheat seeds mechanically harvested with adequate moisture content, do not show loss in the physiological potential after 18 months of storage. The use of seedling vigor imaging system (SVIS[®]) is a promising alternative for seed lots of high physiological potential. The X-ray test is efficient to identify mechanical injuries in wheat seeds allowing the establishment of a relationship between the injuries severity and the effects to the germination process.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Mechanical harvest; Germination; Vigor; Image analysis

1 INTRODUÇÃO

O trigo possui posição de destaque entre os cereais produzidos, ocupando o segundo lugar em volume de produção mundial, com significativa importância na economia agrícola global. No Brasil, o trigo foi cultivado na safra 2012/13 em uma área de aproximadamente 2 milhões de hectares, com uma produção total de cerca de 4.379,5 mil toneladas. Todavia, as estimativas para a safra 2013/2014 registram um possível aumento de 10,3% na área cultivada, podendo gerar um incremento de até 26,9% na produção, devido à melhor remuneração do triticultor brasileiro, atualmente estimulado por um restrito quadro de oferta e demanda, em virtude da menor produção mundial e brasileira, e pela possibilidade de ocorrência de problemas na produção dos principais fornecedores internacionais. Mesmo assim, o País ainda importa cerca de 72% do trigo que necessita (7.200,0 mil toneladas), pois o consumo anual tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas.

Para o sucesso da produção de trigo, como a de qualquer outra espécie multiplicada por sementes, é imprescindível à utilização de sementes de alta qualidade. O programa brasileiro de sementes praticamente se iniciou com a produção de sementes de trigo na década de 1960, com a criação da Cetrin – Comissão para a Compra do Trigo Nacional - ocasião em que o Governo Federal participou ativamente na comercialização do grão, adquirindo todo o trigo produzido por um preço mínimo preestabelecido e, indiretamente, influenciou o uso de sementes, que conduzem ao campo as características genéticas determinantes do desempenho do cultivar e, também, contribuem decisivamente para o estabelecimento do estande desejado, base para a produção rentável. A política da Cetrin prevaleceu por quase 30 anos e foi encerrada em 1990, seguiu-se então a Lei de Proteção de Cultivares e a iniciativa privada começou também a desenvolver

novos e melhores cultivares de trigo, resultando na obtenção de muitos avanços, tanto nas características agronômicas, como resistência à pragas e/ou doenças e alto potencial produtivo, quanto melhorias nos atributos exigidos à panificação.

O processo de colheita é considerado de extrema importância, tanto para garantir a produtividade da lavoura quanto para assegurar a qualidade final da semente, pois mesmo com o uso de colhedoras modernas e adequadamente reguladas, as espigas e sementes sofrem impactos durante a operação de debulha, estando assim, sujeitas a sofrerem injúrias que constituem fator altamente deletério ao potencial fisiológico e causam, de imediato, danos físicos e queda na germinação e no vigor, devido principalmente ao grau de umidade com que as sementes são colhidas.

A ocorrência de injúrias mecânicas em sementes é um assunto de preocupação constante entre pesquisadores e produtores, pois trata-se de um fator inevitável frente à mecanização das operações em áreas de produção com fins comerciais. O controle, ou seja, a minimização da ocorrência destas injúrias deve ser priorizado dentro do processo produtivo de sementes, para assegurar que apenas lotes de sementes com alto nível de desempenho sejam comercializados e utilizados pelos consumidores.

A variação no grau de umidade das sementes no momento da colheita é um dos principais fatores que caracteriza o tipo e a intensidade das injúrias nas sementes; conseqüentemente, as sementes colhidas com alto grau de umidade são susceptíveis à compressão ou "amassamento" e as colhidas com baixo grau de umidade estão sujeitas à fragmentação ou "quebra". Embora existam pesquisas relacionadas com a identificação de injúrias mecânicas em sementes, causadas, principalmente, devido a variações no grau de umidade no momento da colheita,

bem como, comparações com os diferentes mecanismos de trilha das colhedoras modernas, estudos que relacionem a ocorrência de tais injúrias e sua relação com a germinação e vigor das sementes, principalmente na cultura do trigo, são relativamente escassos.

Considerando a importância das injúrias mecânicas e sua ocorrência frequente no processo de produção de sementes, a necessidade da adoção de técnicas que sejam rápidas, seguras e precisas na identificação de tais danos, é evidente nas pesquisas em Tecnologia de Sementes. Deste modo, com o propósito de avaliar a ocorrência de injúrias e os diferentes horários de colheita mecânica, com variações no grau de umidade das sementes ao longo do dia e sua influência na obtenção de lotes de sementes com alto nível de desempenho durante o armazenamento; a eficiência do uso da técnica de raios X na identificação de injúrias mecânicas em sementes de trigo colhidas mecanicamente e um sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS[®]), em comparação com os procedimentos tradicionalmente utilizados para avaliação do vigor entre lotes de sementes, essa pesquisa teve como objetivo avaliar os possíveis efeitos imediatos e latentes da colheita mecanizada, em horários distintos, e sua relação com a ocorrência de injúrias mecânicas em sementes de trigo e os eventuais prejuízos causados à germinação e ao vigor das sementes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

O Brasil foi o principal produtor e exportador de trigo da América Latina, na primeira década de 1800. Contudo, por uma série de fatores econômicos e técnicos, principalmente a susceptibilidade à ferrugem do colmo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), o País acabou se tornando um grande importador desse cereal. Cerca de 70% do trigo importado é proveniente da Argentina, onde, em função das características do solo e preço dos insumos, os custos de produção são menores que no Brasil, próximos do preço mínimo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO - ABITRIGO, 2013). Nos últimos quatro anos, Paraguai e Uruguai, também apresentaram participação crescente no mercado brasileiro, com 14,9% e 9,7% respectivamente, e, desta forma, 90% das importações nacionais de trigo, vem do Mercosul (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013).

A produção brasileira concentra-se nos estados do Sul. O estado do Paraná que liderava em área cultivada, manteve-se como o maior produtor nacional de trigo por mais de 10 anos, a partir de 1991/1992, ocasião em que apresentou uma redução de 26,6% e foi ultrapassado pelo Rio Grande do Sul, que registrou aumento de 4,7% na área plantada; juntos, estes dois estados tem respondido por cerca de 96% da produção nacional (CONAB, 2013). As regiões Centro-Oeste, com os estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal e Sudeste, com os estados de São Paulo e Minas Gerais, são responsáveis pelo restante da área tritícola nacional. Tais regiões apresentam uma tendência de aumento na área cultivada, principalmente após os anos 1980 com expansão da agricultura moderna nas áreas de Cerrado, antes consideradas inaptas para a agricultura. Desde então o cultivo de

trigo nessas regiões tem sido uma alternativa promissora para sucessão e/ou rotação de culturas, evidenciando a eficiência obtida com a combinação do melhoramento genético, da evolução da tecnologia de produção e, sobretudo, pesquisas em Tecnologia de Sementes, tendo em vista a competitividade do mercado de sementes e a demanda cada vez mais crescente das empresas produtoras de sementes, por técnicas de produção, beneficiamento e armazenamento que refletem a preocupação com a preservação do potencial de desempenho.

Para o correto estabelecimento de uma lavoura comercial, além do correto preparo do solo e zoneamento agrícola que é um instrumento de gestão de riscos na agricultura e de política agrícola, é imprescindível a utilização de sementes com alto potencial fisiológico, que proporcionam alta germinação e emergência rápida e uniforme de plântulas em campo, contribuindo para o sucesso da produção e obtenção de altos rendimentos, pois afeta o estabelecimento da cultura, o seu desempenho durante o ciclo vegetativo, reprodutivo e a produtividade final. O desempenho das sementes pode ser influenciado por diversos fatores envolvidos em todas as etapas de produção; dentre estes destaca-se a injúria mecânica, a qual é destacada pelos tecnologistas de sementes, como um dos mais sérios problemas da produção, por se constituir um fator praticamente inevitável frente à crescente modernização da agricultura brasileira, fundamentada na mecanização das operações em praticamente todas as etapas do processo produtivo, que incluem colheita, secagem, beneficiamento, transporte, armazenamento e semeadura e são ocasionados mesmo com adequada regulação das máquinas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A colheita constitui uma etapa importante no processo produtivo das culturas, principalmente pelos riscos que as lavouras destinadas à produção de sementes estão sujeitas, durante todo seu processo produtivo. O dano mecânico às sementes, na colhedora, ocorre principalmente no momento da debulha ou trilha, pois forças consideráveis são aplicadas sobre as sementes com a finalidade de separá-las das espigas ou vagens (McDONALD; COPELAND, 1997; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000); neste sentido, dentre os sistemas que compõem a colhedora, corte, alimentação, trilha, separação e limpeza, o de trilha, quando tem sua operação mal conduzida, pode ser o responsável por significativa perda de produto, devido aos choques e abrasões recebidos no momento em que passam no cilindro debulhador e no côncavo. De acordo com Mesquita et al. (2002), colhedoras que possuem sistema de trilha longitudinal ou axial provocam menores danos mecânicos às sementes quando comparados com sistema de trilha radial. Em estudos realizados por Skromme (1977) as colhedoras axiais apresentaram maior rendimento no momento da colheita e redução de danos mecânicos às sementes em relação às colhedoras com sistema de alimentação tangencial.

Nas sementes, os danos mecânicos se referem à injúria causada por agentes físicos no manuseio das sementes, como impactos, cortes, abrasões ou pressões (MARCOS FILHO, 2005) e podem ser imediatos, caracterizados por trincas e causam redução direta da germinação e vigor logo após sofrerem a injúria ou latentes, associados a lesões dos tecidos afetados pelas injúrias quando as sementes apresentam grau de umidade elevado e, neste caso, a germinação, o vigor e o potencial de armazenamento são reduzidos, pois as sementes deterioram-se mais rapidamente e, em muitos casos, têm seu potencial de armazenamento

afetado negativamente, bem como a tolerância ao ataque de insetos e de microrganismos.

Nesse contexto, Mondo et al. (2009), estudando os efeitos de danos mecânicos em sementes de feijão, observaram decréscimo no potencial fisiológico das sementes após 120 dias de armazenamento, confirmados pelo testes de germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado, caracterizando o efeito latente desses danos mecânicos. Segundo Copeland (1972), injúrias mecânicas ocorridas por ocasião da colheita podem acarretar reduções de até 10 pontos percentuais na germinação; todavia, os efeitos do beneficiamento e/ou armazenamento inadequados podem potencializar tais reduções, elevando o índice para valores superiores a 30 pontos percentuais. Basra (1994) destacou que, nas sementes, a extensão dos danos depende do genótipo, da forma, do tamanho, composição química da camada protetora (geralmente representada pelo teor de lignina), da estrutura e posição do embrião e de outros fatores, como o grau de umidade da semente na colheita.

Os efeitos dos danos latentes sobre o potencial fisiológico de sementes de trigo colhidas mecanicamente, foram demonstrados por Kulik (1973), ao concluir que sementes armazenadas em ambiente com 75% de umidade relativa do ar não apresentaram redução na germinação quando debulhadas manualmente; no entanto, nas colhidas e debulhadas mecanicamente, houve queda significativa no percentual da germinação após 16 semanas de armazenamento. Observou ainda que, sob condições adversas do ambiente de armazenamento (90% de umidade relativa), houve redução acentuada na germinação das sementes debulhadas mecanicamente (de 89% para 11%) já na terceira semana de armazenamento,

enquanto que nas debulhadas manualmente, a deterioração foi mais lenta e em níveis menos intensos.

Trabalhos envolvendo danos mecânicos em sementes ocasionados durante a colheita mecanizada vêm sendo realizados principalmente para a cultura da soja (COSTA; MESQUITA; HENINNG, 1979; COSTA et al., 1996, 2001; MARCONDES; MIGLIORANZA; FONSECA, 2005, 2010; CUNHA; PIVA; OLIVEIRA, 2009; LOPES et al., 2011; SILVA et al., 2013), feijão (SOUZA et al., 2002; TERTULIANO et al., 2009) e milho (BORBA et al., 1994, 1996). Também foram pesquisadas as perdas em função do tipo de colheita para soja (COSTA; MESQUITA; HENINNG, 1979; CAMPOS et al., 2005) e milho-pipoca (SOUZA et al., 1998). Marcondes, Miglioranza e Fonseca (2010), comparando dois tipos de colhedoras, de fluxo radial e axial, na colheita de sementes de soja, comprovaram a superioridade da colhedora de fluxo axial, em relação à obtenção de sementes com alto nível de desempenho, pois verificaram potencial fisiológico superior das sementes avaliadas pelos testes de germinação e viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio e inferior na detecção de danos mecânicos pelos testes de tetrazólio e hipoclorito de sódio.

Além do conhecimento sobre o funcionamento das colhedoras é importante atentar ao momento de colheita, normalmente expresso pelo grau de umidade das sementes, visando minimizar a ocorrência de injúrias mecânicas. O ponto de maturidade fisiológica é o estágio de desenvolvimento em que as sementes alcançam a máxima massa seca, ou seja, momento em que elas tornam-se independentes da planta-mãe e a transferência de massa seca da planta para as sementes é interrompida; teoricamente, o ponto de maturidade fisiológica é o momento ideal para a colheita dos campos de produção de sementes. De acordo com Scott, Heyne e Finney, (1957); Carvalho e Yanai (1976), o ponto de maturidade

fisiológica do trigo ocorre quando o grau de umidade das sementes é de aproximadamente 40%; no entanto, não é conveniente que se faça a colheita no ponto de maturidade fisiológica, pois nessa condição há excesso de partes verdes e úmidas das plantas que dificultam o recolhimento e debulha e o alto grau de umidade das sementes pode resultar em danos latentes ou "amassamento" (MARCOS FILHO, 2005), bem como, custo adicional com secagem artificial, além de dificuldades no armazenamento dessas sementes.

Nesse âmbito, Carvalho e Yanai (1976), alertaram que o grau de umidade adequado para colheita mecânica, secagem e armazenamento eficientes de sementes de trigo, ocorre em um intervalo de apenas três dias, momento em que as sementes atingem de 21 a 14%; já Portella (2002) indica como momento de colheita quando as sementes apresentam entre 18 a 16% e atenta que o aumento dos custos com a secagem artificial pode ser compensado com vantagens de se realizar a colheita antecipada, evitando o problema de germinação na espiga, que tem sido uma preocupação constante em anos chuvosos no período de colheita. Há de se considerar também, os inconvenientes ocasionados pela exposição prolongada das sementes às condições ambientais, no caso do retardamento da colheita, entre os quais, encontram-se a possibilidade de perdas por degrana natural, ataque de pássaros e insetos.

Todavia, as pesquisas com a cultura do trigo são relativamente escassas e é evidente a necessidade de mais informações sobre o efeito da colheita mecânica ao longo do dia, com variações no grau de umidade das sementes e sua influência no potencial fisiológico das sementes; no entanto, para milho vários estudos têm sido realizados. Borba et al. (1995) recomendaram que a colheita deve ser realizada quando as sementes atingirem entre 15 a 10%, comprovaram ainda o efeito latente

intenso sobre a germinação e vigor das sementes após 5 meses de armazenamento. Goodsell (1964), destacou que injúrias mecânicas ocorrem com maior frequência com grau de umidade inferior a 12% e Keller et al. (1972) concluíram que o mínimo de danificações ocorreram quando as sementes foram colhidas na faixa de 22 a 19%. Para milho doce, Araújo et al. (2002), obtiveram sementes com potencial fisiológico superior quando colhidas com 12% e relataram ainda baixo potencial fisiológico das sementes quando colhidas/debulhadas nos extremos superiores (17,4%) em detrimento ao extremo inferior (9,1%); também Nascimento, Pessoa e Boiteux (1994), trabalhando com sementes de milho doce colhidas manual e mecanicamente com 12,4%, relataram maior ocorrência de danos nas sementes colhidas mecanicamente, no entanto com reduções apenas no vigor, sem prejuízos à germinação.

Por outro lado, cabe salientar que mesmo seguindo um planejamento rigoroso para que a colheita seja realizada dentro do limite que as pesquisas apontam como "ideal", existem outros entraves, como a grandeza e extensão das lavouras comerciais. Nesse caso, a colheita em prazo ajustado é praticamente impossível e, certamente, alguns talhões serão colhidos com alto grau de umidade, estando essas sementes propensas a injúrias mecânicas latentes e gastos adicionais com secagem; da mesma forma, outros talhões serão colhidos com grau de umidade reduzido, estando deste modo, propensas a danos decorrentes de injúrias mecânicas do tipo imediato ou "trincas e quebras". Não obstante, deve-se atentar ainda, à variação diurna da umidade relativa do ar. Sabe-se que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura e que no decorrer do dia a temperatura varia de acordo com a posição do Sol, acima do horizonte (BISCARO, 2007), sendo mínima pouco antes do nascer do sol, aumentando progressivamente

até cerca das 15 h, que é quando atinge o seu máximo, passando depois a diminuir até pouco antes do amanhecer do dia seguinte (CASTILLO; SENTIS, 2001); com isso, há variação no grau de umidade das sementes colhidas no decorrer do dia, pois as sementes, como todo material higroscópico, tem a propriedade de manter um equilíbrio definido entre seu grau de umidade e a umidade relativa do ar do ambiente.

Em sementes endospermáticas, a ocorrência de danos mecânicos tem sido frequentemente avaliada por meio dos testes de verde rápido para sementes de milho (CHOWDHURY; BUCHELE, 1975; BORBA et al., 1994, 1996; MENEZES; LERSCHI JUNIOR; STORCK, 2002) e sorgo (MARTINS NETTO et al., 1999); de solução de amaranto para milho (OLIVEIRA et al., 1998; BRANDAO JUNIOR et al., 1999; FESSEL et al., 2003) ou de iodo para milho (OLIVEIRA et al., 1998; BRANDAO JUNIOR et al., 1999; CICERO; SILVA, 2003; MARCHI et al., 2006) e milho-doce (NASCIMENTO; PESSOA; BOITEUX, 1994). Porém, tais métodos, além de serem destrutivos, não permitem observar com precisão as injúrias diretamente relacionadas com as anormalidades nas plântulas ou com a morte dos embriões (CICERO et al., 1998; CICERO; BANZATO JUNIOR, 2003), pois não identificam as injúrias internas na semente e não consideram a localização das injúrias externas (CICERO et al., 1998).

A primeira pesquisa documentada na literatura sobre o uso da técnica de raios X na área de Tecnologia de Sementes foi realizada na década de 1950 para a avaliação da morfologia de sementes de *Pinus sylvestris* L. por Simak e Gustafsson em 1953. Destarte, a técnica foi usada em trabalhos de melhoramento genético, possibilitando desde a detecção de anormalidades em embriões e determinação do seu estágio de desenvolvimento (SIMAK; GUSTAFSSON, 1953), até no isolamento

de embriões mutantes de *Arabidopsis thaliana* (BINO; AARTSE; Van Der BURG, 1993). Também, tem sido utilizado com sucesso para outras finalidades, como relacionar a morfologia de sementes com a germinação ou morfologia das plântulas de tomate (Van Der BURG et al., 1994; SILVA; CICERO; BENNETT, 2013), soja (OBANDO FLOR et al., 2004), milho (MONDO; CICERO, 2005), pimentão (DELL'AQUILA, 2007; GAGLIARDI; MARCOS FILHO, 2011), mamona (KOBORI et al., 2012) e espécies ornamentais (SILVA; BENNETT; JOURDAN, 2012a); identificar "danos por umidade" em sementes de soja (OBANDO FLOR et al., 2004; PINTO; CICERO; FORTI, 2007; FORTI; CICERO; PINTO, 2009, 2010); danos por percevejo em sementes de soja (OBANDO FLOR et al., 2004; PINTO et al., 2009) e feijão (FORTI; CICERO; PINTO, 2008); danos causados por caruncho (*Callosobruchus maculatus* Fabr.) em sementes de feijão-caupi (MELO et al., 2010); identificação de fissuras em sementes de arroz após secagem artificial (MENEZES; CICERO; VILLELA, 2005; MENEZES et al., 2012), bem como, injúrias mecânicas em sementes de milho (LEON et al., 1986; CICERO et al., 1998; CARVALHO et al., 1999; CICERO; BANZATTO JUNIOR, 2003), milho doce (GOMES JUNIOR; CICERO, 2012), feijão (LEON et al., 1986; FORTI; CICERO; PINTO, 2008; MONDO et al., 2009) e soja (LEON et al., 1986; GIRARDIN, CHAVAGNAT, BOCKSTALLER, 1993; OBANDO FLOR et al., 2004; PINTO et al., 2009).

O uso da radiografia por meio de raios X de baixa energia é padronizado e recomendado pela International Seed Testing Association - ISTA (ISTA, 1996) que considera o teste um método rápido e não destrutivo, sugerindo-o com a finalidade básica de detectar semente cheia, vazia, com dano mecânico ou ataque por insetos e sugerido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao atravessar a semente, a radiação é absorvida em vários graus pelos tecidos das sementes,

dependendo da espessura, da densidade, da composição, grau de umidade e do comprimento de onda da radiação, criando assim uma imagem permanente em filme radiográfico (BINO; AARTSE; Van Der BURG, 1993). Ainda que, os raios X sejam potencialmente nocivos à semente, a baixa dose usada na condução do teste não é suficiente para causar mutações genéticas e/ou afetar seu poder germinativo (SIMAK; GUSTAFSSON, 1953; BINO et al., 1993).

Neste sentido, a utilização da análise de imagens para a determinação de injúrias mecânicas em sementes vem se destacando como uma ferramenta eficiente, pois trata-se de um método rápido, seguro, de grande precisão, pois as sementes são examinadas individualmente em imagens ampliadas que poderão indicar, em detalhes, a área danificada, sua extensão e localização, e não destrutivo, visto que, uma vez identificados os danos, as sementes podem ser usadas em testes que permitem relacionar tais danos com prejuízos à germinação e/ou vigor.

Estudos realizados com sementes de milho (CICERO et al., 1998) e milho doce (GOMES JUNIOR; CICERO, 2012), visaram avaliar a eficiência da técnica de raios X na identificação de injúrias mecânicas nas sementes e sua relação com o potencial fisiológico e constataram que sementes com injúrias não severas no embrião e severas no endosperma, podem evoluir para germinação de plântulas normais e, em contrapartida, injúrias mecânicas ao eixo embrionário, resultaram em efeitos negativos sobre a germinação e vigor. Entretanto, mais importante que a severidade dos danos é a localização destes e, nesse contexto, os mesmos autores destacaram que o dano observado na direção transversal, quando severo, é indesejável, pois a translocação de reservas do endosperma para o eixo embrionário é restrita ou nula, resultando em plântulas anormais ou sementes não germinadas. Informações semelhantes foram relatadas por Forti, Cicero e Pinto (2008) com

sementes de feijão, em que a identificação de danos decorrentes da injúria mecânica, por meio do teste de raios X, foi decisiva para esclarecer que tipo de dano é prejudicial para o potencial fisiológico de sementes. A esta constatação, os autores ressaltaram que o dano severo observado na região da inserção dos cotilédones com o eixo embrionário, impede a translocação de reservas dos cotilédones para a região meristemática. Ressalta-se que, em sementes endospermáticas como milho e trigo, o eixo embrionário é protegido pelo escutelo, pericarpo e aleurona.

O potencial fisiológico das sementes normalmente é avaliado por meio de testes de germinação e de vigor. Os testes de vigor têm sido utilizados para uma análise mais precisa, principalmente para identificar diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura, pois, à medida que as condições ambientais desviam-se das mais adequadas para o estabelecimento das plântulas em campo ou para o armazenamento das sementes, é frequente que a percentagem de emergência de plântulas seja inferior à da germinação determinada em laboratório (MARCOS FILHO, 1999a). Assim, a avaliação do vigor é fundamental para o sucesso da produção de sementes, devido a sua sensibilidade para detectar a deterioração.

Os testes de vigor baseados no desempenho de plântulas são classificados como testes fisiológicos e procuram determinar atividade fisiológica específica, cuja manifestação depende do vigor (McDONALD, 1975) e têm como vantagens não serem de alto custo, rápidos, não necessitam de equipamentos especiais e não demandam treinamento adicional acerca da técnica utilizada (BAALBAKI et al., 2009). Tais testes podem ser conduzidos tanto em laboratório, com maior possibilidade de controle de fatores como temperatura, umidade e luz, favorecendo, assim a padronização, quanto em condições de campo, neste caso, com maior

difficuldade para a padronização (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2007). Para avaliação do vigor de sementes vários testes são recomendados e até o momento apenas quatro testes são considerados padronizados pela ISTA, o de condutividade elétrica para sementes de ervilha, envelhecimento acelerado para sementes de soja, emissão da raiz primária para sementes de milho e deterioração controlada para sementes de brássicas, em virtude da dificuldade na precisão dos resultados. Contudo, para a maioria das culturas a pesquisa ainda não destaca procedimentos padronizados, apenas testes que tiveram sua eficácia comprovada na avaliação do vigor (diferenciação de vigor entre lotes de sementes) e, portanto são recomendados. No caso de sementes de trigo, destacam-se o teste de envelhecimento acelerado (MORRADESI et al., 2002; MAIA; LOPES; TEIXEIRA, 2007; FANAN et al., 2006; LIMA; MEDINA; FANAN, 2006), crescimento de plântulas (OHLSON et al., 2010), deterioração controlada (MODARRESI; VAN DAMME, 2003) e tetrazólio (CARVALHO et al., 2012, 2013).

O teste de velocidade de germinação é um teste fisiológico e baseia-se no princípio de que lotes de sementes que apresentam maior velocidade de germinação são mais vigorosos (NAKAGAWA, 1999) e pode ser realizado conjuntamente com o teste de germinação (BURRIS, 1969), bem como em condições de campo e/ou casa de vegetação, neste caso, há dificuldade de padronização, haja vista que, o teste deve ser conduzido sob temperatura constante e a alternância de temperaturas pode provocar modificações nos resultados (WOODSTOCK, 1973; NAKAGAWA, 1999).

A primeira contagem de germinação é também considerado um teste fisiológico, de modo que, quanto maior o número de plântulas normais computadas na primeira contagem do teste padrão de germinação, maior é o vigor do lote de sementes (NAKAGAWA, 1999).

O teste de envelhecimento acelerado é reconhecido internacionalmente como um dos mais populares para avaliação do vigor de sementes de várias espécies, proporcionando informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995). Tem como princípio a aceleração artificial da taxa de deterioração das sementes através da exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados fatores ambientais de maior influência na velocidade e intensidade da deterioração (TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 1999b). Nessa situação, sementes com menor potencial fisiológico deterioram-se mais rapidamente que as vigorosas e apresentam queda acentuada na germinação, após período de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999b). O teste é eficiente tanto na comparação do vigor entre lotes de sementes, quanto na estimativa do potencial de emergência de plântulas em condições adversas de campo (TEKRONY; EGLI, 1977; EGLI; TEKRONY, 1995) e na determinação do potencial de armazenamento (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

A interação temperatura/período de exposição é um dos fatores mais importantes que afetam o desempenho dos lotes de sementes submetidos ao teste. Para trigo, Wetzell (1972) discutiu que a combinação 42 °C/60 h foi efetiva para mostrar diferenças entre os cultivares por ele estudados; tal combinação é também recomendada por Marcos Filho (1999b). Hampton e Tekrony (1995); Baalbaki et al. (2009) recomendam realizar o teste a 41 °C/72 h. Modarresi, Rucker e Tekrony (2002), relataram que o teste é mais eficiente na diferenciação de vigor entre lotes de sementes de trigo quando realizado a 43 °C/72 h ou 45 °C/72 h, sendo que a combinação 45 °C/72 h também foi recomendada por Meriaux et al. (2007); no entanto Maia, Lopes e Teixeira, (2007), concluíram que a temperatura de 45 °C foi letal para as sementes de trigo em todos os períodos de exposição por eles

avaliados (24, 48, 72 e 96 h) e esses autores recomendaram 43 °C/24 h para condução do teste de envelhecimento acelerado em trigo. Já Fanan et al. (2006); Lima, Medina e Fanan (2006) concluíram que a combinação 43 °C/48 h é adequada para diferenciar níveis de vigor de lotes de sementes de trigo. Desta forma, observa-se que há diferença entre as recomendações que constam na literatura e devem ser considerados os estudos realizados com cultivares adaptados às condições tropicais.

Com relação à condutividade elétrica, o vigor das sementes está estreitamente relacionado à integridade do sistema de membranas celulares e é medido indiretamente através da quantidade de solutos presentes na solução de embebição; assim, quando as sementes são embebidas em água há liberação desses no meio líquido, com intensidade proporcional ao estado de desorganização em que as membranas se encontram (WOODSTOCK, 1973; VIEIRA, 1994) e os maiores valores, correspondentes à maior liberação de solutos, indicam baixo potencial fisiológico (HEPBURN; POWELL; MATTHEWS, 1984). De acordo com Marcos Filho (2005), os solutos perdidos durante a embebição incluem açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons orgânicos (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Mn^{2+}).

Pesquisas relatadas têm mostrado a aplicabilidade do teste em pesquisas na área de Tecnologia de Sementes, devido à sua praticidade por ser um meio rápido e eficaz para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de várias espécies. Para avaliação do vigor de sementes de trigo, o teste foi usado pela primeira vez na década de 20, quando Hibbard e Miller (1928), estimaram a viabilidade de sementes de trigo, ervilha, capim timóteo, milho e feijão usando tal método; os autores discutiram que para sementes de trigo, a viabilidade variou

diretamente com a condutividade. Samimy (1992); Dresch (2009); Mertz et al. (2012), verificaram a eficiência desse teste na diferenciação dos lotes quanto ao vigor; porém, a mesma eficiência não foi constatada por Garcia et al. (2005), no entanto trabalhando com sementes de cultivar diferente.

No sistema de controle de qualidade de sementes, a avaliação do potencial fisiológico das sementes por meio do teste de tetrazólio também tem assumido posição de destaque, principalmente por fornecer resultados rápidos e precisos (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987; FRANÇA NETO, 1999; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; COSTA, 1998). As primeiras tentativas de uso do teste focavam apenas na avaliação da viabilidade, mas com a evolução das pesquisas, é atualmente uma das mais valiosas técnicas utilizadas para análise do potencial fisiológico de sementes (COPELAND; McDONALD, 2001; BAALBAKI et al., 2009) e também apresenta relação positiva com os valores de emergência de plântulas em condições adversas de campo (YAKLICH; KULIK; ANDERSON, 1979; KULICK; YAKLICH, 1982; COSTA; FRANÇA-NETO; OLIVEIRA, 1988). O teste baseia-se na variação da coloração dos tecidos vivos, em presença de solução de 2, 3, 5 trifenil tetrazólio, manifestando a atividade de enzimas desidrogenase que catalisam as reações respiratórias na mitocôndria. A reação das moléculas do sal de tetrazólio com os átomos de hidrogênio liberados pelas enzimas desidrogenase que estão envolvidas nos processos de respiração dos tecidos vivos, resulta na produção de um composto insolúvel em água, solúvel em óleo, de coloração vermelha, o formazan. Desse modo, a reação revela os tecidos vivos pela formação da coloração vermelha, os deteriorados com coloração vermelho escuro e tecidos mortos, sem coloração, pois não respiram (MOORE, 1973; FRANÇA NETO, 1999; AOSA, 2009).

Para trigo não há recomendação de metodologia específica para condução do teste de tetrazólio e os procedimentos destacados na literatura (ISTA, 2008; BRASIL, 2009) são indicados apenas para análise da viabilidade das sementes; contudo com sucesso para tal avaliação (FRANCO et al., 2009; TUNES et al., 2011). No que diz respeito ao uso do teste para avaliação do vigor de sementes de trigo, recentemente foram recomendadas a classificação das sementes em quatro categorias: viáveis e vigorosas, viáveis e não vigorosas, não viáveis e mortas (CARVALHO et al., 2012; CARVALHO, 2013); no entanto, nessa pesquisa propomos a avaliação das sementes através da viabilidade e vigor, no entanto, sem diferenciação de classes.

De acordo com Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009), embora o procedimento básico para a condução de vários testes de vigor esteja estabelecido e produzindo resultados confiáveis, ainda há espaço para aprimoramento da metodologia, bem como para inclusão de alternativas inovadoras. Visando assegurar a obtenção de resultados consistentes e procedimentos padronizáveis, pesquisadores da The Ohio State University, EUA (SAKO et al, 2001), desenvolveram um sistema automatizado para avaliação do vigor de sementes, o Seed Vigor Imaging System – SVIS[®]. Através deste método, as imagens digitalizadas das plântulas são capturadas por meio de um *scanner* conectado a um computador e, em seguida, processadas através do *software*, gerando valores numéricos (índice de vigor) que representam coletivamente o potencial fisiológico das sementes do lote, baseada em valores obtidos através do ajuste prévio do comprimento máximo de plântulas e da proporção crescimento/uniformidade, que devem ser preestabelecido no software. Os dados incluem os comprimentos da parte aérea, da raiz primária e de toda a plântula, que difere entre as espécies, bem como, a uniformidade do desenvolvimento das plântulas

(SAKO et al., 2001). Os valores do índice de vigor são baseados na rapidez e uniformidade do desenvolvimento das plântulas contidas na amostra, em relação ao máximo valor estimado para plântulas com a idade pré-estabelecida na programação do software (HOFFMASTER et al., 2003). Em contrapartida, a uniformidade é obtida com base nos desvios do comprimento de cada plântula, em relação àquele máximo desenvolvimento estimado. Com isso, o software gera automaticamente valores numéricos referentes ao índice de vigor, de 0 a 1000, diretamente proporcionais ao vigor, e à uniformidade de desenvolvimento, com valores também de 0 a 1000.

O sistema foi desenvolvido destinado à determinação do vigor de sementes de alface e foi adaptado com sucesso para outras espécies, como milho (OTONI; McDONALD, 2005), milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009), milho superdoce (ALVARENGA; MARCOS FILHO; GOMES JUNIOR, 2012), soja (HOFFMASTER et al., 2003; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), mamona (KOBORI et al., 2010), amendoim (MARCHI; CICERO; GOMES JUNIOR, 2011), trigo (SILVA; GOMES JUNIOR; CICERO, 2012b; SILVA; MARCOS FILHO; KRZYZANOWSKY, 2011), crotalária (SILVA et al., 2012) e pepino (CHIQUITTO; GOMES JUNIOR; MARCOS FILHO, 2012).

Avaliando a eficiência do sistema para avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo, em comparação com os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência de plântulas e velocidade de emergência, Silva, Gomes Junior e Cicero (2012), verificaram a eficiência do sistema para a avaliação do vigor dos lotes de sementes estudados durante o armazenamento, detectando diferenças perdas de vigor não detectadas pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado. Também Alvarenga e Marcos Filho (2012) confirmaram a sensibilidade do sistema na identificação de diferenças tênues de vigor entre lotes de

sementes de milho superdoce, com eficácia comparável ao teste de envelhecimento acelerado tradicional. Estas evidências indicam que este programa representa uma ferramenta promissora para avaliação do vigor de sementes de outras espécies em diferentes finalidades na pesquisa em Tecnologia de Sementes.

Embora existam na literatura estudos que relacionem a ocorrência de injúrias mecânicas, variações no grau de umidade no momento da colheita e sua relação com a ocorrência de danos imediatos e/ou latentes, os quais acarretam reduções significativas ao potencial fisiológico das sementes, ainda há muito a ser esclarecido nesse processo. Assim, o monitoramento da colheita mecânica em condições reais adotadas pelas empresas de sementes, não somente baseados em simulações, deve ser priorizado nas pesquisas em Tecnologia de Sementes, visando a minimização da ocorrência destas injúrias para assegurar que apenas lotes de sementes com alto nível de desempenho sejam comercializados e utilizados pelos consumidores. Tal reconhecimento justifica a continuidade da pesquisa.

2.2 Material e métodos

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Análise de Imagens, do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba – SP, e no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Núcleo de Tecnologia de Sementes e Grãos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Soja), em Londrina – PR. O período experimental incluiu avaliações do desempenho das sementes em quatro épocas distintas. Os resultados foram usados como parâmetros para comparação com testes realizados durante o armazenamento das sementes, em ambiente não controlado.

2.2.1 Sementes

As amostras de sementes foram coletadas nos dias 15, 18 e 20 de setembro de 2010, nos campos de produção de sementes da Empresa de Sementes Lagoa Bonita, Itaberá – SP, durante a operação normal de colheita de dois cultivares desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja (BRS 208 e BRS 220) e um cultivar desenvolvido pelo Instituto Agrônômico do Paraná - Iapar (IPR 85), produzidos na safra 2010/2011.

As sementes foram colhidas mecanicamente nas condições operacionais de regulação adotada pela empresa, em três horários distintos (11 h, 14 h e às 17 h), com intuito de verificar se a variação do grau de umidade das sementes no momento da colheita afeta a ocorrência e o tipo de injúrias, decorrentes da colheita mecanizada em sementes de trigo. Paralelamente, foram coletadas amostras em plantas colhidas e trilhadas manualmente; para tal realizou-se apenas uma colheita manual às 14 h, devido à necessidade de secagem prévia para a trilhagem manual.

Foram coletadas amostras de sementes dos cultivares BRS 208, BRS 220 e IPR 85, colhidas em "Colhedora de Grãos Case Axial Flow", modelo 2388 do tipo axial, com as seguintes regulações: deslocamento a $6,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, rotor com velocidade de 870 rpm, abertura do côncavo de 1,5 cm e ventilador a 1000 rpm na peneira para limpeza da semente. A lavoura em questão foi implantada em sistema plantio direto, conduzida em condição de sequeiro e teve a soja como cultura anterior nas áreas utilizadas para a pesquisa.

O grau de umidade das sementes no momento da colheita, bem como, as condições gerais do clima nos dias em que foram realizadas as colheitas, encontram-se na Tabela 1.

2.2.2 Grau de umidade

Determinado imediatamente após as colheitas, manual e mecânica, bem como antes da instalação dos diferentes testes e após a retirada das sementes da câmara de envelhecimento acelerado (item 2.2.8), em cada época de avaliação, pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 h, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009), com duas repetições para cada lote, com os resultados expressos em percentagem média (base úmida).

Tabela 1 – Grau de umidade e caracterização climática no momento da colheita de sementes de trigo em função dos horários de colheita¹. Itaberá – SP, 2010

Tratamentos	Data da colheita	Grau de Umidade (%)	Observações
BRS 208 – 11 h	15/09/2010	13,5	Dia ensolarado, com temperaturas amenas, do início ao fim da colheita.
BRS 208 – 14 h		10,7	
BRS 208 – 14 h (2)		10,4	
BRS 208 – 17 h		8,9	
BRS 220 – 11 h	18/09/2010	18,2	Dia nublado, com sol a partir das 10 h e chuva no fim da tarde (2 mm) ²
BRS 220 – 14 h		13,2	
BRS 220 – 14 h (2)		13,3	
BRS 220 – 17 h		15,2	
IPR 85 – 11 h	20/09/2010	18,5	Dia todo nublado, principalmente no fim da tarde, com muitas nuvens; sem chuva.
IPR 85 – 14 h		17,0	
IPR 85 – 14 h (2)		15,5	
IPR 85 – 17 h		16,1	

¹11h – colheita mecanizada às 11 h; 14h - colheita mecanizada às 14 h; 14h (2) – colheita manual às 14h e debulha manual após secagem prévia; 17h – colheita mecanizada às 17 h.

²Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

2.2.3 Massa de mil sementes

Avaliada através da contagem de oito repetições de 100 sementes de cada amostra e pesadas em balança de precisão (0,01 g). O resultado final, expresso em gramas e com uma casa decimal, foi obtido multiplicando-se por 10 o valor médio das repetições (BRASIL, 2009). Os valores foram corrigidos para 13%.

2.2.4 Massa hectolétrica

Avaliada em balança especial para massa hectolétrica "Marte", modelo 800, com capacidade para 0,25 L, utilizando-se duas amostras por parcela, com grau de umidade das sementes corrigido para 13%. Os resultados são expressos em $\text{kg} \cdot \text{hL}^{-1}$ com uma casa decimal (BRASIL, 2009).

2.2.5 Germinação

Realizado com quatro subamostras de 50 sementes em rolos de papel toalha umedecido (substrato) com água numa proporção de massa de 2,5:1 (água: papel). Os rolos contendo as sementes foram colocados em germinador a 20 °C e, as contagens, realizadas aos quatro (primeira contagem) e oito dias após a semeadura, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). O resultado final da germinação foi obtido computando-se as plântulas normais identificadas na primeira e na contagem final com valores expressos em percentuais de plântulas normais para cada lote.

2.2.6 Emergência de plântulas

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada amostra, distribuídas na superfície de uma camada de 5 cm de areia colocada em caixas de plástico (32 cm x 28 cm x 10 cm). Após a semeadura, a cobertura foi efetuada com uma camada de 2 cm de areia. O umedecimento do substrato foi efetuado com quantidade de água correspondente a 60% da capacidade de retenção e, as caixas, mantidas em casa de vegetação. Realizaram-se avaliações diárias, registrando o número de plântulas emersas para cada tratamento até a estabilização por três dias

seguidos, quando foi determinada a percentagem média de emergência de plântulas para cada lote e cultivar.

Para obtenção da velocidade de emergência de plântulas, calculou-se o índice de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = (G1 \cdot N1^{-1}) + (G2 \cdot N2^{-1}) + \dots (Gn \cdot Nn^{-1}), \text{ onde:}$$

IVE: índice de velocidade de emergência de plântulas;

G1, G2, ... Gn: número de plântulas emersas na primeira, segunda, até a última contagem;

N1, N2, ... Nn: número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem.

2.2.7 Envelhecimento acelerado

Conduzido com quatro repetições por amostra, em caixas plásticas (11 cm x 11 cm x 3,5 cm) como compartimento individual (mini-câmara), possuindo em seu interior uma tela metálica, onde foram distribuídas as sementes, de maneira a formarem camada simples. Foram adicionados 40 ml de água ao fundo de cada caixa, obtendo-se assim aproximadamente 100% de umidade relativa em seu interior; essas caixas, assim preparadas, foram mantidas a 43 °C, durante 48 h (FANAN et al., 2006); em seguida, foi conduzido o teste de germinação (item 2.2.5). A contagem foi realizada aos quatro dias após a semeadura e, os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais de cada lote e cultivar. O grau de umidade das sementes foi determinado antes e após o envelhecimento acelerado, da maneira já descrita, para verificar a precisão da metodologia.

2.2.8 Condutividade elétrica

Realizado pelo sistema massal, com quatro repetições de 50 sementes por amostra, sem escolha, previamente pesadas (0,0001g), colocadas em copos de plástico contendo 75 ml de água deionizada, a 25 °C, por 16 h (com base em testes preliminares para estabelecer o período de pré embebição adequado, ou seja, sem que houvesse a protrusão da raiz primária). Após este período, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, através de condutivímetro digital "Digimed", modelo DM-31. Os valores de cada repetição foram divididos pela massa inicial e os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de semente (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 2009).

2.2.9 Tetrazólio

O teste de tetrazólio foi realizado no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Núcleo de Tecnologia de Sementes e Grãos da Embrapa Soja em Londrina – PR, para avaliar o vigor das sementes e no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP, com avaliações apenas para avaliar a viabilidade das sementes.

Para tal avaliação, adotou-se a metodologia proposta para a avaliação do vigor de sementes de milho (DIAS; BARROS, 1999), com modificações baseadas em testes preliminares: duas concentrações do sal de tetrazólio (0,5% e 0,075%) e duas temperaturas de coloração (30 °C e 40 °C), por 3 h. Duas repetições de 50 sementes por amostra foram acondicionadas em substrato de papel umedecido, com quantidade de água numa proporção de massa de 2,5:1 (água: papel), durante 16 h, a 20 °C. Após a hidratação, as sementes foram seccionadas ao longo do eixo do

embrião, retirando e descartando uma das metades, e colocadas em solução de tetrazólio (0,075%), no escuro a 30 °C e 40 °C. Após a coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e conservadas imersas em água até a avaliação.

2.2.10 SVIS® para avaliação do vigor das sementes

Realizado mediante a análise computadorizada de imagens de plântulas (Seed Vigor Imaging System - SVIS®). A metodologia do teste seguiu o procedimento usado por Marcos Filho et al., (2009). As plântulas foram obtidas de cinco repetições de 20 sementes para cada amostra, colocadas para germinar em duas fileiras situadas no terço superior da superfície do papel toalha, a 20 °C, durante três dias. Em seguida, as imagens foram captadas em *scanner* HP Scanjet 2004, instalado de maneira invertida no interior de uma caixa de alumínio com 60 cm x 50 cm x 12 cm e operado por *software* Photosmart, com resolução de 100 dpi.

As plântulas de cada repetição foram transferidas do papel toalha para uma folha de cartolina de coloração preta com 30 cm x 22 cm (correspondente ao tamanho da área útil do *scanner*), colocada sobre a plataforma interna da caixa metálica. As imagens escaneadas foram salvas em computador, em pasta específica de um disco rígido e, em seguida, analisadas pelo software Seed Vigor Imaging System (SVIS®) instalado em computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40 Gb, operado por sistema Windows XP Profissional. Ao serem processadas as imagens de cada plântula, o software gera automaticamente valores numéricos referentes aos índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU) (Figura 1). O índice de vigor é resultante da combinação entre os índices de crescimento (IC) e de uniformidade (IU), que podem variar de um valor mínimo de zero a um máximo de 1000 (HOFFMASTER et al.,

2005; MARCOS FILHO et al., 2006). Foram testadas três combinações para composição do índice de vigor: $IV_{30/70} = [(0,3 \times IC) + (0,7 \times IU)]$, $IV_{50/50} = [(0,5 \times IC) + (0,5 \times IU)]$ e $IV_{70/30} = [(0,7 \times IC) + (0,3 \times IU)]$; ou seja, $IV_{30/70}$ (índice de vigor obtido com uso de 30% do índice de crescimento e 70% do índice de uniformidade); $IV_{50/50}$ (índice de vigor obtido com uso de 50% do índice de crescimento e 50% do índice de uniformidade); $IV_{70/30}$ (índice de vigor obtido com uso de 70% do índice de crescimento e 30% do índice de uniformidade).

Nessa análise, o eixo raiz primária e coleóptilo de cada plântula é marcado em vermelho e, na maioria das vezes, o eixo é indicado corretamente; porém, houve necessidade de efetuar correções manuais de erros (com auxílio do "mouse"), como a complementação de uma parte de plântulas marcadas parcialmente e tanto a exclusão de plântulas com anormalidades extremas como a inclusão de plântulas não computadas. O ajuste prévio do comprimento de plântulas e da proporção crescimento/uniformidade para composição do cálculo do índice de vigor é feito por meio da ferramenta Program Parameters; nessa pesquisa os dados foram obtidos considerando 10,2 cm (quatro polegadas) como o máximo tamanho de plântulas a ser alcançado no período de três dias.

Figura 1 – Imagem analisada de uma amostra de plântulas de trigo, com indicações da marcação do eixo raízes primárias e coleóptilo, do índice de vigor (743) e do comprimento da plântula (77,22 mm), marcada em azul

2.2.11 Raios X

Realizaram-se os testes de raios X, da seguinte maneira: vinte repetições de 10 sementes, provenientes de cada um dos lotes (cultivar x horário de colheita), foram posicionadas em fita adesiva dupla face transparente, coladas sobre lâmina de acetato (210 mm x 297 mm), e numeradas de acordo com a posição ocupada na lâmina, para sua identificação no momento da instalação do teste de germinação (descrito no item 2.2.5). Para a obtenção da radiografia, a lâmina de acetato com as sementes já fixadas foi colocada sobre uma placa de acrílico e levadas para serem radiografadas. As radiografias foram obtidas por um equipamento digital “FAXITRON X-Ray”, modelo MX-20 DC-12. As imagens radiografadas foram salvas em pasta específica do disco rígido em um computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40 Gb, operado por sistema Windows XP Profissional.

Por ocasião da avaliação individual das imagens radiográficas das sementes, quando verificada a presença de injúrias mecânicas, foram atribuídas notas, conforme os critérios descritos na Tabela 2, segundo classificação adaptada de Cicero et al. (1998). Assim, seguindo os critérios utilizados, foram obtidas nove possíveis combinações de notas, à saber: 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2 e 3.3; com o primeiro e o segundo número correspondente ao endosperma e eixo embrionário, respectivamente.

Após a radiografia, as sementes (em grupos de 20), previamente numeradas (identificadas), foram colocadas para germinar em papel toalha, sendo distribuídas equidistantemente no terço superior do substrato, para permitir o desenvolvimento das plântulas de maneira individualizada. Após permanência de quatro dias em germinador a 20 °C, as plântulas (normais e anormais) e as sementes não germinadas constatadas no teste foram fotografadas por meio de uma câmara digital "Nikon", modelo D1, acoplada ao computador, e disponibilizadas juntamente com as imagens de raios X, para serem examinadas simultaneamente e, assim, permitir relacionar as injúrias mecânicas com os possíveis prejuízos causados à germinação.

Os resultados foram analisados de forma comparativa, procurando-se relacionar as injúrias mecânicas detectadas na análise de imagens (sementes individuais) com as possíveis anormalidades das plântulas e/ou sementes não germinadas.

Tabela 2 - Critérios utilizados na caracterização das injúrias mecânicas verificadas em quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

Nota	Nível da injúria	Caracterização da injúria
1	Sem injúrias	–
2	Injúria não severa	Pequenas injúrias que não provoquem trincas ou quebras no eixo embrionário e/ou endosperma
3	Injúria severa	Injúrias resultantes em trincas ou quebras no eixo embrionário e/ou endosperma

2.2.12 Armazenamento

As sementes de cada lote foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e armazenadas em câmara seca (20 °C e 50% UR do ar) na ESALQ, durante 18 meses.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas durante todo o período de armazenamento por meio dos registros em termohigrógrafo "Sato", modelo Sigma II.

2.2.13 Procedimento estatístico

Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado para todos os testes, exceto o teste de raios x (Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7). As análises foram realizadas separadamente para cada época e cultivar e as médias submetidas à análise comparativa de médias pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), com auxílio do software ASSISTAT, versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Para o teste de raios X, os resultados não foram submetidos à análise estatística, os mesmos foram expressos em percentuais de sementes com injúrias em relação ao total de 200 sementes.

Tabela 3 – Esquema da análise da variância para primeira contagem de germinação, germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência de plântulas, realizados em laboratório. Piracicaba - SP

Causas da Variação	GL
Tratamentos	3
Resíduo	12
Total	15

Tabela 4 – Esquema da análise da variância para o teste de tetrazólio, realizado em laboratório. Londrina - SP

Causas da Variação	GL
Tratamentos	3
Resíduo	12
Total	15

Tabela 5 – Esquema da análise da variância para as avaliações realizadas com uso do *software* SVIS[®], realizado em laboratório. Piracicaba - SP

Causas da Variação	GL
Tratamentos	3
Resíduo	16
Total	19

Tabela 6 – Esquema da análise de variância para massa de mil sementes, realizada em laboratório. Piracicaba - SP

Causas da Variação	GL
Tratamentos	3
Resíduo	28
Total	31

Tabela 7 – Esquema da análise de variância para massa hectolétrica, realizada em laboratório. Piracicaba - SP

Causas da Variação	GL
Tratamentos	3
Resíduo	4
Total	7

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao grau de umidade dos quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, nas quatro épocas de avaliação, encontram-se na Tabela 8.

Observa-se que os valores referentes ao grau de umidade são relativamente uniformes e, portanto adequados para condução dos testes em todas as épocas de avaliação, pois de forma geral, os lotes apresentaram diferenças de 0,6 pontos percentuais, exceto para a segunda época de avaliação, cultivar BRS 208, que apresentou diferença marcante de 1,9 ponto percentual, ainda assim, dentro do limite aceitável que, de acordo com Marcos Filho (1999b) é de 1 a 2 pontos percentuais. Essa uniformidade é imprescindível para a padronização e obtenção de resultados consistentes; caso sejam detectadas diferenças acentuadas, os lotes de sementes devem ser submetidos à uniformização, para reduzir diferenças na velocidade de umedecimento, que podem se refletir na intensidade da deterioração quando submetidas a vários testes, como os de condutividade elétrica (McDONALD; WILSON, 1979; LEOFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988; VIEIRA, 1994), envelhecimento acelerado (McDONALD; PHANEENDRANATH, 1978; TOMES; TEKRONY; EGLI, 1988; MARCOS FILHO, 1999b) e testes baseados no desenvolvimento de plântulas (PERRY, 1984; KRZYZANOWSKI, 1991; NAKAGAWA, 1999; MARCOS FILHO, 2005). Ressalta-se que o grau de umidade uniforme, também é de suma importância para avaliação da morfologia interna das sementes com uso do equipamento de raios X, para evitar distorções entre as amostras (SIMAK, 1991).

Tabela 8 – Valores médios do grau de umidade inicial, segunda, terceira e quarta época de avaliação de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários¹. Piracicaba - SP, 2013

Tratamentos	Grau de Umidade (%)				
	1ª época ²		2ª época	3ª época	4ª época
	Antes	Após			
BRS 208 – 11 h	7,1	11,1	10,6	11,1	11,6
BRS 208 – 14 h	7,6	10,4	12,1	11,1	11,5
BRS 208 – 14 h (2)	7,7	10,3	11,0	11,1	11,5
BRS 208 – 17 h	7,7	10,4	10,2	10,5	11,7
BRS 220 – 11 h	7,3	10,9	10,8	11,6	11,8
BRS 220 – 14 h	7,0	10,4	11,0	11,0	11,7
BRS 220 – 14 h (2)	7,8	10,8	11,2	10,8	11,3
BRS 220 – 17 h	6,6	10,6	11,3	11,5	11,6
IPR 85 – 11 h	7,6	10,6	11,0	11,0	11,2
IPR 85 – 14 h	7,5	10,7	11,1	11,0	11,3
IPR 85 – 14 h (2)	7,5	10,7	11,3	10,9	11,3
IPR 85 – 17 h	6,9	10,6	11,3	10,8	11,5

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²Antes – antes da uniformização em ambiente não controlado; Após – após uniformização em ambiente não controlado

3.1 Massa de mil sementes

Na avaliação da massa de mil sementes, Tabela 9, houve diferença significativa entre os lotes colhidos em diferentes horários para os três cultivares avaliados. Para os cultivares BRS 208 e BRS 220, houve diferença nas quatro épocas avaliadas, sendo verificada, para o BRS 208, a superioridade do lote colhido manualmente, às 14 h, com maiores valores (41,3 g) e o lote colhido às 14 h, mecanicamente, inferior aos demais (39,4 g); para o BRS 220, também houve superioridade do lote colhido manualmente às 14 h (40,2 g), contudo inferior para o lote colhido mecanicamente às 17 h (38,2 g).

Já para o cultivar IPR 85, constatou-se diferença nas três primeiras épocas de avaliação e a superioridade, para tal componente produtivo, foi obtida com o lote

colhido mecanicamente às 17 h (44,6 g) e os menores valores, de forma geral, para o lote colhido às 11 h, mecanicamente (43,8 g).

Tabela 9 - Valores médios¹ do componente de produção massa de mil sementes de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Massa de Mil Sementes (g)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	39,7 b	40,8 a	38,1 b	40,3 ab
BRS 208 – 14 h	38,1 b	38,7 b	40,8 ab	40,1 b
BRS 208 – 14 h (2)	41,7 a	41,8 a	40,3 ab	41,4 a
BRS 208 – 17 h	39,3 b	41,4 a	41,0 a	39,9 b
CV (%)	4,63	3,12	6,22	2,85
D.M.S.	2,51	1,40	2,75	1,27
BRS 220 – 11 h	38,4 c	38,7 b	38,7 b	38,6 b
BRS 220 – 14 h	39,3 b	39,4 b	39,4 ab	39,2 ab
BRS 220 – 14 h (2)	40,1 a	40,7 a	40,2 a	39,7 a
BRS 220 – 17 h	37,8 c	39,3 b	37,7 c	37,8 c
CV (%)	1,87	3,03	2,31	1,50
D.M.S.	0,80	1,32	0,99	0,65
IPR 85 – 11 h	43,9 ab	44,3 b	43,3 b	43,8
IPR 85 – 14 h	46,8 a	44,2 b	44,3 ab	43,0
IPR 85 – 14 h (2)	42,9 b	44,2 b	44,7 a	43,8
IPR 85 – 17 h	43,9 ab	45,6 a	44,7 a	44,0
CV (%)	7,15	18,58	2,80	2,31
D.M.S.	3,53	1,12	1,37	-

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

A massa de mil sementes é utilizada para classificação do trigo pelo tamanho (GUTKOSKI et al., 2008) e também para cálculo da densidade de semeadura, número de sementes por embalagem e peso da amostra de trabalho para análise de pureza (BRASIL, 2009) e os valores encontrados para os cultivares BRS 208 e BRS 220, estão de acordo com os normalmente obtidos em ensaios para tais cultivares, conforme pesquisa de Bassoi et al. (2013) que são: 38 g para o BRS 220, 37 g para

o BRS 220; no entanto inferior à massa média de mil sementes para o IPR 85 que é de 47 g. Esse fato, provavelmente, foi devido à ocorrência da temperatura média verificada durante a condução dos campos de produção dos cultivares estudados, em torno de 18,8 °C, Figura 2, inferiores às temperaturas consideradas altas, acima de 30 °C, as quais afetam negativamente o rendimento e peso de mil grãos/sementes no cultivo de trigo (FORD; PEARMAN; THORNE, 1976; CHOWDHURY; WARDLAW, 1978; WARDLAW; SOFIELD; CARTWRIGHT, 1980; STONE; NICOLAS, 1995a, 1995b; WARDLAW; DAWSON; MUNIBI, 1989).

A produtividade do trigo é dependente de três componentes básicos: número de espigas por unidade de área, número de grãos/sementes por espiga e a massa dos grãos/sementes (FRANCO; CARVALHO, 1987; NEDEL, 1994; FUNCK; FERNANDES; PIEROBOM, 2008). Dentre esses, os dois primeiros, segundo Savin et al. (1999) são determinados ainda nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, enquanto o peso dos grãos/sementes é determinado a partir do florescimento, sendo sensível às condições ambientais e, desta maneira, de acordo com Fokar et al. (1998), a temperatura elevada é o fator de maior estresse ambiental que limita o enchimento dos grãos/sementes, sobretudo nas fases de espigamento e antese.

Tais estádios são os mais sensíveis a estresses climáticos que podem afetar negativamente o peso final dos grãos/sementes de trigo (STONE; NICOLAS, 1995a; WARDLAW; SOFIELD; CARTWRIGHT, 1980), uma vez que, com o início do espigamento o estresse por altas temperaturas reduz o período de florescimento, bem como, reduz drasticamente o número de perfilhos por planta, em virtude da competição por recursos essenciais ao desenvolvimento, pois os carboidratos produzidos são direcionados, em sua quase totalidade, às espigas para a formação

e enchimento dos grãos/sementes (KLEPER et al., 1998). De acordo com Majoul et al. (2004); Neilson et al. (2010), a temperatura elevada ocasiona, ainda, efeitos deletérios sobre a qualidade industrial do trigo produzido, comprometendo o conteúdo de proteínas metabólicas e estruturais.

Quando cultivado sob condições climáticas favoráveis, como as observadas durante a condução dos campos de produção, a fase de espigamento ocorre aos 67 dias após a emergência das plântulas (DAE) para o cultivar BRS 208 e aos 69 DAE para o BRS 220, sendo esses dois cultivares classificados como de ciclo médio; para o cultivar IPR 85, a fase de espigamento dá-se aos 60 DAE, sendo este de ciclo precoce (BASSOI et al., 2013). Isso posto, pela análise da Figura 2, pode-se observar que nessa fase as temperaturas médias registradas para cada cultivar foram de: 20,8 °C para o BRS 208; 20,6 °C para o BRS 220 e 20,4 °C para o IPR 85, estando entre os limites de temperatura ótima para desenvolvimento do trigo, nesse estágio, que são na faixa de 18 – 24 °C, de acordo com Stone e Nicolas (2004) e entre 12 – 22 °C, segundo Farooq et al. (2011).

Além disso, pode-se supor também que, os picos de temperatura máxima (de até 30 °C), quando verificados, foram por períodos de tempo reduzidos, não chegando a prejudicar o peso das sementes. Neste sentido, Reichardt (1985), relatou que a temperatura afeta a abertura dos estômatos e que aumentos para até 30 °C estimulam a abertura dos estômatos e, as temperaturas acima desse limite, determinam seu fechamento. A abertura ou fechamento destes possui relação direta com a fotossíntese, a qual desempenha importante papel na produção de uma cultura (WULLSCHLEGER; OOSTERHUIS, 1990), pois o rendimento de grãos é potencialmente influenciado pela duração da taxa de acumulação de carboidratos (HARDING; GUIKEMA; PAULSEN, 1990; CRAFTS-BRANDNER; PONELEIT, 1992).

3.2 Massa hectolétrica

Na Tabela 10, encontram-se os valores médios obtidos para análise da massa hectolétrica ou peso volumétrico, a qual é a massa de 100 litros expressa em quilogramas, tida como medida tradicional para a comercialização dos grãos de trigo, em vários países. Trata-se de uma característica varietal influenciada pelas condições de clima, solo, adubação, sistemas de culturas, incidência de insetos e doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade e tratamento químico (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987; BRASIL, 2009).

A massa hectolétrica, é usada para fixar ágio ou deságio dos grãos produzidos e permitir que o mercado ofereça produtos padronizados (GUTKOSKI et al., 2007, 2008). No que diz respeito à produção de sementes, maior massa hectolétrica também é desejada, pois sendo a massa hectolétrica influenciada pelos fatores descritos, entre lotes de sementes do mesmo cultivar e com o mesmo grau de umidade, aquele que possuir maior massa hectolétrica será o de maior valor, uma vez que as sementes serão mais bem formadas, maduras e sadias (MARCOS FILHO; CICERO; TOLEDO, 1977).

Para o BRS 208 houve diferença estatística entre os dados provenientes dos lotes colhidos em diferentes horários de colheita na primeira e segunda época de avaliação, com destaque para o lote colhido às 14h mecanicamente ($82,4 \text{ kg} \cdot \text{hL}^{-1}$), superior aos demais e, com exceção da primeira época, os valores encontrados estão de acordo com os valores médios normalmente verificados pelo cultivar. Para o BRS 220, a diferença entre os lotes foi verificada para a segunda e terceira época de avaliação, as quais apresentaram comportamento semelhante, e os maiores valores $83,9 \text{ kg} \cdot \text{hL}^{-1}$ e $83,4 \text{ kg} \cdot \text{hL}^{-1}$, respectivamente, foram obtidos com o lote colhido às 14 h mecanicamente, diferindo dos demais. Já para o cultivar IPR 85, o

maior valor para a massa hectolétrica foi obtido para o lote colhido mecanicamente às 17 h e o menor para o lote colhido às 11 h, também mecanicamente.

Não foi constatada similaridade entre os resultados de massa de mil sementes e massa hectolétrica para os quatro lotes dos cultivares BRS 208 e BRS 220, sendo que, dentre os lotes destes cultivares, os que foram constatados desempenho superior na avaliação da massa de mil sementes, 14 h colhido manualmente, apresentaram desempenho contrário, sendo classificados como de pior desempenho na avaliação da massa hectolétrica; Smanhotto et al. (2006), também não constataram semelhança, entre tais componentes. Houve coerência entre os resultados destes componentes de produção, massa de mil sementes e massa hectolétrica, apenas para os lotes do cultivar IPR 85, em que os lotes classificados como de desempenho superior e inferior na massa de mil sementes, 17 h e 11 h colhidos mecanicamente, respectivamente, também alcançaram a mesma classificação na massa hectolétrica. Depreende-se deste fato que, associações entre os valores verificados para massa de mil sementes e massa hectolétrica, não são comumente verificadas, pois estes avaliam parâmetros diferentes.

Tabela 10 - Valores médios¹ do componente de produção massa de mil sementes de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Massa Hectolétrica (kg hL ⁻¹)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	77,3 b	80,0 b	82,6	81,1
BRS 208 – 14 h	78,1 a	82,4 a	84,0	82,3
BRS 208 – 14 h (2)	76,7 c	80,7 b	82,1	80,9
BRS 208 – 17 h	77,9 a	80,8 b	83,2	81,9
CV (%)	0,24	0,48	0,97	1,03
D.M.S.	0,54	1,11	-	-
BRS 220 – 11 h	79,3	83,0 a	83,2 a	81,8
BRS 220 – 14 h	79,9	83,9 a	83,4 a	83,6
BRS 220 – 14 h (2)	77,8	81,6 b	81,8 b	81,8
BRS 220 – 17 h	75,3	83,4 a	83,0 a	82,0
CV (%)	3,84	0,52	0,44	0,80
D.M.S.	-	1,22	1,03	-
IPR 85 – 11 h	79,9 b	82,7 b	83,0 c	82,6 b
IPR 85 – 14 h	81,1 a	84,5 ab	84,3 b	84,4 a
IPR 85 – 14 h (2)	80,8 ab	85,0 a	84,4 b	84,5 a
IPR 85 – 17 h	80,7 ab	84,4 ab	85,4 a	85,2 a
CV (%)	0,42	0,78	0,39	0,42
D.M.S.	0,97	1,86	0,94	1,01

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

3.3 Potencial fisiológico

Os dados referentes à germinação dos lotes de sementes encontram-se na Tabela 11. Houve diferença significativa apenas na primeira época de avaliação dos lotes de sementes do cultivar BRS 208, colhidos em horários distintos e, desta maneira, foi constatada a inferioridade do lote colhido às 11 h mecanicamente, ainda assim, com alta capacidade germinativa, 91 %. Para o cultivar BRS 220, a diferença foi constatada na segunda e quarta época de avaliação com destaque para o lote colhido às 14 h, manualmente, como era esperado devido a não exposição de tal lote a danos decorrentes da colheita e debulha mecânicas.

De maneira semelhante à verificada para o cultivar BRS 220, com diferença constatada nas mesmas épocas de avaliação, dentre os lotes de sementes do cultivar IPR 85, o de melhor desempenho foi o colhido às 14 h manualmente, acompanhado do lote colhido às 17 h, mecanicamente. Ressalta-se que esses dois lotes foram colhidos com graus de umidade de 15,5 % e 16,1 %, respectivamente, sendo esses valores inferiores aos que os outros dois lotes foram colhidos, 18,5 % e 17,0 % (para os lotes colhidos mecanicamente às 11 h e 14 h, respectivamente); esses resultados mostram a importância do estudo do momento adequado para a colheita das sementes, considerando as variações diurnas de umidade relativa do ar e temperatura.

Tabela 11 - Valores médios¹ da germinação de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Germinação (%)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	91 b	97	99	94
BRS 208 – 14 h	99 a	97	99	96
BRS 208 – 14 h (2)	97 a	96	99	98
BRS 208 – 17 h	98 a	97	98	95
CV (%)	2,52	2,85	1,23	3,32
D.M.S.	4,02	-	-	-
BRS 220 – 11 h	94	94 b	98	98 ab
BRS 220 – 14 h	93	98 a	98	96 b
BRS 220 – 14 h (2)	96	99 a	99	99 a
BRS 220 – 17 h	96	99 a	98	97 ab
CV (%)	2,85	2,93	1,01	1,90
D.M.S.	-	4,73	-	3,02
IPR 85 – 11 h	93	92 b	98	95 b
IPR 85 – 14 h	93	91 b	98	97 ab
IPR 85 – 14 h (2)	92	97 a	99	99 a
IPR 85 – 17 h	93	98 a	96	98 a
CV (%)	3,97	2,58	2,17	1,83
D.M.S.	-	4,05	-	2,96

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

De forma geral, todos os quatro lotes de sementes dos três cultivares de trigo, estudados mantiveram germinação superior a 94 % durante todo o período de armazenamento em ambiente não controlado, durante 18 meses. Sementes de cereais, como trigo, são mais tolerantes ao armazenamento mesmo em condições de ambiente não controlado, conforme relatado por Delouche et al. (1973); esses autores relataram que, sementes de trigo podem manter capacidade germinativa de até 96 pontos percentuais, por 18 meses, quando armazenadas em condições de ambiente não controlado em regiões tropicais em que a soma da umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C) não ultrapasse 70; sendo tal comportamento

extremamente desejável, ao passo que as empresas produtoras de sementes transferem seu material para as revendas, as quais normalmente não possuem a mesma infraestrutura para armazenamento em condições de temperatura e umidade relativa do ar adequados, como nas empresas. Desta forma, a disponibilidade de materiais resistentes a condições adversas de armazenagem é almejada, para manutenção do potencial fisiológico por períodos longos, para posterior venda aos agricultores. Há de se considerar ainda, a possibilidade de uso das sementes de uma safra anterior que, no caso de material remanescente, normalmente é aproveitado apenas para a venda como grão, obtendo assim menor valor, uma vez que, o armazenamento das sementes é geralmente utilizado apenas para manutenção de estoques no período da entressafra ou para a provisão de quantidades suficientes para atender a demanda de comercialização.

É interessante observar ainda que a ausência de diferenças no potencial germinativo dos lotes de sementes estudados, no que diz respeito à exposição das sementes a ocorrência de danos decorrentes de injúrias causadas pela colheita mecânica, é coerente, tendo em vista o grau de umidade em que os diferentes lotes dos três cultivares de sementes foram colhidos, Tabela 1. Tal fato torna-se mais evidente, principalmente, se considerados os lotes de sementes dos cultivares BRS 220 e IPR 85, que foram colhidos com grau de umidade superior aos lotes de sementes do cultivar BRS 208, estando os valores de acordo com a faixa de umidade indicada como “ideal” para a colheita mecânica de sementes de trigo que, de acordo com Carvalho e Yanai (1976) é o momento em que as sementes apresentam de 21 – 14 % e Portela (2002) que indica o momento de colheita quando as sementes atingem a faixa entre 18 – 16 %.

Os resultados da primeira contagem de germinação, apresentados na Tabela 12, indicaram diferença significativa entre os lotes de sementes do cultivar BRS 208 na primeira época de avaliação, sendo os colhidos às 14h e 17 h, mecanicamente, os que apresentaram maiores valores (92 % e 91 %, respectivamente), diferindo, no entanto, apenas com o lote colhido às 11 h mecanicamente (84 %); embora não tenha diferença entre os lotes de melhor desempenho, 14 h e 17 h colhidos mecanicamente, e o lote colhido manualmente, às 14 h. Para o cultivar BRS 220 a diferença foi observada apenas na segunda época e o lote colhido às 14 h, mecanicamente, foi superior aos demais (98 %); já para o cultivar IPR 85, a primeira contagem de germinação diferenciou níveis de vigor dos quatro lotes em duas épocas distintas de avaliação, segunda e quarta, com destaque para o lote colhido às 14 h manualmente, superior e o colhido às 11 h inferior aos demais.

Deste modo, os dados referentes à primeira contagem de germinação, Tabela 12, apresentaram coerência com os dados do teste de germinação, Tabela 11, não sendo detectadas distinção entre níveis de vigor dos lotes avaliados, com valores médios acima de 84 %. De acordo com Marcos Filho, Cicero e Silva (1987), esse teste possui menor sensibilidade que outros testes para detectar diferenças sutis de vigor, o que explicaria tais resultados; todavia, há de atentar também às condições em que os testes, germinação e primeira contagem, são conduzidos, as quais são as mais adequadas possíveis de temperatura e umidade, possibilitando ao lote a manifestação do potencial máximo para produzir plântulas normais (MARCOS FILHO, 1999a).

Tabela 12 - Valores médios¹ da primeira contagem de germinação de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Primeira Contagem de Germinação (%)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	84 b	94	98	92
BRS 208 – 14 h	92 a	93	97	94
BRS 208 – 14 h (2)	86 ab	94	98	98
BRS 208 – 17 h	91 a	94	98	93
CV (%)	4,43	3,53	3,11	4,06
D.M.S.	6,48	-	-	-
BRS 220 – 11 h	89	93 b	98	98
BRS 220 – 14 h	85	98 a	98	96
BRS 220 – 14 h (2)	85	97 ab	98	98
BRS 220 – 17 h	91	97 ab	97	95
CV (%)	4,84	2,80	1,77	2,82
D.M.S.	-	4,48	-	-
IPR 85 – 11 h	77	87 b	96	90 b
IPR 85 – 14 h	84	88 b	92	92 ab
IPR 85 – 14 h (2)	85	96 a	95	96 a
IPR 85 – 17 h	84	97 a	93	92 ab
CV (%)	7,84	3,29	3,91	3,72
D.M.S.	-	5,02	-	5,73

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h.

Os resultados do teste de emergência de plântulas em casa de vegetação são apresentados na Tabela 13. Não foram verificadas associações entre os resultados do teste padrão de germinação, Tabela 11, e a emergência de plântulas.

Embora todos os lotes de sementes tenham mantido alto desempenho mesmo após 18 meses de armazenamento, constatado pelo teste de emergência de plântulas, pode-se notar um acréscimo na porcentagem de plântulas normais obtidas na segunda época de avaliação em relação à primeira época, com posterior decréscimo na terceira época, seguido de novo aumento na quarta época de avaliação. Tal fato pode ser explicado em virtude das condições ambientais ocorridas durante a condução das diferentes épocas de avaliação do teste, através

das Figuras 6 e 7, pelas quais, nota-se que durante a primeira e a terceira época de avaliação, conduzidas entre os dias 12 a 20 de novembro de 2010 e 30 de setembro a 08 de outubro de 2011, respectivamente, foram observadas oscilações bruscas de temperatura e umidade relativa do ar, as quais não foram observadas na segunda e quarta época de condução do teste; flutuações na temperatura pode afetar negativamente a germinação de sementes de trigo, conforme relato de Buriro et al. (2011). Considerando que a germinação envolve uma sequência ordenada de eventos metabólicos que resultam no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (MARCOS FILHO, 1986), pode-se inferir que tal processo ocorre mediante uma sucessão de reações químicas, que possuem exigências próprias quanto à temperatura, sobretudo por dependerem da atividade de sistemas enzimáticos específicos (MARCOS FILHO, 2005), bem como, simplesmente, afetar negativamente a absorção de água (ESSEMINE et al., 2002). Esse fato contribui para reduções na germinação, uma vez que a captação de água é indispensável para a retomada das atividades metabólicas essenciais para a germinação (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1963; BEWLEY; BLACK, 1985; MARCOS FILHO, 2005).

Ainda assim, os quatro lotes de sementes dos três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários, em todas as épocas de avaliações, apresentaram alto vigor, acima de 92 % para os cultivares BRS 208 e IPR 95 e acima de 87 % para o cultivar BRS 220, o que está de acordo com Burris (1976); Schuch e Lin (1982); TeKrony, Egli e Wickham (1989); TeKrony e Egli (1991), os quais relataram que o alto vigor das sementes pode influir positivamente na emergência de plântulas.

Tabela 13 - Valores médios¹ da emergência de plântulas de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Emergência de Plântulas (%)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	94	94 ab	97	96
BRS 208 – 14 h	95	97 ab	97	93
BRS 208 – 14 h (2)	95	98 a	99	99
BRS 208 – 17 h	92	93 b	98	96
CV (%)	4,59	2,76	1,98	6,36
D.M.S.	-	4,38	-	-
BRS 220 – 11 h	91 ab	96	93 b	94 ab
BRS 220 – 14 h	87 b	98	97 a	94 ab
BRS 220 – 14 h (2)	98 a	99	99 a	99 a
BRS 220 – 17 h	98 a	95	97 a	93 b
CV (%)	6,68	3,12	2,37	3,68
D.M.S.	10,38	-	3,81	5,84
IPR 85 – 11 h	91 c	93 b	93 c	97
IPR 85 – 14 h	96 ab	97 ab	96 b	99
IPR 85 – 14 h (2)	99 a	99 a	99 a	99
IPR 85 – 17 h	92 bc	98 ab	96 b	97
CV (%)	2,95	3,18	1,49	3,17
D.M.S.	4,63	5,13	2,43	-

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h.

Em relação ao índice de velocidade de emergência, Tabela 14, os resultados apresentados não destacaram a superioridade de nenhum dos lotes do cultivar BRS 208. Para o BRS 220; houve diferença, não muito evidente, na identificação do melhor lote, contudo os lotes colhidos às 14 h mecanicamente, primeira época, e às 11 h mecanicamente, terceira época, foram inferiores aos demais lotes. Para o IPR 85, o lote colhido manualmente, às 14 h, foi superior, com diferenças observadas na primeira e segunda época de avaliação, e o lote colhido às 11 h com pior desempenho. A observação referente ao cultivar IPR 85 foi similar à observada pelo teste de primeira contagem de germinação, que mensura, indiretamente, a velocidade de germinação, pois de acordo com Nakagawa (1999), a primeira

contagem de germinação normalmente é mais sensível para identificar diferenças de vigor entre lotes que a velocidade de germinação, ainda que, a velocidade de emergência de plântulas seja um dos mais antigos conceitos de vigor de plântulas (MAGUIRE, 1962), confirmando assim, a sensibilidade de tais testes na classificação de lotes de sementes em diferentes níveis de vigor, mesmo em lotes de sementes de alto potencial fisiológico, como os avaliados nessa pesquisa.

Por outro lado, embora os quatro lotes de sementes, dos três cultivares estudados, apresentassem alto desempenho, a ausência de diferenças marcantes entre os lotes, detectados pelos testes de primeira contagem de germinação, Tabela 12, e índice de velocidade de emergência de plântulas, Tabela 14, é coerente devido à uniformização adequada do grau de umidade entre os lotes de sementes, nas diferentes épocas de avaliação, Tabela 7. Sabe-se que sementes mais úmidas, dentro de certos limites, podem apresentar germinação mais rápida, logo, rápido desenvolvimento inicial das plântulas (MARCOS FILHO, 2005), mesmo em condições não ótimas, como as necessárias para a condução do teste padrão de germinação e também, devido ao grau de umidade em que as sementes foram colhidas, os quais estão entre os limites, constatados na literatura, como “ideal”, conforme destacado anteriormente.

Tabela 14 - Valores médios¹ do índice de velocidade de emergência plântulas provenientes de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Índice de Velocidade de Emergência			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	13,31	12,25	15,89	15,17
BRS 208 – 14 h	13,57	12,42	15,93	14,82
BRS 208 – 14 h (2)	12,02	12,39	16,31	14,77
BRS 208 – 17 h	12,24	11,35	16,02	14,56
CV (%)	11,24	6,30	2,67	8,41
D.M.S.	-	-	-	-
BRS 220 – 11 h	12,75 a	12,21	15,23 b	15,33
BRS 220 – 14 h	10,75 b	12,87	16,05 a	15,30
BRS 220 – 14 h (2)	13,70 a	13,25	16,42 a	15,60
BRS 220 – 17 h	14,00 a	12,27	16,00 a	14,68
CV (%)	9,82	6,25	2,44	4,45
D.M.S.	2,09	1,31	0,65	-
IPR 85 – 11 h	12,16 b	11,70 b	14,79	14,95
IPR 85 – 14 h	13,31 ab	12,39 ab	15,50	15,30
IPR 85 – 14 h (2)	13,76 a	12,72 a	15,86	15,79
IPR 85 – 17 h	12,56 b	12,75 a	15,15	15,10
CV (%)	5,60	4,11	4,32	4,23
D.M.S.	1,21	0,84	-	-

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h da manhã; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h.

A detecção do processo de deterioração pelos testes que avaliam, direta ou indiretamente, a velocidade da germinação é de suma importância, pois no processo de deterioração, se considerada uma sequência hipotética, o declínio da velocidade de emergência de plântulas é o primeiro indício fisiológico da queda do vigor, causado pela desorganização do sistema de membranas, seguido da redução da velocidade de crescimento (DELOUCHE; BASKIN, 1973; MARCOS FILHO, 2005). Segundo TeKrony, Egli e Wickham (1989); TeKrony e Egli (1991), as reservas armazenadas nas sementes são importantes apenas para o crescimento inicial das plântulas, o que ocorre durante um período relativamente reduzido após a emergência, pois essa influência não persiste até o final do ciclo, o que foi

confirmado por Schuch et al. (2000) com aveia-preta e Mondo et al. (2012) com milho. Tal afirmação é divergente entre os pesquisadores; todavia, de acordo com Marcos Filho (2005) apenas o efeito do vigor das sementes sobre a emergência de plântulas, o estabelecimento do estande e o crescimento inicial de plântulas já é suficiente para justificar o uso de lotes de sementes com alto vigor, que proporcionem emergência rápida e uniforme de plântulas em condições climáticas menos favoráveis de campo.

Aliado a este fato, atributos iniciais vantajosos que beneficiem o desenvolvimento são extremamente desejáveis, uma vez que, sementes vigorosas expressam relações positivas na velocidade de emergência de plântulas, emergência total de plântulas, estabelecimento de estande adequados e tamanho inicial de plântulas, o qual também é almejado, pois é no período vegetativo inicial que, comumente, se estabelecem as relações definitivas de competição entre plantas daninhas e cultivadas (EDJE; BURRIS, 1971; NAKAGAWA; MACHADO; ROSOLEM, 1985; TEKRONY; EGLI, 1991; VANZOLINI; CARVALHO, 2002; RIGOLI et al., 2009). Deve-se considerar também que, caso ocorram falhas no estabelecimento do estande, pode haver a necessidade de ressemeadura da área, o que certamente acarretaria inúmeros problemas para os agricultores, pois desse modo, é imprescindível que se faça novo preparo da área para semeadura, com consequentes gastos adicionais no uso de implementos e insumos, como herbicidas, fertilizantes e sementes e, neste caso, o agricultor pode não encontrar, novamente disponível para aquisição, o cultivar desejado para ressemeadura; evidencia-se também, a questão do zoneamento climático, fator preponderante na obtenção de financiamentos agrícolas.

O teste de envelhecimento acelerado é, segundo Marcos Filho (2005), dentre os disponíveis, um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de diversas espécies vegetais e expressa a resistência a estresses em que as sementes absorvem água em ambiente com elevados níveis de temperatura e umidade relativa do ar, fatores ambientais de suma importância na intensidade e velocidade de deterioração. Pelo exame da Tabela 15, cultivar BRS 208, verifica-se que o teste detectou diferenças apenas na segunda época de avaliação, com destaque para o lote colhido manualmente, às 14 h, de maior vigor (96 %), diferindo apenas do lote colhido no mesmo horário, porém mecanicamente (83 %).

Pela germinação após envelhecimento acelerado, cultivar BRS 220, os lotes colhidos mecanicamente às 11 h e 17 h, foram inferiores aos demais; também foram verificadas reduções no vigor ao longo do armazenamento (valores médios das diferentes épocas de avaliações), constatadas principalmente em lotes colhidos às 11h e 17 h. Já para o IPR 85, bem como o BRS 208, não houve redução no vigor durante o armazenamento e o teste identificou o lote colhido manualmente como superior aos demais; todavia houve variações quanto à indicação do lote de menor potencial fisiológico.

Tabela 15 - Valores médios¹ do envelhecimento acelerado de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Envelhecimento Acelerado (%)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	95	90 ab	93	92
BRS 208 – 14 h	96	83 b	96	93
BRS 208 – 14 h (2)	99	96 a	97	94
BRS 208 – 17 h	98	91 ab	95	92
CV (%)	2,87	7,30	3,01	4,31
D.M.S.	-	10,93	-	-
BRS 220 – 11 h	94 b	90 b	94	82 b
BRS 220 – 14 h	98 a	94 a	94	97 a
BRS 220 – 14 h (2)	97 ab	94 a	98	97 a
BRS 220 – 17 h	95 ab	85 c	94	88 b
CV (%)	2,12	2,73	4,25	4,45
D.M.S.	3,39	4,01	-	6,76
IPR 85 – 11 h	92 bc	89 b	90 b	92 b
IPR 85 – 14 h	86 c	92 ab	96 a	93 b
IPR 85 – 14 h (2)	98 a	96 a	96 a	98 a
IPR 85 – 17 h	95 ab	87 b	94 ab	92 b
CV (%)	4,31	3,74	3,46	2,78
D.M.S.	6,64	5,64	5,39	4,32

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

Esses resultados, com a não diferenciação consistente de níveis de vigor entre os lotes de sementes, podem ser atribuídos primeiramente à ausência de danos mecânicos entre os lotes, conforme citado anteriormente; todavia, há de se considerar também que, nesta pesquisa, a coleta dos lotes de sementes dos três cultivares, foi realizada nas condições “reais” adotadas pela empresa produtora de sementes, sem que houvessem alterações na regulação da máquina colhedora que visassem simular a ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, bem como, antecipação ou retardamento da colheita dos cultivares, para garantia de material colhido com diferenças acentuadas no grau de umidade, pois as colheitas foram realizadas pela Empresa de Sementes Lagoa Bonita.

Na Tabela 16 encontram-se os valores médios do grau de umidade verificado antes e após o envelhecimento acelerado. Nota-se que o grau de umidade inicial das sementes foi semelhante para os quatro lotes de cada um dos três cultivares, fato este considerado importante para a padronização das avaliações e obtenções de resultados confiáveis, que, neste caso, variaram entre 0,1 e 1,9 ponto percentual. Essas diferenças, de 1 a 2 pontos percentuais não são comprometedoras, de acordo com Marcos Filho (1999b).

Contudo, um dos principais indicadores da uniformidade das condições de condução do teste é o grau de umidade das sementes alcançado no final do teste, ou seja, logo após a retirada das caixas plásticas da câmara de envelhecimento, sendo que variações de 3 a 4 pontos percentuais entre amostras são toleráveis (MARCOS FILHO, 1999b). Nessa pesquisa, verifica-se que a variação máxima encontrada foi de 3,4 pontos percentuais (terceira época de avaliação, cultivar IPR 85) e, conseqüentemente, abaixo daquele limite.

Tabela 16 - Valores médios do grau de umidade inicial, primeira, segunda e terceira época de avaliação, obtidos antes e após o teste de envelhecimento acelerado de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários¹. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos	Grau de Umidade - Envelhecimento Acelerado (%)							
	1ª época ²		2ª época		3ª época		4ª época	
	Antes EA	Após EA	Antes EA	Após EA	Antes EA	Após EA	Antes EA	Após EA
BRS 208 – 11h	11,1	26,3	10,6	28,8	11,1	27,6	11,6	28,0
BRS 208 – 14h	10,4	27,3	12,1	29,1	11,1	28,8	11,5	29,6
BRS 208 – 14h (2)	10,3	27,6	11,0	30,9	11,1	27,7	11,5	27,7
BRS 208 – 17h	10,4	28,9	10,2	28,7	10,5	28,5	11,7	29,0
BRS 220 – 11h	10,9	27,2	10,8	30,1	11,6	27,0	11,8	29,0
BRS 220 – 14h	10,4	26,5	11,0	29,2	11,0	28,4	11,7	28,1
BRS 220 – 14h (2)	10,8	26,5	11,2	30,4	10,8	27,3	11,3	27,4
BRS 220 – 17h	10,6	27,5	11,3	30,5	11,5	28,6	11,6	29,2
IPR 85 – 11h	10,6	24,5	11,0	29,7	11,0	26,0	11,2	27,6
IPR 85 – 14h	10,7	27,8	11,1	28,4	11,0	25,5	11,3	26,5
IPR 85 – 14h (2)	10,7	26,9	11,3	29,2	10,9	26,4	11,3	28,1
IPR 85 – 17h	10,6	26,6	11,3	28,6	10,8	26,5	11,5	29,9

¹ 11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ² Antes EA – antes do teste de envelhecimento acelerado, no entanto, após uniformização em ambiente não controlado; Após EA – após retirada da câmara de envelhecimento

O teste de condutividade elétrica vem sendo estudado com êxito para avaliar a vigor de sementes várias espécies, especialmente fabáceas, como soja (LOEFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; HAMPTON; JOHNSTONE; EUA-UMPON, 1992; PANOBIANCO; VIEIRA, 1996; CARVALHO et al., 2009), ervilha (CALIARI; MARCOS FILHO, 1990; NASCIMENTO; CICERO, 1991; MIELEZRSKI; MARCOS FILHO, 2013) e feijão (STEERE; LEVENGOOD; BONDIE, 1981; HAMPTON; JOHNSTONE; EUA-UMPON, 1992), por proporcionar resultados reproduzíveis, relacionados, em muitas vezes, com a emergência de plântulas em campo (STEERE; LEVENGOOD; BONDIE, 1981; VIEIRA et al., 1994; BARBIERI et al., 2013), além da facilidade de execução, baixo custo e rapidez (MATTHEWS; POWELL, 1981).

Pelo exame da Tabela 17, a condutividade elétrica diferenciou os lotes do cultivar BRS 208 apenas na primeira época de avaliação, com ênfase para os lotes colhidos às 11 h, colheita mecânica, e às 14 h colheita manual; no que tange aos valores obtidos para o cultivar BRS 220 e IPR 85, os resultados destacaram os lotes colhidos às 17 h e às 11 h, mecanicamente, como os de desempenho inferior, respectivamente e os lotes colhidos às 14 h, colheita manual, como os mais vigorosos para ambos cultivares, sendo que para o BRS 220 também se destacou o lote colhido às 11 h, colheita mecânica.

Tabela 17 - Valores médios¹ da condutividade elétrica de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)			
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época
BRS 208 – 11 h	33,97 a	33,09	34,72	31,66
BRS 208 – 14 h	37,59 b	32,70	36,76	32,36
BRS 208 – 14 h (2)	33,91 a	31,39	33,72	31,20
BRS 208 – 17 h	37,78 b	33,84	35,52	33,58
CV (%)	3,82	5,32	5,43	6,16
D.M.S.	2,28	-	-	-
BRS 220 – 11 h	33,46 ab	31,19 ab	32,80 a	29,27 a
BRS 220 – 14 h	34,38 ab	29,14 a	32,42 a	32,59 b
BRS 220 – 14 h (2)	32,63 a	31,33 ab	33,40 a	31,00 ab
BRS 220 – 17 h	34,82 b	32,16 b	36,89 b	32,00 b
CV (%)	3,41	5,72	5,13	5,16
D.M.S.	1,92	2,95	2,89	2,68
IPR 85 – 11 h	27,32 b	24,18 b	25,70 b	23,38 b
IPR 85 – 14 h	27,57 b	23,24 ab	24,84 ab	23,95 b
IPR 85 – 14 h (2)	22,98 a	21,20 a	21,55 a	20,18 a
IPR 85 – 17 h	25,00 ab	22,28 ab	21,71 a	21,71 ab
CV (%)	6,91	5,58	10,08	7,23
D.M.S.	2,96	2,11	3,93	2,68

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

Tendo em vista que, pela condutividade elétrica, o vigor das sementes é avaliado indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes e, neste caso, os menores valores indicam alto potencial fisiológico, devido menor intensidade de desorganização dos sistemas das membranas celulares, segundo Vieira e Krzyzanowski (1999), esse teste é sensível para detecção de danos mecânicos nas sementes. Assim, os resultados obtidos nessa pesquisa reforçam a ausência de danos mecânicos nos lotes de sementes estudados. Trabalhos com conclusões satisfatórias, nessa linha, foram desenvolvidos por Andrade et al.

(1999) em feijão e por Lopes et al. (2011) em soja, mostrando que a condutividade elétrica pode ser usada na avaliação de danos mecânicos em sementes, com a vantagem adicional do tempo requerido para avaliação, em torno de 24 h, pois conforme alertou Marcos Filho et al. (1990), usualmente as empresas produtoras de sementes exigem a tomada de decisões rápidas, referentes à operação e manejo durante as etapas de colheita, recepção, processamento, armazenamento e comercialização, de modo que a redução do período destinado à avaliação do potencial fisiológico das sementes é uma exigência constante.

Cabe ressalva a respeito da eficiência de tal teste para avaliação do vigor de sementes de trigo. Sabe-se que, embora existam na literatura relatos de pesquisas confirmando a eficiência do teste de condutividade elétrica na diferenciação do vigor de sementes de trigo (SAMIMY, 1992; DRESCH, 2009; MERTZ et al., 2012), o teste de condutividade elétrica costumeiramente não é eficiente para avaliações de gramíneas, como o trigo, pois, nestas espécies, além do eixo embrionário ser de tamanho bastante reduzido, é protegido pelo escutelo e, por isso, exsuda em pequenas quantidades, dificultando assim, a diferenciação, em níveis de vigor; principalmente lotes com alto potencial fisiológico elevado.

Os dados referentes à viabilidade e vigor, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se na Tabela 18. Porém, em virtude da necessidade de ajuste da metodologia a ser utilizada na pesquisa, o teste não foi conduzido na avaliação inicial dos lotes de sementes e os valores expressos são das demais épocas em que o potencial fisiológico das sementes foi avaliado. Um dos benefícios do teste é

possibilitar a avaliação da viabilidade das sementes em período curto de tempo (horas), permitindo ainda, estimar o vigor do lote de sementes.

Para o cultivar BRS 208, diferente dos outros testes como envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, os resultados confirmaram a superioridade do lote colhido às 17 h, colheita mecânica, e os colhidos às 11h e 14 h, colheita também mecânica, como de pior desempenho.

Para os cultivares BRS 220 e IPR 85, os dados confirmaram a superioridade do lote colhido manualmente às 14 h, da mesma forma que os testes de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas em casa de vegetação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, e os lotes de pior desempenho identificados foram os colhidos às 11 h e 17 h, colheita mecânica, sendo o 14 h, colheita mecânica, de vigor médio. Ressalta-se que, os lotes do cultivar BRS 220, 11 h e 17h colhidos mecanicamente, também foram tidos como de menor vigor pelos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica (pior desempenho do lote colhido às 17 h, mecanicamente).

Tabela 18 - Valores médios¹ da viabilidade (Viab.) e vigor avaliados pelo teste de tetrazólio de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Londrina – PR, 2013

Tratamentos ²	Tetrazólio (%)					
	2ª época		3ª época		4ª época	
	Viab.	Vigor	Viab.	Vigor	Viab.	Vigor
BRS 208 – 11 h	98 b	93 bc	98	93 ab	94 b	90 b
BRS 208 – 14 h	99 ab	91 c	98	88 c	93 b	82 c
BRS 208 – 14 h (2)	99 ab	94 b	99	95 a	96 a	91 b
BRS 208 – 17 h	100 a	98 a	99	91 b	97 a	94 a
CV (%)	1,03	1,11	1,11	1,58	1,22	1,40
D.M.S.	1,69	1,73	-	2,41	1,93	2,08
BRS 220 – 11 h	97 b	88 b	97 b	94 b	96 b	81 d
BRS 220 – 14 h	99 a	81 c	97 b	90 c	97 ab	84 c
BRS 220 – 14 h (2)	99 a	96 a	99 a	97 a	99 a	96 a
BRS 220 – 17 h	97 b	82 c	98 ab	89 c	94 b	87 b
CV (%)	0,96	1,78	0,98	1,57	1,74	1,41
D.M.S.	1,58	2,56	1,61	2,42	2,78	2,03
IPR 85 – 11 h	98	90 c	98	94 b	97 ab	92 b
IPR 85 – 14 h	98	94 b	98	95 ab	96 b	92 b
IPR 85 – 14 h (2)	99	97 a	99	97 a	98 a	96 a
IPR 85 – 17 h	97	93 b	98	93 b	96 b	92 b
CV (%)	0,99	1,34	1,26	1,62	1,21	0,94
D.M.S.	-	2,09	-	2,55	1,95	1,46

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

3.4 Análise de imagens

3.4.1 Avaliação do potencial fisiológico incluindo a análise computadorizada de imagens de plântulas por meio do *software* SVIS[®]

A análise computadorizada de imagens de plântulas, na presente pesquisa, foi utilizada com intuito de identificar e quantificar diferenças entre os tratamentos baseadas no crescimento das plântulas.

Nas Tabelas 19 e 20, encontram-se os valores médios obtidos nas quatro épocas de avaliação para índice de uniformidade de crescimento e comprimento de plântulas, obtidos em análises SVIS®.

O índice de uniformidade de crescimento de plântulas é de acordo com Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009), um dos parâmetros de maior importância na determinação do vigor de lotes de sementes. Para os quatro lotes dos três cultivares estudados, não houve diferenciação, em níveis de vigor, com uso de tal parâmetro; tal fato era esperado, pois lotes de sementes com alto potencial fisiológico, normalmente, dão origem a plântulas uniformes. Porém, os valores obtidos indicam consistência entre os resultados em todas as épocas de avaliação, bem como alto índice de uniformidade, tendo em vista que, em uma escala de 0 – 1000, os menores valores obtidos foram de 862 (BRS 208 – 11 h; primeira época de avaliação), 881 (BRS 220 – 14 h(2); segunda época de avaliação) e 809 (IPR 85 – 11 h; primeira época de avaliação). Gomes Junior (2009); Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009) e Yagushi (2012), também relataram a baixa sensibilidade deste parâmetro na separação dos lotes em níveis de vigor.

Ainda pelo exame das Tabelas 19 e 20, o comprimento de plântulas destacou o melhor desempenho dos lotes colhidos mecanicamente às 14 h e 17 h, para o cultivar BRS 208. O maior potencial fisiológico destes lotes foi igualmente evidenciado na primeira contagem de germinação, Tabela 12, e o lote colhido às 17 h pelo teste de tetrazólio, Tabela 17. Para os demais lotes, BRS 220 e IPR 85, a avaliação de tal parâmetro não foi consistente na diferenciação de vigor dos lotes estudados, reforçando então, a dificuldade de ranquear, em níveis de vigor, lotes de sementes com alto potencial fisiológico.

A avaliação do vigor de lotes de sementes por meio de testes que avaliam o comprimento de plântulas é recomendada pela AOSA, Association of Official Seed Analysts, e pela ISTA, International Seed Testing Association; entre as principais vantagens de tais testes, destacam-se a rapidez e o baixo custo e com isso, a análise automatizada, quando comparada a manual, apresenta ainda a vantagem da obtenção de dados mais precisos, através da eliminação da subjetividade das avaliações baseadas na observação visual do analista; fato bem destacado por Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009).

No que se refere ao índice de vigor, Tabelas 21 e 22, que é resultante da combinação entre os índices de crescimento (IC) e de uniformidade (IU), que podem variar de um valor mínimo de zero a um máximo de 1000 (HOFFMASTER et al., 2005; MARCOS FILHO et al., 2006), foram testadas três combinações para composição do índice de vigor, IV30/70, IV50/50 e IV70/30, descritas anteriormente. Para o cultivar BRS 208, houve diferença na primeira e quarta época de avaliação, sendo as combinações IV70/30 e IV50/50 as que melhor diferenciaram os lotes quanto ao vigor na primeira e quarta época de avaliação, sendo as combinações IV70/30 e IV50/50 as que melhor diferenciaram os lotes quanto ao vigor na primeira época de avaliação; na quarta época as três combinações identificaram o lote colhido às 11 h, colheita mecânica, como de pior desempenho, sem, no entanto, definir claramente o de melhor desempenho.

Observa-se ainda pelo exame das Tabelas 21 e 22, que para o cultivar BRS 220, de forma equivalente ao obtido para o cultivar BRS 208, a primeira época de avaliação indicou as combinações IV70/30 e IV50/50, como as que forneceram

resultados mais consistentes na diferenciação dos lotes e o colhido às 14 h, mecanicamente, como de maior vigor em relação aos demais. Todavia, as diferenças encontradas na terceira e quarta época de avaliação, mostraram-se controversas, elencando o lote colhido às 14 h, manualmente, e o colhido às 11 h, mecanicamente, como de maior e pior vigor, respectivamente, na terceira época de avaliação e, não obstante, resultado inverso na quarta época de avaliação, com o lote colhido manualmente às 14 h, como de pior desempenho e o colhido às 11 h, mecanicamente, como de melhor desempenho.

Para o cultivar IPR 85, as três combinações foram eficientes no apontamento do melhor e pior lote, sendo os colhidos mecanicamente às 17 h e 11 h, respectivamente (primeira época de avaliação); tais lotes também foram ranqueados dessa forma pelo teste de condutividade elétrica. Uma vez que, as combinações estudadas não contribuíram efetivamente para a melhoria da sensibilidade, a proporção IV70/30, que é usada por proporcionar resultados mais consistentes na avaliação do vigor de sementes de outras espécies (SILVA; CICERO; GOMES JUNIOR, 2013), pode ser recomendado com sucesso para normalizar a composição do cálculo do índice vigor para sementes de trigo.

Devido os motivos já discutidos anteriormente, como ausência de danos mecânicos e uso de lotes de sementes de alto potencial fisiológico, com germinação superior a 91% e vigor elevado, não seria coerente estimar diferenças acentuadas entre os lotes avaliados, diferenças essas, que não foram obtidas de maneira clara, mesmo com o uso de outros testes tradicionalmente utilizados. Ainda assim, a eficiência da avaliação do potencial fisiológico de sementes com uso do SVIS, é bem

documentada na literatura, como para milho (OTONI; McDONALD, 2005), milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009), pepino (CHIQUITTO; GOMES JUNIOR; MARCOS FILHO, 2012), crotalária (SILVA et al., 2012), mamona (KOBORI et al., 2010), soja (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009) e mesmo sementes de trigo (SILVA; GOMES JUNIOR; CICERO, 2012). Assim, a utilização da análise de imagens de plântulas com uso do software SVIS[®] para avaliação da resposta de diferentes lotes de sementes é alternativa promissora e seu uso em estudos com lotes de sementes de elevado potencial fisiológico merece consideração em pesquisas futuras.

Tabela 19 - Valores médios¹ obtidos na primeira e segunda época de avaliação para índice de uniformidade de crescimento e comprimento de plântulas, obtidos em análises SVIS® (após germinação), de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos ²	Primeira época		Segunda época	
	Uniformidade	Comprimento	Uniformidade	Comprimento
		(cm)		(cm)
BRS 208 – 11 h	862	6,39 b	904	7,31
BRS 208 – 14 h	881	7,43 a	891	8,14
BRS 208 – 14 h (2)	864	5,60 b	882	7,57
BRS 208 – 17 h	868	7,47 a	882	7,99
CV (%)	2,59	9,38	2,91	11,95
D.M.S.	–	0,91	–	–
BRS 220 – 11 h	905	7,19 b	882 b	8,14
BRS 220 – 14 h	913	7,99 ab	908 ab	8,32
BRS 220 – 14 h (2)	882	6,60 b	881 b	7,45
BRS 220 – 17 h	894	7,17 b	933 a	7,84
CV (%)	3,03	8,26	2,70	11,21
D.M.S.	–	0,86	35,16	–
IPR 85 – 11 h	809 b	4,00 b	862	7,19 ab
IPR 85 – 14 h	849 a	5,10 ab	866	6,61 b
IPR 85 – 14 h (2)	851 a	4,83 ab	890	7,73 a
IPR 85 – 17 h	883 a	5,91 a	857	6,77 b
CV (%)	2,86	17,05	3,12	9,20
D.M.S.	35,07	1,22	–	0,94

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

Tabela 20 - Valores médios¹ obtidos na terceira e quarta época de avaliação para índice de uniformidade de crescimento e comprimento de plântulas, obtidos em análises SVIS[®] (após germinação), de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos	Terceira época		Quarta época	
	Uniformidade	Comprimento (cm)	Uniformidade	Comprimento (cm)
BRS 208 – 11h	882	6,29	878	6,41 b
BRS 208 – 14h	898	6,48	890	7,58 a
BRS 208 – 14h (2)	893	6,41	878	6,94 ab
BRS 208 – 17h	902	6,19	897	7,50 a
CV (%)	2,10	5,93	2,78	6,58
D.M.S.	–	–	–	0,67
BRS 220 – 11h	907	6,00 b	927 a	7,53
BRS 220 – 14h	904	6,17 ab	930 a	6,89
BRS 220 – 14h (2)	921	6,47 ab	895 b	6,84
BRS 220 – 17h	925	6,61 a	912 ab	7,02
CV (%)	2,37	6,37	2,37	7,23
D.M.S.	–	0,58	31,42	–
IPR 85 – 11h	872	5,84 ab	872	6,62 a
IPR 85 – 14h	855	5,51 ab	857	5,71 b
IPR 85 – 14h (2)	877	5,18 b	872	5,92 ab
IPR 85 – 17h	848	6,13 a	866	6,23 ab
CV (%)	3,03	10,06	3,15	8,30
D.M.S.	–	0,82	–	0,73

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

Tabela 21 - Valores médios¹ obtidos para os índices de vigor, na avaliação inicial e primeira época de avaliação, através da análise SVIS[®] (após germinação), de sementes de trigo em função dos horários de colheita. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos	Primeira época de avaliação			Segunda época de avaliação		
	Índice de Vigor			Índice de Vigor		
	70 IC + 30 IU	50 IC + 50 IU	30 IC + 70 IU	70 IC + 30 IU	50 IC + 50 IU	30 IC + 70 IU
BRS 208 – 11h	738 a	773 a	809 ab	787	821	854
BRS 208 – 14h	761 a	795 a	829 a	843	857	871
BRS 208 – 14h (2)	664 b	722 b	779 b	792	818	843
BRS 208 – 17h	797 a	817 a	838 a	824	841	857
CV (%)	6,15	4,53	3,28	7,57	6,02	4,63
D.M.S.	65,74	50,78	38,51	-	-	-
BRS 220 – 11h	779 b	815 b	851 ab	853	862	870
BRS 220 – 14h	842 a	862 a	882 a	850	867	883
BRS 220 – 14h (2)	728 c	772 b	816 b	789	816	842
BRS 220 – 17h	780 b	812 b	895 ab	820	853	885
CV (%)	4,58	3,78	3,25	6,82	5,39	4,12
D.M.S.	51,7	44,5	39,9	-	-	-
IPR 85 – 11h	555 b	627 b	700 c	769	796	823
IPR 85 – 14h	620 ab	685 ab	751 ab	739	776	812
IPR 85 – 14h (2)	605 ab	675 ab	746 bc	804	829	853
IPR 85 – 17h	681 a	739 a	796 a	756	785	814
CV (%)	10,20	7,02	4,62	6,53	5,22	4,13
D.M.S.	90,61	69,13	49,97	-	-	-

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

Tabela 22 - Valores médios¹ obtidos para os índices de vigor, na segunda e terceira épocas de avaliação, através da análise SVIS[®] (após germinação), de sementes de trigo em função dos horários de colheita. Piracicaba – SP, 2013

Tratamentos	Terceira época de avaliação			Quarta época de avaliação		
	Índice de Vigor			Índice de Vigor		
	70 IC + 30 IU	50 IC + 50 IU	30 IC + 70 IU	70 IC + 30 IU	50 IC + 50 IU	30 IC + 70 IU
BRS 208 – 11h	712	761	809	718 c	764 b	810 b
BRS 208 – 14h	720	771	822	811 a	834 a	856 a
BRS 208 – 14h (2)	660	726	793	756 bc	791 ab	826 ab
BRS 208 – 17h	717	770	823	802 ab	830 a	857 a
CV (%)	7,31	5,15	3,44	4,72	3,46	2,67
D.M.S.	-	-	-	52,56	50,34	40,5
BRS 220 – 11h	688 b	750 b	813	813 a	846 a	878 a
BRS 220 – 14h	699 ab	758 ab	816	753 b	803 b	854 ab
BRS 220 – 14h (2)	737 a	789 a	842	749 b	791 b	833 b
BRS 220 – 17h	732 a	787 ab	842	775 ab	815 ab	854 ab
CV (%)	4,32	3,43	2,80	4,21	3,41	2,80
D.M.S.	44,59	38,16	-	47,01	40,0	34,52
IPR 85 – 11h	676	732	788	732	772	812
IPR 85 – 14h	655	712	770	679	730	781
IPR 85 – 14h (2)	687	741	795	678	734	789
IPR 85 – 17h	630	692	754	706	752	798
CV (%)	6,23	4,81	3,79	5,97	4,66	3,73
D.M.S.	-	-	-	-	-	-

¹Médias comparadas dentro de cada coluna (teste de Duncan, $p \leq 0,05$); ²11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h

3.4.2 Avaliação da ocorrência de injúrias mecânicas

Nas Tabelas 23, 24, 25 e 26 encontram-se, os resultados da avaliação da ocorrência de injúrias mecânicas com uso da técnica de raios X, nas quatro épocas de avaliação. Observa-se que o número de sementes com injúrias internas variou conforme a classificação das injúrias, dentro de cada lote, no entanto, 97,48% das sementes avaliadas (9.358 de um total de 9.600), enquadraram-se na classificação 1.1, ou seja, não sofreram qualquer tipo de injúria decorrente da colheita mecanizada.

De forma generalizada, não foi constatada ocorrência marcante de injúrias mecânicas nos quatro lotes de sementes dos três cultivares avaliados, nas quatro épocas de avaliação. Deste modo, optou-se em realizar uma análise conjunta das quatro épocas para cada nota. Assim, na Tabela 27, estão os valores referentes à ocorrência de cada uma das oito combinações resultantes, para cada lote dos cultivares estudados; não foi considerada, nessa análise, a combinação 1.1, ausência de injúrias mecânicas, pois em um total de 200 sementes de cada lote, a maior incidência de injúrias mecânicas, quando observada, foi de nove sementes para os cultivares BRS 220 – 17h, BRS 208 – 11h e BRS 208 – 17h na primeira, segunda e terceira época de avaliação, respectivamente.

Para o cultivar BRS 208, dentre as injúrias mecânicas verificadas, a maior incidência foi com a combinação 2.1, injúria não severa no endosperma e ausente no eixo embrionário, com 21 ocorrências, em um total de 3.200 sementes analisadas. Após a germinação, essas sementes originaram um total de 19 plântulas normais, uma plântula anormal e uma semente morta. Em seguida, a combinação 2.2, injúria não severa no endosperma e não severa no eixo embrionário, foi a de maior ocorrência e

no total de 18 sementes originaram: 14 plântulas normais, três plântulas anormais e uma semente morta. A combinação 3.3, injúria severa no endosperma e severa no eixo embrionário, ficou na quarta posição e, em um total de 16 ocorrências, resultou em duas plântulas normais, sete anormais e sete sementes mortas.

Para o BRS 220, as combinações seguiram a seguinte ordem decrescente de ocorrência: $2.2 = 3.3 > 2.1 > 1.2 > 3.1 > (1.3 = 2.3 = 3.2)$. As notações de maior ocorrência, 2.2, injúria não severa no endosperma e não severa no eixo embrionário e 3.3, injúria severa no endosperma e severa no eixo embrionário, originaram, após a germinação: seis plântulas normais, cinco plântulas anormais e uma semente morta e quatro plântulas anormais e oito sementes mortas, respectivamente.

De modo semelhante ao observado para o cultivar BRS 208, a combinação 2.1 também foi a mais frequente para o IPR 85, resultando em 16 plântulas normais, duas plântulas anormais e uma semente morta, de um total de 19 ocorrências. No geral as combinações seguiram a seguinte ordem decrescente: $2.1 > 3.3 > 2.3 > (2.2 = 3.2) > (1.2 = 1.3)$; nenhuma semente enquadrou-se na classificação 3.1, injúria severa no endosperma e ausente no eixo embrionário.

Embora o teste de raios X tenha sido eficiente para avaliação de injúrias mecânicas nos quatro lotes de sementes dos três cultivares avaliados, não foi possível estabelecer relação com entre a ocorrência das injúrias e os diferentes horários de colheita mecânica, com variações no grau de umidade das sementes ao longo do dia, pois não houve variação no percentual de sementes injuriadas entre os lotes de sementes de um mesmo cultivar, nas quatro épocas de avaliação, evidenciando a importância da colheita mecânica no ponto “ideal”, em adição à regulação adequada

das colhedoras, medidas cruciais para obtenção de material com potencial fisiológico elevado. Há de considerar também, a baixa incidência de injúrias mecânicas em sementes endospermáticas, tendo em vista que, nestas espécies o eixo embrionário é protegido pelo escutelo, pericarpo e aleurona; tal fato foi relatado em pesquisa semelhante, com sementes de milho doce, por Gomes Junior, (2009). Também não foi constatada intensificação dos sintomas durante o período de armazenamento das sementes, que foi de 18 meses.

Tabela 23 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(continua)

Tratamentos ¹	Primeira época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									NA ⁴
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
BRS 208 – 11h	194	1	–	1	2	1	–	–	–	1
BRS 208 – 14h	192	2	–	2	2	–	–	–	2	-
BRS 208 – 14h (2)	194	2	–	2	2	–	–	–	–	-
BRS 208 – 17h	194	2	–	1	1	–	–	–	2	-
Total	774	7	–	6	7	1	–	–	4	1
Plântulas normais	774	7	–	6	6	1	–	–	–	-
Plântulas anormais	–	–	–	–	–	–	–	–	2	-
Sementes mortas	–	–	–	–	1	–	–	–	2	1
BRS 220 – 11h	198	–	–	–	1	–	–	–	–	1
BRS 220 – 14h	196	–	–	1	–	–	1	–	1	1
BRS 220 – 14h (2)	195	1	–	2	1	–	–	–	–	1
BRS 220 – 17h	191	–	–	1	–	–	2	–	3	3
Total	780	1	–	4	2	–	3	–	4	6
Plântulas normais	780	1	–	4	1	–	3	–	–	–
Plântulas anormais	–	–	–	–	1	–	–	–	1	2
Sementes mortas	–	–	–	–	–	–	–	–	3	4

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 23 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários de colheita. Piracicaba, SP – 2013

(conclusão)										
Tratamentos ¹	Primeira época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									NA ⁴
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
IPR 85 – 11h	196	1	–	–	–	–	–	1	2	–
IPR 85 – 14h	196	–	–	2	–	–	–	1	–	1
IPR 85 – 14h (2)	196	–	–	2	–	–	–	–	–	1
IPR 85 – 17h	197	–	–	1	–	–	–	1	–	1
Total	786	1	–	5	–	–	–	3	2	3
Plântulas normais	786	1	–	4	–	–	–	1	–	–
Plântulas anormais	–	–	–	1	–	–	–	1	2	1
Sementes mortas	–	–	–	–	–	–	–	1	–	2

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 24 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(continua)

Tratamentos ¹	Segunda época de avaliação									NA ⁴
	Notas ^{2,3}									
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
BRS 208 – 11h	191	2	–	1	1	–	–	–	1	4
BRS 208 – 14h	192	–	–	4	1	–	–	–	2	1
BRS 208 – 14h (2)	195	1	–	–	2	1	1	–	–	–
BRS 208 – 17h	196	–	1	–	1	–	–	1	–	1
Total	774	3	1	5	5	1	1	1	3	6
Plântulas normais	774	1	1	5	4	–	1	1	1	–
Plântulas anormais	–	2	–	–	1	–	–	–	2	2
Sementes mortas	–	–	–	–	–	1	–	–	–	4
BRS 220 – 11h	196	–	–	–	1	1	–	1	–	1
BRS 220 – 14h	198	–	–	1	–	–	–	–	–	1
BRS 220 – 14h (2)	194	4	–	–	1	–	–	–	–	1
BRS 220 – 17h	193	–	1	–	3	–	–	1	1	1
Total	781	4	1	1	5	1	–	2	1	4
Plântulas normais	–	3	–	1	3	–	–	1	–	–
Plântulas anormais	–	1	–	–	1	–	–	–	1	–
Sementes mortas	–	–	1	–	1	1	–	1	–	4

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 24 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

Tratamentos ¹	Segunda época de avaliação									(conclusão)
	Notas ^{2,3}									
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	NA ⁴
IPR 85 – 11h	194	–	–	1	–	2	–	–	1	2
IPR 85 – 14h	193	1	1	2	1	1	–	–	1	–
IPR 85 – 14h (2)	195	1	–	1	1	1	–	–	–	1
IPR 85 – 17h	196	–	1	2	–	–	–	–	–	–
Total	779	2	2	6	2	4	–	–	2	3
Plântulas normais	779	2	1	5	1	2	–	–	–	–
Plântulas anormais	–	–	1	–	1	2	–	–	1	2
Sementes mortas	–	–	–	1	–	–	–	–	1	1

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 25 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(continua)

Tratamentos ¹	Terceira época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	NA ⁴
BRS 208 – 11h	193	1	–	2	1	–	2	–	–	1
BRS 208 – 14h	197	1	–	1	–	–	–	–	1	–
BRS 208 – 14h (2)	193	1	–	1	1	–	–	–	1	1
BRS 208 – 17h	191	2	2	–	2	1	–	–	2	2
Total	774	5	2	4	4	1	2	–	4	4
Plântulas normais	773	5	–	4	3	–	1	–	1	–
Plântulas anormais	1	–	–	–	1	–	1	–	1	4
Sementes mortas	–	–	2	–	–	1	–	–	2	–
BRS 220 – 11h	199	–	–	1	–	–	–	–	–	–
BRS 220 – 14h	193	1	–	1	2	–	–	1	–	2
BRS 220 – 14h (2)	196	1	1	–	–	–	–	–	–	1
BRS 220 – 17h	196	–	–	–	–	1	–	–	2	1
Total	785	2	1	2	2	1	–	1	2	4
Plântulas normais	784	2	–	2	1	–	–	1	–	–
Plântulas anormais	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1
Sementes mortas	–	–	1	–	–	–	–	–	2	3

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 25 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(conclusão)										
Tratamentos ¹	Terceira época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									NA ⁴
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
IPR 85 – 11h	194	–	–	–	1	–	–	2	2	1
IPR 85 – 14h	194	–	1	1	–	–	–	–	1	1
IPR 85 – 14h (2)	196	–	–	1	1	–	–	–	–	1
IPR 85 – 17h	195	1	–	1	1	–	–	–	1	–
Total	783	1	1	3	3	–	–	2	4	3
Plântulas normais	781	1	–	3	1	–	–	–	1	–
Plântulas anormais	2	–	1	–	1	–	–	2	1	2
Sementes mortas	–	–	–	–	1	–	–	–	2	1

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 26 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(continua)

Tratamentos ¹	Quarta época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									NA ⁴
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
BRS 208 – 11h	196	–	–	2	1	–	1	–	–	–
BRS 208 – 14h	195	–	1	2	–	–	–	–	2	–
BRS 208 – 14h (2)	195	1	1	1	1	1	–	–	–	–
BRS 208 – 17h	192	1	2	1	–	–	1	–	3	–
Total	778	2	4	6	2	1	2	–	5	–
Plântulas normais	775	1	2	4	1	–	2	–	–	–
Plântulas anormais	3	1	1	1	1	1	–	–	2	–
Sementes mortas	–	–	1	1	–	–	–	–	3	–
BRS 220 – 11h	195	–	–	1	–	–	2	–	2	–
BRS 220 – 14h	195	–	–	1	–	–	–	–	2	2
BRS 220 – 14h (2)	196	1	–	–	1	1	–	–	–	1
BRS 220 – 17h	194	–	1	–	2	–	–	–	1	2
Total	780	1	1	2	3	1	2	–	5	5
Plântulas normais	779	1	–	2	1	–	2	–	–	–
Plântulas anormais	1	–	–	–	2	–	–	–	2	3
Sementes mortas	–	–	1	–	–	1	–	–	3	2

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 26 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e as respectivas notas baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

(conclusão)										
Tratamentos ¹	Quarta época de avaliação									
	Notas ^{2,3}									NA ⁴
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
IPR 85 – 11h	195	–	–	1	–	–	–	–	2	1
IPR 85 – 14h	194	–	–	1	–	1	–	–	1	2
IPR 85 – 14h (2)	196	–	1	1	–	–	–	–	–	1
IPR 85 – 17h	195	–	–	2	–	1	–	–	–	1
Total	784	–	1	5	–	2	–	–	3	5
Plântulas normais	782	–	–	4	–	1	–	–	–	–
Plântulas anormais	1	–	–	1	–	1	–	–	–	3
Sementes mortas	1	–	1	–	–	–	–	–	3	2

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ³As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente;

⁴NA – Não avaliado devido à má formação da semente

Tabela 27 – Número de sementes avaliadas pelo teste de raios X e a ocorrência com base nas respectivas notas, baseadas na presença ou ausência de injúrias no endosperma e/ou eixo embrionário, de quatro lotes de sementes de três cultivares de trigo, colhidos em diferentes horários. Piracicaba, SP – 2013

Tratamentos ¹	Ocorrência ²								Total ⁵
	Notas ^{3,4}								
	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
BRS 208 – 11h	4	–	6	5	1	3	–	1	20
BRS 208 – 14h	3	1	9	3	–	–	–	7	23
BRS 208 – 14h (2)	5	1	4	6	2	1	–	1	20
BRS 208 – 17h	5	5	2	4	1	1	1	7	26
Total	17	7	21	18	4	5	1	16	–
BRS 220 – 11h	–	–	2	2	1	2	1	2	10
BRS 220 – 14h	1	–	4	2	–	1	1	3	12
BRS 220 – 14h (2)	7	1	2	3	1	–	–	–	14
BRS 220 – 17h	–	2	1	5	1	2	1	7	19
Total	8	3	9	12	3	5	3	12	–
IPR 85 – 11h	1	–	2	1	2	–	3	7	16
IPR 85 – 14h	1	2	6	1	2	–	1	3	16
IPR 85 – 14h (2)	1	1	5	2	1	–	–	–	10
IPR 85 – 17h	1	1	6	1	1	–	1	1	12
Total	4	4	19	5	6	–	5	11	–

¹11 h – colheita mecanizada às 11 h; 14 h – colheita mecanizada às 14 h; 14 h (2) – colheita manual às 14 h e debulha manual após secagem prévia; 17 h – colheita mecanizada às 17 h; ²Valores correspondentes à soma das quatro épocas de avaliação, exceto as sementes não avaliadas devido à má formação; ³O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ⁴As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente; ⁵Soma das injúrias referentes a cada notação, dentro de cada tratamento

3.4.3 Relação entre tipos de injúrias e prejuízos à germinação das sementes

A técnica de análise de imagens com uso do equipamento de raios X teve importante utilidade, pois foi possível identificar o local e a severidade das injúrias nas sementes, e sendo essa técnica não destrutiva (CICERO et al., 1998; CICERO; BANZATO JUNIOR, 2003), permitiu estabelecer relações entre a ocorrência e a severidade das injúrias, quando existentes, e a germinação das sementes, Tabela 28.

Entre as sementes avaliadas, as de maior ocorrência, 97,48%, foram as caracterizadas como ausência de injúrias mecânicas no endosperma e no eixo embrionário (Figuras 13-A e 13-B, notação 1.1), as quais originaram 99,87% plântulas normais.

As injúrias mecânicas classificadas como não severas tanto no endosperma, quanto no eixo embrionário (notações 1.2, 2.1 e 2.2), não exerceram prejuízos consideráveis sobre a germinação das sementes, uma vez que, originaram 86,21%, 83,71% e 62,86% de plântulas normais respectivamente. Na Figura 8 estão representadas as principais ocorrências de sementes com esse tipo de injúrias e as respectivas plântulas originadas. No primeiro caso, notação 1.2, Figura 8-A, não foi verificada injúria no endosperma e as trincas no eixo embrionário, não severas, não prejudicaram a germinação da semente, originando uma plântula normal, Figura 8-B. Em seguida, notação 2.1, Figura 8-C, observa-se o contrário do ocorrido na notação 1.2; neste caso, o eixo embrionário permaneceu intacto e as trincas verificadas no endosperma, injúria não severa, também não exerceram influência negativa na germinação, originando plântula normal, Figura 8-D. Quando as injúrias mecânicas

foram classificadas como não severas no endosperma e no eixo embrionário, notação 2.2, as trincas constatadas não reduziram a percentagem de plântulas normais obtidas em 62,87% dos casos, Figuras 8-E e 8-F.

Quando as injúrias ocorreram severamente no eixo embrionário, no entanto, sem atingir o endosperma, notação 1.3, 50% das sementes não germinaram. Ainda assim, 42,86% das plântulas obtidas foram normais (quatro sementes). A essa constatação, as Figuras 9-A e 9-B exemplificam a injúria que resultou em semente morta; observa-se que houve uma quebra que resultou em perda total do embrião. Em contrapartida, a Figura 9-C, exemplifica a injúria de mesma notação, que resultou em plântula normal, pois mesmo causando trincas no eixo embrionário, essas trincas ocorreram na região do escutelo e como este funciona como um escudo protetor, a viabilidade da semente não foi prejudicada, Figura 9-D.

No entanto, a associação entre injúrias não severas no endosperma e severas no eixo embrionário (notação 2.3 – 13 ocorrências) e injúrias severas no endosperma e não severas no eixo embrionário (notação 3.2 – nove ocorrências) apresentaram resultados proporcionais entre as plântulas normais, anormais e as sementes mortas, 30,77%, 38, 46% e 30,77%, respectivamente, notação 2.3 e 44,44%, 33,33% e 22,22% para a notação 3.2. As Figuras 10-A e 10-C ilustram essas injúrias e a semente morta (Figura 10-B) e a plântula anormal (Figura 10-D), originadas após o teste de germinação.

Entretanto, quando as injúrias incidiram severamente sobre o endosperma e sobre o eixo embrionário, causando rupturas às sementes, 3.3, predominaram-se os efeitos deletérios à germinação das sementes, pois 92,31% não germinaram ou

originaram plântulas anormais. Na Figura 11, estão exemplificadas tais injúrias; é possível observar (Figura 11-A) que houve ruptura da semente no sentido longitudinal, através da dobra ou “crease”, originando plântula anormal após o teste de germinação, Figura 11-B. Já na Figura 11-C, observa-se a injúria de mesma notação, que resultou em semente não germinada, pois houve amassamento da semente, Figura 11-D.

Para a notação 3.1, injúria severa no endosperma, 90% das sementes (nove) germinaram normalmente e apenas uma semente originou plântula anormal no teste de germinação, Figura 12-A. Pelo exame da Figura, é possível observar que a injúria atingiu severamente o endosperma, causando ruptura no sentido transversal, mas o eixo embrionário permaneceu intacto; mesmo assim, a semente deu origem a uma plântula anormal, Figura 12-B, provavelmente devido à quebra do endosperma que impediu a translocação de reservas para o crescimento do embrião. Cicero e Banzatto Junior (2003), trabalhando com sementes de milho e Gomes Junior, (2009), com sementes de milho doce, também atribuíram essa possibilidade, como possível causa para a ocorrência de uma plântula anormal oriunda de uma semente que, aparentemente, originaria uma plântula normal. Entretanto, a semente com quebra do endosperma no sentido transversal, Figura 12-C, originou uma plântula normal, pois observa-se que não houve perda expressiva do endosperma e as reservas foram suficientes para o crescimento perfeito da plântula.

Por fim, cabe ressalva a respeito da possibilidade de detecção de sementes mal formadas, conforme destacado nas Tabelas 24, 25, 26 e 27 e ilustradas nas Figuras 13-C e 13-D; defeitos internos com uso de técnicas de raios X, também foram detectados em sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides*) por Machado e

Cicero (2003), ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia*) e ipê roxo (*T. impetiginosa*) por Oliveira et al. (2004) e ainda, sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.) por Pupim et al. (2008).

Assim, com uso do equipamento de raios X e levando em consideração a morfologia interna das sementes, foi possível avaliar a ocorrência de injúrias mecânicas em sementes de trigo e relacioná-las com a germinação das sementes, da mesma forma que foram verificadas em pesquisas semelhantes conduzidas com sementes de milho por Cicero et al. (1998); Carvalho et al. (1999); Cicero e Banzatto Junior (2003) e sementes de milho doce por Gomes Junior (2009).

Tabela 28 – Relação entre tipos de injúrias avaliadas pelo teste de raios X e prejuízos à germinação das sementes. Piracicaba, SP – 2013

Notas ^{1,2}	Plântula normal	Plântula anormal	Semente morta	Total
	(%)			
1.1	99,89	0,10	0,01	9358
1.2	86,21	13,79	—	29
1.3	42,86	7,14	50,00	14
2.1	85,71	8,16	6,12	49
2.2	62,86	28,57	8,57	35
2.3	30,77	38,46	30,77	13
3.1	90,00	10,00	—	10
3.2	44,44	33,33	22,22	9
3.3	7,69	38,46	53,85	39

¹O primeiro número se refere ao endosperma e o segundo ao eixo embrionário; ²As notações 1, 2 e 3 correspondem a ausência de injúrias, injúrias não severas e injúrias severas, respectivamente

Figura 8 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, colhidas mecanicamente, notações: 1.2 – injúrias mecânicas não severas no eixo embrionário (A), originando plântula normal (B); 2.1 – injúrias mecânicas não severas no endosperma (C), originando plântula normal (D); 2.2 – injúrias mecânicas não severas no endosperma e eixo embrionário (E), originando plântula normal (F)

Figura 9 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, colhidas mecanicamente, notações 1.3, caracterizadas como: injúrias mecânicas severas no eixo embrionário (A-C), originando semente morta (B) e plântula normal (D)

Figura 10 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, colhidas mecanicamente, notações: 2.3 – injúrias mecânicas não severas no endosperma e severas no eixo embrionário (A), originando semente morta (B); 3.2 – injúrias mecânicas severas no endosperma e não severas no eixo embrionário (C), originando plântula anormal (D) verificar foto correta da semente morta (item B)

Figura 11 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, colhidas mecanicamente, notações 3.3, caracterizadas como: injúrias mecânicas severas no endosperma e no eixo embrionário (A-C), originando plântula anormal (B) e semente morta (D)

Figura 12 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, colhidas mecanicamente, notações 3.1, caracterizadas como: injúrias mecânicas severas no endosperma (A-C), originando plântula anormal (B) e normal (D), após o teste de germinação

Figura 13 - Imagem radiográfica de sementes de trigo, classificada como: 1.1 – ausência de injúrias mecânicas (A e B) e NA – não avaliada devido à má formação (C e D)

4 CONCLUSÕES

- A colheita mecanizada de sementes de trigo, com grau de umidade adequado, não afeta o potencial fisiológico das sementes obtidas, por períodos de até 18 meses de armazenamento.
- O uso do sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (*SVIS*[®]) é alternativa promissora para pesquisas com lotes de sementes de elevado potencial fisiológico.
- O teste de raios X é eficiente na identificação de injúrias mecânicas em sementes de trigo e permite estabelecer relações entre a severidade das injúrias e os efeitos causados à germinação.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E.T.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; ALVARENGA, E.M. Avaliação de dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 406-412, 1999.
- ALVARENGA, R.O.; MARCOS FILHO, J. Análise computadorizada de imagens de plântulas para avaliação do vigor de sementes de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., 2011. Natal, **Informativo Abrates**, Natal, v. 21, n. 2, ago 2011. **1CD-ROM**.
- ARAÚJO, E.F.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; ARAÚJO, R.F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas à debulha, com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 101-110, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. **Brasil - Importação de trigo 2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/pdf/mdic/importacao_trigo.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2013.
- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; McDONALD, M.B. **Seed vigor testing handbook**. Association of Official Seed Analysts - AOSA. East Lansing, 2009. 341p. (Contribution, 32).
- BARBIERI, A.P.P.; MATTIONI, N.M.; HAESBAERT, F.M.; ANDRADE, F.F.; CABRERA, I.C.; MERTZ, L.M. Teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja e a relação com emergência de plântulas em campo. **Interciencia**, Caracas, v. 38, n. 4, p. 310-315, 2013.
- BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1994. 389p.
- BASSOI, M.C.; RIEDE, C.R.; CAMPOS, L.A.C.; FOLONI, J.S.S. **Cultivares de trigo Embrapa e Iapar**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 48 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79738/1/Folheto-Trigo2013.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2013.
- BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECI, E; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus semprevirens* L. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, n. 3, p. 729-738, 2000.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; BURG, W.J. van der. Non-destructive X-ray of Arabidopsis embryo mutants. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 3, p. 167-170, 1993.

BISCARO, G.A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 86p.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; OLIVEIRA, A.C. Efeito da debulha mecânica na qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 68-70, 1994.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade de sementes de milho debulhadas com diferentes teores de umidade e fluxos de alimentação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.9-12, 1995.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; ANDREOLI, C.; AZEVEDO, J.T.; OLIVEIRA, A.C. Ocorrência de danos mecânicos e qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Informativo Abrates**, Brasília, v. 6, n. 2/3, p. 57-61, 1996.

BRANCALION, P.H.S.; TAY, D.; NOVENBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R.; MARCOS-FILHO, J. Priming of pioneer tree *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds evaluated by an automated computer image analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 3, p. 274-279, 2010.

BRANDÃO JUNIOR, D.S.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; OLIVEIRA, M.S.; OLIVEIRA, J.A. Avaliação de danos mecânicos e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 53-58, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA/Mapa/ACS. 2009. 399p.

BURG, W.J. van der; AARTSE, J.W.; VAN ZWOL, R.A.; JALINK, H.; BINO, F.J. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 258-263, 1994.

BURIRO, M.; OAD, F.C.; MUHAMMAD, I.K.; TUNIO, S.; GANDAH, A.W.; HASSAN, S.W.U.; OAD, S.M. Wheat germination under the influence of temperature regimes. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v.27, n.4, p. 539-543, 2011. Disponível em: <http://www.aup.edu.pk/sj_pdf/WHEAT%20SEED%20GERMINATION%20UNDER%20THE%20INFLUENCE.PDF>. Acesso em: 13 dez 2013.

BURRIS, J.S. Seed seedling vigor and field performance. **Journal of Seed Technology**, Beltsville, v. 1, n. 2, p. 58-74, 1976.

CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 52-75, 1995.

CAMPOS, M.A.O.; SILVA, R.P.; CARVALHO, A.F.; MESQUITA, H.C.B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de soja no Estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 207-213, 2005.

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 09-17, 2009.

CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A.C.; VAN ECK, J.W.; HOEKSTRA, F.A. Pre-harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, New York, v. 9, n. 3, p. 227-236, 1999.

CARVALHO, M.L.M.; SILVA, C.D.; OLIVEIRA, L.M.; SILVA, D.G.; CALDEIRA, C.M. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de abóbora. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 221-227, 2009.

CARVALHO, N.M.; YANAI, K. Maturação de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Científica**, Jaboticabal, v. 4, n. 1, p. 33-38, 1976.

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

CARVALHO, T.C. **Viabilidade e vigor de sementes de trigo estimados pelo teste de tetrazólio**. 2013. 72p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CARVALHO, T.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OHLSON, O.C.; PANOBANCO, M. Improved assessment of wheat seeds vigor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 6, p. 608-614, 2012.

CARVALHO, T.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OHLSON, O.C.; PANOBANCO, M. Tetrazolium test adjustment for wheat seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 361-367, 2013.

CASTILLO, F.E.; SENTIS, F.C. **Agrometeorología**. Madrid: MUNDI-PRENSA, 2001. 517p.

CHIQUITO, A.A.; GOMES JUNIOR, F.G.; MARCOS FILHO, J. Assessment of physiological potential of cucumber seeds using the software Seed Vigor Imaging System (SVIS®). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 255-263, 2012.

CHOWDHURY, M.H.; BUCHELE, W.F. Effects of the operating parameters of the rubber roller sheller. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 18, n. 3, p. 482-490, 1975.

CHOWDHURY, S. I.; WARDLAW, I.F. The effect of temperature on kernel development in cereal. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 29, n. 2, p. 205-223, 1978.

CICERO, S.M.; BANZATTO JUNIOR, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 29-36, 2003.

CÍCERO, S.M.; HEIJDEN, G.W.A.M. van der; BURG W.J. van der; BINO, R.J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 3, p. 603-612, 1998.

CICERO, C.M.; SILVA, W.R. Danos mecânicos associados a patógenos e desempenho de sementes de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 305-314, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento safra 2012/13**. Brasília: Conab, 2013. p31. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_06_09_09_27_boletim_graos_-_junho_2013.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2013.

COPELAND, L.O. How seed damage affects germination. **Crops & Soils Magazine**. Madison, v. 24, n. 9, p. 9-12, 1972.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. New York: Chapman & Hall, 2001. p. 165-191.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; HENNING, A.A. Avaliação das perdas e qualidade de semente na colheita mecânica da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 59-70, 1979.

COSTA, N.P.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNING, A.A.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MESQUITA, C.M.; TAVARES, L.C.V. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade de semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C; FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; BORDINGNON, J.R., KRZYZANOWSKI, 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**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 144-145, 2001.

CRAFTS-BRANDNER, S.J.; PONELEIT, C.G. Selection for seed growth characteristics: effect on leaf senescence in maize. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 127-131, 1992.

CUNHA, J.P.A.R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C.A.A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 37-42, 2009.

DELL'AQUILA, A. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analyses. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 51, p. 777-781, 2007.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DELOUCHE, J.C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G.M.; BOYD, A.H. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 3, p. 671-700, 1973.

DRESCH, D.M.; VIDAL, M.D.; MENEZES, N.L.; CONCEIÇÃO, G.M. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo pelo teste de condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, Londrina, v.19, n.2, p.279, 2009.

EDJE, O.T.; BURRIS, J.S. Effects of soybean seed vigor on field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 4, p. 536-538, 1971.

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.

FANAN, S.; MEDINA, P.F.; LIMA, T.C.; MARCOS-FILHO, J. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006.

FAROOQ, M.; BRAMLEY, H.; PALTA, J.A.; SIDDIQUE, K.H.M. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. **Critical Reviews in Plant Sciences**, London, v. 30, n. 6, p. 491-507, 2011.

FESSEL, S.A.; SADER, R.; PAULA, R.C.; GALLI, J.A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 70-76, 2003.

FOKAR, M.; BLUM, A.; NGUYEN, H.T. Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. **Euphytica**, Dordrecht, v. 104, n. 1, p. 9-15, 1998.

FORD, M.A.; PEARMAN, I.; THORNE, G.N. Effects of variation in ear temperature on growth and yield of spring wheat. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 82, n. 2, p. 317-333, 1976.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos e causados por percevejos em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 121-130, 2008.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG-113RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FRANÇA NETO, J.B. Teste de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 1, p. 8.1-8.7.

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).

FRANCO, F.A.; CARVALHO, F.I.F. Progresso genético no rendimento do trigo e sua associação com diferentes caracteres sob variações ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 311-321, 1987.

FRANCO, F.A.; PINTO, R.J.B.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I.; VIGANO, J.; MARCHIORO, V.S.; BRACINI, A.L. Pré-esfriamento para superação da dormência de sementes de trigo colhidas na época da maturidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2 p. 245-252, 2009.

FUNCK, G.R.D.; FERNANDES, J.M.C.; PIEROBOM, C.R. Modelagem do enchimento de grãos em cultivares de trigo na presença de doenças foliares. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 77-90, 2008.

GAGLIARDI, B.; MARCOS FILHO, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 4, p. 411-416, 2011.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. Qualidade fisiológica de sementes de trigo submetidas à secagem estacionária com ar ambiente forçado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 158-166, 2005.

GIRARDIN, P.; CHAVAGNAT, A.; BOCKSTALLER, C. Détermination des caractéristiques des semences de maïs grace à la radiographie aux rayons X. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 3, p. 545-551, 1993.

GOMES JUNIOR, F.G. **Injúrias mecânicas em sementes de milho doce**. 2009. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMES JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 78-85, 2012.

GOMES JUNIOR, F.G.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Evaluation of priming effects on sweet corn by SVIS. **Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 1, p. 95-100, 2009.

GOODSELL, S.F. What damages seed corn? Cold test detects problem. **Crops & Soils**, Chicago, v. 16, n. 7, p. 21, 1964.

GUTKOSKI, L.C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F.A.; PEDÓ, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 786-792, 2007.

GUTKOSKI, L.C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A.C.T.; ELIAS, M.C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 888-894, 2008.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Ed.). **Handbook of vigor test methods**. Zürich: ISTA, 1995. 117p.

HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 20, n. 3, supl., p. 677-686, 1992.

HARDING, S.A.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M. Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. II. Interaction with source and sink process. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 92, n. 3, p. 654-658, 1990.

HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application off electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing os peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.

HOFFMASTER, A.L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.

HOFFMASTER, A.L.; XU, L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A.; EVANS, A.F. The Ohio State University Seed Vigor Imaging System (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Seed Technology**, Lansing, v. 27, n. 1, p. 7-26, 2005.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION [ISTA]. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 24, Suplemento, 1996.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION [ISTA]. Biochemical test for viability: the topographical tetrazolium test. In: **International rules for seed testing**. (Ed.). 2008. Bassersdorf, 2008. cap. 6, p. 1-30.

KELLER, D.L.; CONVERSE, H.H.; HODGES, T.O.; CHUNG, D.S. Corn kernel damage due to high velocity impact. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 15, n. 2, p. 330-332, 1972.

KLEPER, B.; RICKMAN, R.W.; WALDMAN, S.; CHEVALIER, P. The physiological life cycle of wheat: Its use in breeding and crop management. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 1, p. 341-347, 1998.

KOBORI, N.N.; CICERO, S.M.; MEDINA, P.F. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 125-133, 2012.

KOBORI, N.N.; MASTRANGELO, T.; CICERO, S.M.; CASSIERI, P.; MORAES, M.H.D.; WALDER, J.M.M. Effects of gamma radiation on physiological and phytosanitary qualities of Brazilian Castor Bean seeds, *Ricinus communis* (cv. IAC Guarani). **Research Journal of Seed Science**, New York, v. 3, n. 2, p. 70-81, 2010.

KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de comprimento de raiz de plântulas de soja. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 11-14, 1991.

KULIK, M.M. Retention of germinability and invasion by storage fungi of hand-threshed and machine-threshed wheat seeds in storage. **Seed Science and Technology**, Netherlands, v. 1, n. 4, p. 805-810, 1973.

KULIK, M.M.; YALICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v.22, n. 4, p.766-770, 1982.

LEON, G.G.; AGUIRE, A.J.; CARVALHO, O.L.M.; IRIGON, D.L.; GODOY, A.F. Utilização de filmes radiográfico, pancromático e infravermelho na avaliação de danos em sementes. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 16, p.303-318, 1986.

LIMA, T.C.; MEDINA, P.F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

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

LOPES, M.M.; PRADO, M.O.D.; SADER, R.; BARBOSA, R.M. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 230-238, 2011.

MACHADO, C.F. **Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios-X para avaliação da qualidade de sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.)**. 2002. 51p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MACHADO, C.F.; CICERO, S.M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. – Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 393-397. 2003.

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

MAIA, A.R.; LOPES, J.C.; TEIXEIRA, C.O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MAJOU, T.; BANCEL, E.; TRIBOI, E.; HAMIDA, J.B.; BRANLARD, G. Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexaploid wheat grain: Characterization of heat-responsive proteins from non-prolamins fraction. **Proteomics**, Weinheim, v. 4, n. 2, p. 505-513, 2004.

MARCHI, J.L.; CICERO, S.M.; GOMES JUNIOR, F.G. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 652-662, 2011.

MARCHI, J.L.; MENTEN, J.O.M.; MORAES, M.H.D.; CICERO, S.M. Relação entre danos mecânicos, tratamento fungicida e incidência de patógenos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 314-321, 2006.

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

MARCONDES, M.C.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, I.C.B. Qualidade de sementes de soja em função do horário de colheita e do sistema de trilha de fluxo radial e axial.

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 316-321, 2010.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Ed.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.

_____. 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, 1999a. cap. 1, p. 1.1-1.21.

_____. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. cap. 3, p. 3.1-3.24.

_____. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; TOLEDO, F.F. Manual de análise de sementes. Piracicaba: ESALQ, 1977. 99p.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. cap. 9, p. 109-148.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; LIMA, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

MARCOS FILHO, J.; BENNETT, M.A.; McDONALD, M.B.; EVANS, A.F.; GRASSBAUGH, E.M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

MARTINS NETTO, D.A.; BORBA, C.S.; OLIVEIRA, A.C.; AZEVEDO, J.T.; ANDRADE, R.V. Efeito de diferentes graus de dano mecânico na qualidade fisiológica de sementes de sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1475-1480, 1999.

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

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: The MacMillan Company, 1963. 236p.

McDONALD, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests, **Proceedings of the Association Official Seed Analysts**, Zürich, v. 65, p. 109-139, 1975.

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.

McDONALD, M.B.; COPELAND, L.O. **Seed production: principles and practices**. New York: Chapman & Hall, 1997. 749p.

MELO, R.A.; FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; NOVENBRE, A.D.L.C.; MELO, P.C.T.; Use of X-ray to evaluate damage caused by weevils in cowpea seeds. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 472-476, 2010.

MENEZES, N.L.; LERSCHI JUNIOR, I.; STORCK, L. Qualidade física e fisiológica das sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 97-102, 2002.

MENEZES, N.L.; CÍCERO, S.M.; VILLELA, F.A. Identificação de fissuras em sementes de arroz após a secagem artificial, por meio de raios X. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1194-1196, 2005.

MENEZES, N.L.; CÍCERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Utilização de raios X na avaliação de fissuras em sementes de arroz submetidas à secagem artificial. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 70-77, 2012.

MERIAUX, B.; WAGNER, M.H.; DUCOURNAU, S.; LADONNE, F.; FOUGEREUS, J.A. Using sodium chloride saturated solution to standardize accelerated aging test for wheat seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 35, n. 3, p. 722-732, 2007.

MERTZ, L.M.; SEGALIN, S.R.; HUTH, C.; ROSA, T.D. Condutividade elétrica individual para avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 35-39, 2012.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, J.E.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: Safra 1998/1999. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 398-406, 2002.

MIELEZRSKI, F.; MARCOS FILHO, J. Assessment of physiological potential of stored pea (*Pisum sativum* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 42-50, 2013.

MODARRESI, R.; VAN DAMME, P. Application of the controlled deterioration test to evaluate wheat seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, n. 3, p. 771-775, 2003.

MODARRESI, R; RUCKER, M.; TEKRONY, D.M. Accelerating ageing test for comparing wheat seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 30, n. 3, p. 683-687, 2002.

MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M. Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 9-18, 2005.

MONDO, V.H.V.; GOMES JUNIOR, F.G.; PUPIM, T.L.; CICERO, S.M. Avaliação de danos mecânicos em sementes de feijão por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 27-35, 2009.

MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T.L.; DIAS, M.A.N. Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho, **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 143-155, 2012.

MOORE, R.P. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed Ecology**, London: Butterworth, 1973. p. 347-366.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 2.1-2.24.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da qualidade de semente sobre o estabelecimento da população e outras características da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 47-62, 1985.

NASCIMENTO, W.M.; CICERO, S.M. Qualidade de sementes de ervilha tratadas com fungicida. II- qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 13-19, 1991.

NASCIMENTO, W.M.; PESSOA, H.B.S.V.; BOITEUX, L.S. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas a diferentes processos de colheita, debulha e beneficiamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1211-1214, 1994.

NASSIF, D.S.P.; CICERO, S.M. Avaliação de sementes de acerola por meio de raios X. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 542-545, 2006.

NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1565-1570, 1994.

NEILSON, K.A.; GAMMULLA, C.G.; MIRZAEI, M.; IMIN, N.; HAYNES, P.A. Proteomic analysis of temperature stress in plants. **Proteomics**, Weinheim, v. 10, n. 4, p. 828-845, 2010.

OBANDO FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 118-124, 2010.

OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.C.; VIEIRA, M.G.G.C.; SILVA, E.A.A. Utilização de corantes na verificação de incidência de danos mecânicos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 125-128, 1998.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raio-X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 1, p. 116- 120, 2003.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; MASETTO, T.E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* VAHLNICH. E *T. impetiginosa* (MARTIUS EXA.P.DE.CANDOLLE) STANDLEY – (Bignoniaceae) pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 2, p. 138-143, 2004.

OTONI, R.R.; McDONALD, M.B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Technology**, Lansing, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I- Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, 1996.

PERRY, D.A. Commentary on ISTA vigour test committee collaborative trials. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 12, n. 1, p. 301-308, 1984.

PLAZAS, I.H.A.Z.; MEDINA, P.F.; NOVO, J.P.S. Viabilidade de sementes de trigo tratadas com fenitroton e infestadas por *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 315-327, 2003.

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**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; FORTI, V.A. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 37, n. 1, p. 110-120, 2009.

PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios x para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 28-32, 2008.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1985.v. 1, cap.1, p. 3-24.

RIGOLI, RP.; AGOSTINETTO, D.; VAZ DA SILVA, J.M.B.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L. Potencial competitivo de cultivares de trigo em função do tempo de emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 41-47, 2009.

SAMIMY, C. Comparison of methods for detecting seed deterioration of soft white wheat kept in unconditioned storage. **The News Letter of the Association of Official Seed Analysts**, New York, v. 66, n. 1, p. 41-50, 1992.

SAKO, Y.; McDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SAVIN, R.; CALDERINI, D.F.; SLAFER, G.A.; ABELEDO, L.G. Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre and post-anthesis under field conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 26, n.5, p. 453-458, 1999.

SCHUCH, L.O.B.; LIN, S.S. Atraso na colheita sobre emergência no campo e desempenho de plantas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 11, p. 1585-1589, 1982.

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

SILVA, C.B.; LOPES, M.M.; MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R.D. Sistema automatizado de análise de imagens (SVIS) e condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de crotalária. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2012.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009. Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. **1CD-ROM**.

SILVA, R.P.; SILVA, B.M.S.; BARROZO, L.M.; SALUM, J.D.; ROSA, M.S.; GOMES, D.P. Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 477-484, 2013.

SILVA, S.A.; MARCOS FILHO, J.; KRZYZANOWSKI, F.C. Análise computadorizada de imagens para avaliação do vigor de sementes de trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 17., Natal, **Informativo Abrates**, Natal, v. 21, n. 2, ago 2011. **1CD-ROM**.

SILVA, V.N. **Avaliação da qualidade de sementes de tomate e de berinjela por meio de análise de imagens**. 2012. 164p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SILVA, V.N.; BENNETT, M.; JOURDAN, P. Análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes de espécies ornamentais. **Revista Congrega Urcamp** v. 00, p. 01-11, 2012a. **1CD-ROM**.

SILVA, V.N.; GOMES JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. Computerized imaging analysis of seedlings for assessment of physiological potential of wheat seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 589-596, 2012b.

SILVA, V.N.; CICERO, S.M.; BENNETT, M. Association between X-ray visualised internal tomato seed morphology and germination. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 41, n. 2, p. 225-234, 2013.

SILVA, V.N.; CICERO, S.M.; GOMES JUNIOR, F.G. Análise de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. In: SCHUCH, L.O.B.; VIEIRA, J.F.; RUFINO, C.A.; ABREU JUNIOR, J.S. (Ed.). **Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2013. cap. 10, p. 249-279.

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: GORDON, A.G.; GOSLING, P.; WANG, B.S.P. (Ed.). **Tree and shrub seed handbook**. Zurich: ISTA, 1991. p. 1-28.

SIMAK, M.; GUSTAFSSON, A. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. **Hereditas**, Lund, v. 39, p. 458-468, 1953.

SKROMME, L.H. Progress report on twin rotor combine concept of rotary threshing and separation. In: INTERNATIONAL GRAIN AND FORAGE HARVESTING CONFERENCE, 1., 1977, Ames. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1977. p. 188-191.

SOCOLOWSKI, F. CICERO, S.M. Caracterização morfológica de embriões por imagens de raios x e relação com a massa e a qualidade fisiológica de sementes de *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 200-208, 2008.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; CECON, P.R. Efeito da colheita mecanizada sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 21-29, 2002.

STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 2, p. 567-576, 1981.

STONE, P.J.; NICOLAS, M.E. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 21, n. 6, p. 887-900, 1994.

STONE, P.J.; NICOLAS, M.E. A survey of the effects of high temperatures during grain filling on yield and quality of 75 wheat cultivars. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.46, n.3, p.475-492, 1995a.

STONE, P.J.; NICOLAS, M.E. Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.22, n.6, p.935-944, 1995b.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging test. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: The International Seed Testing Association, 1995. p. 53-72.

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

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 816-822, 1991.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; WICKHAM, D.A. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance. I. Field emergence. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1523-1528, 1989.

TERTULIANO, P.C.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; SOUZA, L.C.F.; ROBAINA, A.D. Qualidade de sementes de feijão colhidas por colhedora autopropelida em sistema semimecanizado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 81-90, 2009.

TIMÓTEO, T.S.; MARCOS FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 207-2115, 2013.

TOHIDLOO, G.; KRUSE, M. Development of an image analysis aided seedling growth test for winter oilseed rape and verification as a vigour test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 37, n. 1, p. 98-109, 2009.

TOMES, L.J.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 12, n. 1, p. 24-36, 1988.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; CONCEIÇÃO, G.M.; BARBIERI, A.P.P.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B.; MENEZES, N.L. Tratamentos térmicos e químicos em sementes de trigo. **Interciencia**, Caracas, v. 36, n. 10, p. 746-751, 2011.

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

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 17, n. 1/2/3, p. 76-83, 2007.

VIEIRA, R.D. Testes de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. cap. 6, p. 103-132.

VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour - an important component of seed quality in Brazil. **ISTA - Seed Testing International**, Vollebakk, n. 126, p. 21-22, 2003.

VIEIRA, R.D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica da solução de embebição de semente e emergência de plântulas de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004.

WARDLAW, I.F.; SOFIELD, I.; CARTWRIGHT, P.M. Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 7, n. 4, p. 387-400, 1980.

WARDLAW, I.F.; DAWSON, I.A.; MUNIBI, P. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Grain development. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 40, n. 1, p. 15-24, 1989.

WETZEL, C.T. **Contribuição ao estudo da aplicação do teste de envelhecimento visando a avaliação do vigor em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), de trigo (*Triticum aestivum* L.) e de soja [*Glycine max* (L.) MERRIL]**. 1972. 116p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p. 127-1157, 1973.

WULLSCHLEGER, S.D.; OOSTERHUIS, D.M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 6, p. 1259-1264, 1990.

YAKLICH, R.W.; KULIK, M.M.; ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 6, p. 806-810, 1979.

ANEXOS

Figura 2 - Temperatura média, umidade relativa média e precipitação durante a condução do campo de produção de sementes. Itapeva – SP, 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Figura 3 - Temperatura média e umidade relativa média durante a colheita do campo de produção de sementes, cultivar BRS 208. Itapeva – SP, 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Figura 4 - Temperatura média e umidade relativa média durante a colheita do campo de produção de sementes, cultivar BRS 220. Itapeva – SP, 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Figura 5 - Temperatura média e umidade relativa média durante a colheita do campo de produção de sementes, cultivar IPR 85. Itapeva – SP, 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Figura 6 - Temperatura média e umidade relativa média durante a condução da emergência de plântulas em casa de vegetação, avaliação inicial e primeira época do experimento. Piracicaba – SP, 2010/2011

Figura 7 - Temperatura média e umidade relativa média durante a condução da emergência de plântulas em casa de vegetação, avaliação inicial e primeira época do experimento. Piracicaba – SP, 2011/2012