



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CRISTIAN RAFAEL BRZEZINSKI

**ABSORÇÃO DE ÁGUA, ANÁLISE ESTRUTURAL E
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS A
UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA**

Londrina
2018

CRISTIAN RAFAEL BRZEZINSKI

**ABSORÇÃO DE ÁGUA, ANÁLISE ESTRUTURAL E
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS
UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Co-orientador: Dr. Fernando Augusto Henning

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

BRZEZINSKI, CRISTIAN RAFAEL.

ABSORÇÃO DE ÁGUA, ANÁLISE ESTRUTURAL E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS A UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA / CRISTIAN RAFAEL

BRZEZINSKI. - Londrina, 2018.

105 f.

Orientador: CLAUDEMIR ZUCARELI.

Coorientador: FERNANDO AUGUSTO HENNING.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Inclui bibliografia.

1. FITOTECNIA - Tese. 2. QUALIDADE DE SEMENTES - Tese. 3. ANATOMIA - Tese.
4. ABSORÇÃO DE ÁGUA - Tese. I. ZUCARELI, CLAUDEMIR. II. HENNING, FERNANDO AUGUSTO. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CRISTIAN RAFAEL BRZEZINSKI

**ABSORÇÃO DE ÁGUA, ANÁLISE ESTRUTURAL E QUALIDADE DE
SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina

Dr. Ademir Assis Henning
Embrapa Soja

Dra. Liliane Márcia Mertz Henning
Embrapa Soja

Prof. Dr. Denis Santiago da Costa
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - IFMS

Prof. Dr. Géri Eduardo Meneghello
Universidade Federal de Pelotas - UFPEL

Londrina, 26 de Fevereiro de 2018.

Dedico

Aos meus pais Dimas e Neide, os grandes responsáveis pela minha formação, e minha esposa Jéssica pelo amor, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pelo seu amor infinito, sem Ele nada sou.

Ao meu orientador Dr. Claudemir Zucareli, pela orientação, apoio, ensinamentos, paciência, pela confiança depositada a mim nesta caminhada e principalmente pela amizade e os momentos de alegria.

Ao meu co-orientador Dr. Fernando Augusto Henning pelo apoio, incentivo, orientação, ensinamentos e por toda a amizade e contribuição em minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

A Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade da realização do doutorado.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Soja pelo financeiro no desenvolvimento dos experimentos e por contribuir com grande parte de minha formação acadêmica.

Ao Dr. Ademir Assis Henning pelos ensinamentos, companheirismo, apoio e amizade desde a minha chegada a Londrina, sempre serei grato por tudo o que fez pela minha vida pessoal e profissional.

Aos pesquisadores da área de sementes da Embrapa Soja, Francisco Carlos Krzyzanowski, José de Barros França Neto e Irineu Lorini pelo apoio e incentivo.

As pesquisadoras da Embrapa Soja, Larissa Alexandra Cardoso Moraes e Liliane Márcia Mertz Henning pelo apoio, orientações e auxílio nas análises enzimáticas.

Ao professor Cristiano Medri e o estagiário Rodrigo, pelo apoio e orientação nas análises de microscopia óptica.

Aos técnicos de laboratório da área de sementes da Embrapa Soja Antônio, Vilma, Waldemar e Agnes pelo apoio e ajuda nas atividades dentro da unidade, em especial a Adriana por todo o apoio, companheirismo e amizade.

A minha esposa Jéssica pelo companheirismo, compreensão, nas horas de alegria como nas horas de tristeza, e pelo amor incondicional que me faz a cada dia mais querer vencer.

Aos meus colegas de pós-graduação e da Embrapa soja, especialmente Julia e Flávia pelo companheirismo, ensinamentos, colaboração no desenvolvimento dos trabalhos, e também pela amizade verdadeira.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado

BRZEZINSKI, Cristian Rafael. **Absorção de água, análise estrutural e qualidade de sementes de soja submetidas a umidade em pré-colheita**. 2018. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

A produção de sementes de soja é afetada por diversos fatores, no entanto, perdas frequentes têm sido relatadas a campo, através da deterioração por umidade, ocasionada pelo excesso de chuvas em pré-colheita. A identificação e determinação das principais características dos genótipos, intrínsecas as vagens e sementes e sua relação com a deterioração por umidade, podem auxiliar os programas de melhoramento na obtenção e desenvolvimento de cultivares voltadas a qualidade de sementes. Diante do exposto, foram conduzidos experimentos utilizando sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) produzidas sob simulação de três intensidades de chuva (0, 54 e 162 mm) em pré-colheita. As precipitações pluviais foram obtidas por meio de um equipamento especialmente projetado, em uma sala fechada, para a simulação de lâminas de chuva. Após os ciclos de chuva simulada, foram realizados três experimentos, divididos em três artigos. O trabalho consiste primeiramente de uma revisão bibliográfica, Capítulo I, e de mais três capítulos, contendo os três artigos. Capítulo II: o objetivo foi avaliar a absorção de água em vagens e sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina submetidas a diferentes tempos de hidratação. Cultivares de soja com elevados teores de lignina nas vagens apresentam menor taxa e velocidade de absorção de água. Os teores de lignina presente nos tegumentos, dentro dos limites de contraste avaliados, não interferem na absorção de água pelas sementes. Capítulo III: o objetivo foi analisar estruturalmente vagens e tegumentos e determinar a qualidade de sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina, submetidas à deterioração por umidade em pré-colheita. Vagens de soja com maior espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo, e elevados teores de lignina, apresentam maior tolerância à deterioração por umidade e proporcionam sementes de maior vigor e viabilidade. A espessura hipoderme da testa de tegumentos de soja está relacionada a tolerância a deterioração por umidade e obtenção de sementes de elevada qualidade. Capítulo IV: o objetivo foi avaliar o efeito da deterioração por umidade em pré-colheita sobre a qualidade e composição química de sementes de soja com teores contrastantes de lignina na vagem e no tegumento. A qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja é reduzida com o aumento das precipitações pluviais em pré-colheita. Sementes de soja oriundas de cultivares com maiores teores de lignina na vagem apresentam maior tolerância a deterioração por umidade em pré-colheita e proporcionam sementes de melhor qualidade fisiológica. O teor de óleo das sementes de soja é reduzido conforme se aumenta as precipitações pluviais em pré-colheita. Plantas de soja com maiores teores de lignina nas vagens produzem sementes com menor incidência do fungo *Cercospora kikuchii* e menor teor de clorofila quando associado a precipitações pluviais em pré-colheita.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Hidratação. Semipermeabilidade. Germinação. Vigor. Potencial fisiológico.

BRZEZINSKI, Cristian Rafael. **Water absorption, structural analysis and quality of soybean seeds submitted to moisture in pre-harvest**. 2018. 105 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) - University of Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The production of soybean seeds is affected by several factors, however, frequent losses have been reported in the field, through deterioration due to humidity, caused by excessive pre-harvest rains. The identification and determination of the main characteristics of the genotypes, intrinsic to pods and seeds and their relationship with moisture deterioration, may help the breeding programs in the development and development of cultivars focused on seed quality. The experiment was carried out using seven soybean cultivars (A, B, C, D, E, F and G) produced under simulation of three rain intensities (0, 54 and 162 mm) in pre-harvest. Rainfall was obtained by means of specially designed equipment in a closed room for the simulation of rainfall. After simulated rainfall cycles, three experiments were carried out, divided into three articles. The work consists first of a bibliographical revision, Chapter I, and of three other chapters, containing the three articles. Chapter II: the objective was to evaluate the water absorption in pods and seeds of soybean cultivars with contrasting lignin levels submitted to different hydration times. Soybean cultivars with high lignin contents in the pods present lower rate and water absorption speed. The contents of lignin present in the seed coats within the limits of contrast evaluated, does not interfere in the absorption of water by the seeds. Chapter III: The objective was to analyze the structural composition of pods and seed coats and to determine the quality of seeds of soybean cultivars with contrasting lignin contents, submitted to moisture deterioration in pre-harvest. Soybean pods with higher exocarp thickness, mesocarp and endocarp, and high lignin contents, present greater tolerance to moisture deterioration and provide seeds of greater vigor and viability. The thickness hypodermis of the forehead of soybean seeds coat is related to tolerance to deterioration by moisture and obtaining high quality seeds. Chapter IV: The objective was to evaluate the effect of preharvest moisture deterioration on the quality and chemical composition of soybean seeds with contrasting lignin contents in the pod and in the seed coat. The physiological and sanitary quality of soybean seeds is reduced with the increase of precipitation in pre-harvest. Soybean seeds from cultivars with higher lignin contents in the pod present a higher tolerance to moisture deterioration in pre-harvest and provide seeds of better physiological quality. The oil content of soybean seeds is reduced as the rainfall in pre-harvest increases. Soybean plants with higher lignin contents in the pods produce seeds with lower incidence of the fungus *Cercospora kikuchii* and lower chlorophyll content when associated with precipitation in pre-harvest.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill. Hydration. Semipermeability. Germination. Vigor. Physiological potential.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1	Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características	43
Tabela 2	Resumo do quadro de análise de variância para absorção de água em vagens (AV) e sementes (AS) de sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G), submetidas a 10 tempos de hidratação com água (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24 e 48 horas). Efeito isolado de cultivar para lignina em vagem (LV) e tegumento (LT), e índice de velocidade de hidratação em vagens (IVHV) e sementes (IVHS)	46
Tabela 3	Caracterização do teor de água em vagens e sementes para as cultivares de soja utilizadas no experimento	46
Tabela 4	Absorção de água (%) em vagens e sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação	47
Tabela 5	Teores de lignina nas vagens e tegumentos de cultivares de soja, e índice de velocidade de hidratação em vagens e sementes	49

CAPÍTULO III

Tabela 1	Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características	59
Tabela 2	Precipitações pluviárias médias diárias e acumuladas (mm) em cultivares de soja no estágio fenológico de desenvolvimento da cultura (R8).....	60
Tabela 3	Resumo do quadro de análise de variância para os dados de análise estrutural e teores de lignina das vagens e tegumentos, e qualidade de sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes volumes de precipitações pluviárias simuladas em pré-colheita	63
Tabela 4	Dano por umidade por meio do teste de tetrazólio, em cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviárias simuladas em pré-colheita	64

Tabela 5	Espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo da vagem de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviais simuladas	66
Tabela 6	Teores de lignina em vagens e tegumentos das cultivares de soja avaliadas	67
Tabela 7	Espessura da hipoderme da testa (μm) de tegumentos de sementes de soja, produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	68
Tabela 8	Vigor e viabilidade determinados pelo teste de tetrazólio, em sementes de cultivares de soja, produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	69

CAPÍTULO IV

Tabela 1	Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características	78
Tabela 2	Precipitações pluviais médias diárias e acumuladas (mm) em cultivares de soja no estágio fenológico de desenvolvimento da cultura (R8).....	79
Tabela 3	Dano por umidade avaliado pelo teste de tetrazólio, em cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	84
Tabela 4	Germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em areia de sementes de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	86
Tabela 5	Teores de lignina em vagens e tegumentos de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviais simuladas	87
Tabela 6	Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	90
Tabela 7	Qualidade sanitária de sementes de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita	92

Tabela 8	Teor de óleo e proteína de sementes de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviárias simuladas em pré-colheita	95
Tabela 9	Teores de clorofila total em sementes de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviárias simuladas.....	96

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

- Figura 1** Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação 43
- Figura 2** Curvas de absorção de água em vagens de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação 48
- Figura 3** Curvas de absorção de água em sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação 50

CAPÍTULO III

- Figura 1** Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação 60
- Figura 2** Equipamento automatizado utilizado para a simulação de volumes de precipitações pluviais 61
- Figura 3** Diferenças estruturais (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) em vagens de soja em corte transversal com ultramicrotomo, corado com azul de astra e fucsina, e visualizado em microscópio óptico, com aumento de 40x 65
- Figura 4** Diferenças estruturais (epiderme da testa, hipoderme da testa e células parenquimatosas) em tegumentos de sementes de soja em corte transversal com ultramicrotomo, corado com azul de astra e fucsina, e visualizado em microscópio óptico, com aumento de 40x..... 66

CAPÍTULO IV

- Figura 1** Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	14
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 A CULTURA DA SOJA	17
2.2 QUALIDADE DE SEMENTES	19
2.3 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DAS SEMENTES	20
2.3.1 Deterioração por umidade em pré-colheita	22
2.4 PROPRIEDADES DOS TEGUMENTOS E VAGENS E SUA RELAÇÃO COM A DETERIORAÇÃO POR UMIDADE E A QUALIDADE DE SEMENTES	24
2.4.1 Tegumentos	24
2.4.2 Vagens	28
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II	39
3 ABSORÇÃO DE ÁGUA EM VAGENS E SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA	39
3.1 RESUMO	39
3.2 ABSTRACT	40
3.3 INTRODUÇÃO	41
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.6 CONCLUSÕES	50
3.7 REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO III	55
4 ANÁLISE ESTRUTURAL DE VAGENS E SEMENTES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA SUBMETIDAS À DETERIORAÇÃO POR UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA	55

4.1	RESUMO	55
4.2	ABSTRACT	56
4.3	INTRODUÇÃO	57
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	58
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.6	CONCLUSÕES	70
4.7	REFERÊNCIAS	70
CAPÍTULO IV		74
5	QUALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SEMENTES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA NA VAGEM E NO TEGUMENTO SUBMETIDAS À DETERIORAÇÃO POR UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA	74
5.1	RESUMO	74
5.2	ABSTRACT	75
5.3	INTRODUÇÃO	76
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	77
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	83
5.5.1	Qualidade Fisiológica	85
5.5.2	Qualidade Sanitária	91
5.5.3	Composição Química	94
5.5.4	Considerações Gerais	95
5.6	CONCLUSÕES	97
5.7	REFERÊNCIAS	97
APÊNDICES		103
APÊNDICE A - RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE QUALIDADE FISIOLÓGICA, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE SANITÁRIA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA, SUBMETIDAS A TRÊS VOLUMES DE PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS EM PRÉ-COLHEITA		104
6 CONCLUSÕES GERAIS		105

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A soja destaca-se como a cultura agrícola que apresentou maior crescimento nas últimas décadas, contudo, incrementos em produtividade ainda são necessários e possíveis, por meio de práticas e tecnologias como o uso de sementes de qualidade.

As sementes com elevada qualidade devem apresentar características, tais como, altas taxas de germinação e vigor, sanidade, bem como garantia de purezas física e varietal. Estes fatores, associados ao desempenho da semente a campo, culminam com o estabelecimento ideal de população de plantas e o alcance de altos níveis de produtividade, quando associadas com outras práticas de manejo recomendadas para a cultura. É também, por meio das sementes que as tecnologias introduzidas pelo melhoramento genético são levadas até o agricultor. Por esta razão, torna-se necessário o estabelecimento de programas de melhoramento, em que o fator qualidade de sementes seja considerado.

A manutenção da qualidade das sementes ocorre durante todo o processo de produção, desde o campo até o armazém. No caso da soja, as sementes são altamente susceptíveis as condições ambientais, sendo que a perda mais frequente da qualidade ocorre ainda no campo, principalmente nos períodos de maturação e pré-colheita.

Entre os fatores climáticos, a chuva destaca-se como um dos elementos de maior importância para a agricultura, por sua influência em todas as fases de desenvolvimento das plantas e por ser um fator limitante a obtenção de elevados rendimentos. O excesso hídrico em determinados períodos de desenvolvimento da soja, especialmente em pré-colheita, pode ser prejudicial à qualidade das sementes, pois além de retardar a colheita, ocasiona a deterioração por umidade. Esse dano proporciona o enrugamento e rachaduras no tegumento e em tecidos embrionários, devido à expansão e contração deste tecido pela exposição a ciclos com variações de umidade relativa e elevadas temperaturas. Esse problema ocorre principalmente em regiões tropicais e subtropicais, como as de baixa latitude, devido ao clima predominantemente quente e úmido.

Além de ocasionar a ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários, e tornar-se uma porta de entrada das sementes para a infecção por fungos e bactérias. O enrugamento altera a permeabilidade das membranas aos níveis celulares e sub celulares,

afetando os mitocôndrios e a produção de energia (ATP) para a germinação. Acelerando o processo de deterioração, reduzindo o potencial fisiológico das sementes.

As sementes de soja apresentam maior susceptibilidade à deterioração por umidade em relação as sementes de outras culturas, devido às suas próprias características morfológicas, uma vez que as partes vitais do embrião, como radícula, hipocótilo e plúmula, estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

Desta forma, são necessários estudos para identificação das características que podem ser exploradas visando aumentar a tolerância das sementes a deterioração por umidade em pré-colheita. Uma alternativa está relacionada à semipermeabilidade dos tecidos da vagem e do tegumento da semente.

O tegumento das sementes de soja pode ser permeável ou semipermeável à água. Tegumentos permeáveis facilitam a embebição, enquanto tegumentos semipermeáveis restringem, em diferentes graus, a embebição (MA et al., 2004). Diversos autores relatam que permeabilidade do tegumento da semente está relacionada à sua estrutura. Dentre elas a camada de suberina localizada na camada interna das células paliádicas sob a região do hilo e a cutícula. Outros ainda sugerem a existência de diferenças que não à cutícula, como por exemplo, a espessura das camadas da epiderme e hipoderme, a presença de pigmentos e o formato e organização das células.

Outro caráter de estudo na resistência a deterioração por umidade é a semipermeabilidade relacionada ao teor de lignina e o seu valor para os programas de melhoramento genético, visto que, vagens com maior conteúdo de lignina podem apresentar menor permeabilidade à água, resultando em menor deterioração das sementes a campo.

Diversos autores concluíram que o teor de lignina difere entre genótipos de soja e que maiores teores conferiram maior resistência a danos na semente, podendo influenciar na tolerância à deterioração por umidade, por reduzir a velocidade de hidratação das sementes, favorecendo a produção de sementes de maior qualidade.

Além dos fatores citados, a composição química das sementes também pode ser avaliada para complementação dos resultados relacionados à deterioração por umidade e seus efeitos sobre a qualidade de sementes de soja.

Embora existam dados e evidências de que todas as características mencionadas podem estar relacionadas à permeabilidade dos tegumentos e vagens de soja e a redução no processo de deterioração das sementes, ainda faltam resultados referentes ao comportamento de genótipos em função da exposição à deterioração por umidade. Neste

sentido, torna-se fundamental confrontar as sementes de genótipos de soja expostas a diferentes níveis de deterioração, frente aos aspectos estruturais, fisiológicos, sanitários e químicos das sementes e vagens, visando a identificação e determinação das principais características dos genótipos, para obtenção de sementes de elevada qualidade.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito da deterioração por umidade em pré-colheita sobre a absorção de água, características estruturais, fisiológicas, sanitárias e químicas de vagens e sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L. Merrill) pertence à família *Fabaceae*, à subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae* e ao gênero *Glycine* L. A espécie apresenta como provável ancestral a *Glycine soja*. Evidências históricas e geográficas indicam que a soja surgiu como espécie domesticada na China, no período de 1500 e 1027 a.C. e, três mil anos depois, se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como fonte de alimento (HYMOWITZ, 1970; CONWAY, 2003; MELO, 2005; LANGE, 2008).

Em 1765, a soja foi introduzida nos Estados Unidos (EUA), sendo inicialmente cultivada como cultura forrageira. Com o passar dos anos, veio aumentando gradativamente a sua importância como cultura granífera e, em 1941, a área destinada à produção de grãos já superava a destinada à produção de forragem. A partir de então, houve rápido crescimento na produção, com o desenvolvimento das primeiras variedades comerciais (MIYASAKA; MEDINA, 1981; CHUNG; SINGH, 2008).

No Brasil, a cultura foi introduzida na Bahia em 1882 e levada para São Paulo em 1892. No Rio Grande do Sul foi cultivada pela primeira vez em 1900, sendo que em 1936 ocorreu o início da expansão no estado. Em 1960 e até meados de 1970, cerca de 80% da produção nacional de soja se concentrava na região Sul, onde a cultura encontrou efetivas condições para se desenvolver e expandir, dadas as semelhanças climáticas do ecossistema de origem das cultivares, oriundos dos EUA (COSTA, 1996; SCHNEPF et al., 2001; EMBRAPA, 2005).

Nas décadas seguintes a década de 70, a cultura da soja consolidou-se no cenário agrícola brasileiro, principalmente através da expansão do seu cultivo para regiões com latitudes inferiores a 20°, como sudeste, centro oeste e norte do país. Esse progresso ocorreu devido aos esforços despendidos pelos programas de melhoramento genético, ao incorporar nas cultivares, genes que atrasam o florescimento sob fotoperíodo indutor, ou seja, o período juvenil longo (CAMPELO et al., 1999).

Com a cultura da soja, o Brasil iniciou sua ascensão como gigante agrícola (TOLLEFSON, 2010), sendo uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país (BRUM et al., 2005).

A expansão das fronteiras agrícolas acelerou o aumento da produção e da capacidade competitiva da soja brasileira, associados aos avanços científicos e à disponibilidade de tecnologias ao setor produtivo. Dentre esses avanços, destacam-se a mecanização das lavouras, o uso de cultivares mais produtivas e a modernização do transporte, colaborando para a tecnicidade e produção de outras culturas, além de patrocinar o desenvolvimento da avicultura e suinocultura brasileira (DALL'AGNOL, 2000).

Com o tempo, a soja aumentou a sua importância para a economia mundial, tanto pelo seu valor socioeconômico, expressividade no mercado interno e de exportações (BRACCINI et al., 2003), e por ser considerada uma das principais fontes de proteínas no mundo (DALL'AGNOL, 2000). Esta leguminosa é utilizada tanto na alimentação animal, em forma de ração, quanto na alimentação humana, produção de biocombustíveis, produtos cosméticos, farmacêuticos, veterinários, entre outros (APROSOJA, 2013).

Na safra 2016/17 a produção mundial de soja foi de 351 milhões de toneladas. Os Estados Unidos destacaram-se como maior produtor mundial, com cerca de 117 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 34 milhões de hectares (USDA, 2017). O Brasil apresentou-se como segundo maior produtor, com cerca de 114 milhões de toneladas, em aproximadamente 34 milhões de hectares de soja. Segundo estimativas, na safra 2017/18 o Brasil irá continuar como o segundo maior produtor de soja do mundo e o aumento nacional na área cultivada será de 3,1% em relação ao ocorrido na safra anterior (CONAB, 2016).

Ainda, os estados com maior produção na safra 2016/17 foram o Mato Grosso com cerca de 30 milhões de toneladas e o Paraná com 19 milhões de toneladas, com produtividades médias de 3,273 e 3,731 kg ha⁻¹, respectivamente. Os níveis médios de produtividade de soja no Brasil, alcançados na safra 2016/17, foram de 3,360 kg ha⁻¹, enquanto que na safra 2015/16 foi de 2,870 kg ha⁻¹, ou seja, 17% acima em relação ao ocorrido na safra anterior (CONAB, 2016), fato este relacionado à ocorrência de adversidades climáticas durante o desenvolvimento da cultura, como elevadas temperaturas associadas ao excesso de chuvas, principalmente em pré-colheita.

Diante deste cenário, há necessidade da utilização de tecnologias que possibilitem a obtenção de elevados potenciais produtivos associados à preservação ambiental, aumentando a produção, sem a expansão das áreas agrícolas. Assim, a utilização de sementes de qualidade e cultivares com características de interesse agrônomo, como, resistência a doenças, pragas e fatores abióticos, vêm contribuindo para que estes objetivos sejam alcançados (ROESSING et al., 2000; KRZYZANOWSKI et al., 2008).

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES

A semente é responsável pela transferência de inovações tecnológicas e dos ganhos genéticos resultantes dos trabalhos de programas de melhoramento, seja ele tradicional ou resultado da engenharia genética, até o campo (SANTOS et al., 2007). Neste contexto, a utilização de sementes de alta qualidade contribui significativamente para a expressão destas características e o alcance de elevadas produtividades, assumindo papel fundamental na produção agrícola (KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2003).

A qualidade de sementes pode ser definida como o somatório dos atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos que determinarão o potencial da semente (SANTOS et al., 2007) e, por consequência, o estabelecimento das lavouras com população de plantas adequada (PINTO et al., 2007).

Os fatores genéticos são expressos pelo genótipo, através de características como, estabilidade de produção, adequação do ciclo de maturação, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rusticidade, tolerância ao acamamento, resistência a doenças e pragas, teores de óleo e proteína e, mais recentemente, o teor de lignina. Associado a isto, as sementes e seus respectivos lotes devem apresentar elevada pureza varietal e genética (COSTA et al., 2001; KRZYZANOWSKI et al., 2008), obtidas através de medidas para evitar contaminações e, assim, colocar à disposição do agricultor apenas sementes com as características desejadas.

Outro fator que influencia a qualidade das sementes é o atributo físico. Este atributo está relacionado à presença de restos culturais, sementes nocivas e outras impurezas em um lote, bem como a condição física da semente, que envolve o teor de água, tamanho, cor, formato, densidade e danos mecânicos (TALAMINI et al., 2011).

O aspecto sanitário caracteriza-se pelos efeitos deletérios provocados pela ocorrência de microrganismos e insetos associados às sementes, desde o campo até o armazenamento (PESKE; BARROS, 2006). É importante determinar a qualidade sanitária de um lote de sementes para conhecer o grau de ocorrência de microrganismos e insetos. Estes podem causar doenças ou danos às sementes no armazenamento, ou, serem transmitidos e capazes de reduzir o potencial germinativo e o vigor, prejudicando o estabelecimento das plantas no campo e a produtividade das culturas (ABREU, 2005; FREITAS, 2005; TALAMINI et al., 2011).

O vigor, juntamente com a germinação e a longevidade são os principais constituintes do atributo fisiológico das sementes e estão relacionados à capacidade da

semente em desempenhar suas funções vitais (TOLEDO et al., 2009). Esses três fatores combinados, determinam o potencial fisiológico da semente, por meio de uma germinação rápida e uniforme, a fim de obter plântulas com maior tolerância às adversidades ambientais e desenvolvimento uniforme, resultando em aumento de produtividade (BENNETT, 2001).

Segundo Henning et al. (2010) sementes de soja de alto vigor possuem maior capacidade de mobilização de reservas durante o processo germinativo, resultando em plântulas com melhor desempenho inicial. Scheeren et al. (2010) verificaram que lotes de sementes de soja de alto vigor proporcionam maior produtividade e altura de plantas em relação as sementes de baixo vigor. Schuch et al. (2009) constataram que plantas de soja oriundas de sementes de alto potencial fisiológico apresentam maior altura e diâmetro de caule, com rendimento de grãos 25% superior às provenientes de sementes de baixa qualidade.

Sementes de qualidade refletem diretamente no desenvolvimento da cultura, gerando plantas de elevado vigor, uniformidade de população e ausência de doenças transmitidas via sementes (SILVA et al., 2010). Segundo Marcos Filho (2015) para determinar o potencial de um lote de sementes são necessários à junção de todos os atributos de qualidade, pois se empregados isoladamente serão infrutíferos.

Os atributos que determinam a qualidade final das sementes são consolidados durante todo o processo de produção, em função dos fatores genéticos, condições meteorológicas em todo o ciclo da cultura, técnicas utilizadas na colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento, transporte e semeadura. No caso da soja, as sementes são altamente susceptíveis as condições ambientais, sendo que a perda mais frequente da qualidade ocorre no campo, principalmente nos períodos de maturação e pré-colheita (GIGLIOLI; FRANÇA NETO, 1982; PESKE; PEREIRA, 1983; HARTWIG; POTTS, 1987; FRANÇA NETO et al., 2000).

2.3 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DAS SEMENTES

A obtenção de elevadas produtividades e a produção de sementes de qualidade, muitas vezes é prejudicada, tanto por fatores bióticos, que podem ser influenciados pelos seres humanos, quanto abióticos, que não podem ser controlados, como fotoperíodo, temperatura, disponibilidade hídrica e umidade relativa do ar.

O fotoperíodo e a temperatura interferem na duração fenológica do período juvenil da soja e podem antecipar o seu florescimento, além de ocasionar atrasos na emergência e no desenvolvimento vegetativo (CÂMARA et al., 1997; MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). O déficit hídrico durante o estabelecimento inicial da cultura prejudica a emergência e o estande de plantas, e ao longo do desenvolvimento da cultura altera a quantidade de massa produzida, afetando o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo (FARIAS et al., 2001).

A disponibilidade de nutrientes no solo também pode afetar a qualidade de sementes, visto que sementes e plântulas com um adequado conteúdo de nutrientes no desenvolvimento inicial da cultura, apresentam alta capacidade de gerar plantas vigorosas e produtivas. Assim, as sementes devem ser produzidas em áreas com disponibilidade adequada de nutrientes para a planta, de modo a se obter não somente maiores produtividades, como também melhor qualidade de semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Outro ponto de destaque é a composição química das sementes. Alguns autores atribuem a composição de sementes de soja a fatores genéticos, mas que podem sofrer influências ambientais durante o seu cultivo (BURTON et al., 1995; WESTGATE et al., 1995). Por outro lado, o menor teor de proteína em sementes se relaciona com o teor de óleo superior e evidencia a relação negativa entre essas características químicas. Segundo Moraes et al. (2006), a redução do teor de proteína em linhagens de soja ocorre concomitantemente com a aumento no teor de óleo e de carboidratos totais. Tal evento bioquímico pode influenciar negativamente no processo germinativo e no vigor de plântulas, por afetar a disponibilidade de carboidratos solúveis disponíveis e absorvíveis pelo embrião (DELARMELINO-FERRARESI et al., 2014).

Além dos fatores citados, é fundamental o ajuste das datas da semeadura e a determinação das regiões favoráveis à produção de sementes, de forma que as fases de crescimento mais críticas coincidam com os períodos mais prováveis para suprimento das necessidades climáticas da cultura, e que o estágio de maturação das sementes ocorra em condições de temperaturas mais amenas, associadas a baixos índices pluviométricos, evitando consequentemente, perdas por deterioração ainda no campo (SEDIYAMA et al., 1993; EMBRAPA SOJA, 2005).

2.3.1 Deterioração por umidade em pré-colheita

A colheita no momento adequado é um dos fatores preponderantes a qualidade de sementes de soja, pois geralmente no ponto de maturidade fisiológica, o elevado teor de água das sementes impede a colheita mecanizada. Dessa forma, as sementes permanecem “armazenadas no campo” até atingir o teor de água adequado para a colheita mecânica. Nesse período raramente as condições climáticas são favoráveis à manutenção da qualidade das sementes (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

Entre os fatores climáticos inerentes a produção agrícola, a chuva, por sua variabilidade em termos espacial e temporal, constitui em um dos elementos de maior importância para a agricultura, em função de sua influência em todas as fases de desenvolvimento das plantas e por ser um fator limitante a obtenção de rendimentos próximos ao potencial produtivo da espécie (FARIAS, 2004). O excesso hídrico em determinados períodos de desenvolvimento da soja, especialmente em pré-colheita, pode ser prejudicial à qualidade sanitária, fisiológica e composição química das sementes (FARIAS et al., 2006).

A soja quando exposta a condições climáticas desfavoráveis, pode ser atacada por um número significativo de patógenos de origens fúngicas, bacterianas e virais. As doenças causadas por esses microrganismos patogênicos são muito importantes, pois podem afetar seriamente o rendimento e a qualidade das sementes. Fungos como *Diaporthe phaseolorum*, *Colletotrichum dematium*, *Cercospora kikuchii* e *Phomopsis sojae* podem afetar plantas, vagens e sementes em vários estádios de desenvolvimento da cultura (ATHOW; LAVIOLETTE, 1973; FRANÇA NETO; KRZYZANOWKI, 2000; COSTA et al., 2003; HENNING, 2005). Na maioria dos casos, em anos que ocorrem períodos de alta umidade relativa ou chuvas entre a maturação e a colheita, esses organismos são responsáveis pela diminuição do vigor e da germinação das sementes (ATHOW; LAVIOLETTE, 1973; BRACCINI et al., 2003).

Em trabalhos desenvolvidos por Mesquita et al. (1999) e Costa et al. (2001; 2003) os autores observaram que apesar de toda tecnologia disponível, a qualidade da semente proveniente de algumas regiões, tem sido severamente comprometida em função dos elevados índices de deterioração por umidade e ruptura do tegumento. Esses problemas ocorrem principalmente em regiões tropicais e subtropicais, devido ao clima predominantemente quente e úmido, que propicia o desenvolvimento da deterioração por umidade (KRZYZANOWSKI, 2004; PINTO et al., 2007).

A deterioração por umidade é desencadeada por um processo específico de alterações físicas. A semente de soja é higroscópica e tem o seu teor de água condicionado pelas condições do ambiente. Então sucessivas expansões e contrações do volume das sementes em função das oscilações de temperatura e de umidade relativa do ambiente, ocasionam a formação do enrugamento no tegumento, principalmente na região oposta ao hilo (FRANÇA NETO et al., 2007). Esse enrugamento pode ocasionar a ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários, reduzindo a permeabilidade das membranas aos níveis celulares e subcelulares, afetando os mitocôndrios e a produção de energia (ATP) para a germinação. Essa alteração fisiológica propicia o aumento da respiração e a produção de CO₂, devido à absorção de água em temperatura elevada, como consequência, ocorre redução da eficiência respiratória causada pelo consumo do material de reserva, degradação de lipídios e proteínas e redução da atividade enzimática, ocasionando assim a deterioração das sementes (TILDEN; WEST, 1985; BEWLEY; BLACK, 1994; SUNG; JENG, 1994).

As sementes de soja apresentam maior susceptibilidade à deterioração por umidade que sementes de outras espécies agrícolas, devido às próprias características morfológicas, uma vez que as partes vitais do embrião, como radícula, hipocótilo e plúmula, estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

Queiroz et al. (1978) verificaram que, após uma precipitação pluvial de 27 mm, sementes de soja da cultivar Bossier tiveram a emergência de plântulas reduzida de 74% para 54% em apenas dois dias de intervalo de colheita. Forti et al. (2010; 2013) também observaram redução no potencial fisiológico de sementes de soja associadas a danificação por umidade. Giurizatto et al. (2003) estudando nove genótipos de soja colhidos no estádio R8 e aos 14 dias após esta fase, constataram que o atraso de colheita associado a ocorrência de chuvas em pré-colheita, reduziram a porcentagem de germinação das sementes.

Esses resultados corroboram a Vieira et al. (1983) e Tekrony et al. (1984). Segundo esses autores, a desidratação e hidratação cíclicas da semente, após a maturidade fisiológica, são apontadas como uma das principais causas da redução da qualidade fisiológica. Para Alencar et al. (2008) a combinação de teores de água e temperaturas mais elevadas intensificam o processo de deterioração em sementes, podendo prejudicar também a qualidade de grãos.

Segundo Andrade et al. (2010) a qualidade comercial de grãos diminui quando ocorre associação entre chuva e retardamento de colheita, fato este observado para a

cultivar TMG115RR, através do aumento da quantidade de grãos danificados associados a deterioração por umidade.

Para França Neto et al. (1984) durante as primeiras exposições, o tegumento com sucessivas hidratações começa a apresentar distúrbios químicos e fisiológicos. Os estados iniciais de deterioração são geralmente superficiais, não provocando perdas imediatas. Diante disso, estudos em diferentes genótipos de soja relacionados aos aspectos fisiológicos, estruturais e à semipermeabilidade dos tegumentos (COSTA et al., 2001) e das vagens, através do teor de lignina, podem auxiliar os programas de melhoramento genético na obtenção de resultados inerentes à deterioração por umidade em pré-colheita, favorecendo o desenvolvimento de materiais tolerantes, para alta produtividade de grãos e produção de sementes de qualidade.

2.4 PROPRIEDADES DOS TEGUMENTOS E VAGENS E SUA RELAÇÃO COM A DETERIORAÇÃO POR UMIDADE E A QUALIDADE DE SEMENTES

2.4.1 Tegumentos

O tegumento da semente de soja é a camada externa da semente, originado a partir dos integumentos do óvulo (NEDEL, 2003). A primina dá origem à testa e a secundina origina a tegma. A sua estrutura básica é composta pela epiderme da testa, formada pela cutícula e pelas células paliçádicas ou macroesclerídeos, a hipoderme da testa, formada pelas células em ampulheta ou osteosclerídeos e as células parenquimatosas (PESKE; PEREIRA, 1983; SWANSON et al., 1985).

A cutícula é a fina camada externa do tegumento, a qual possui estrutura variável e representa a primeira barreira à embebição (RAGUS, 1987). A camada paliçádica é constituída de células esclerenquimatosas, chamadas macroesclerídeos, e aparece de forma contínua em todo o tegumento, com exceção da região do hilo, no qual as duas camadas paliçádicas podem ser observadas. Essas células são alongadas perpendicularmente à superfície da testa, possuindo paredes celulares espessas e perfuradas na porção superior (ESAU, 1976; PESKE; PEREIRA, 1983).

Abaixo da epiderme encontra-se a hipoderme, esta camada é unicelular e continua em toda testa, com exceção da região do hilo, na qual está ausente. Essa camada é formada por osteoesclerídeos, células esclerenquimatosas com parede celular de espessura desuniforme, constituindo uma camada de suporte com considerável espaço intercelular. A quarta camada é constituída por células parenquimatosas, as quais possuem forma alongada e

apresentam-se distribuídas ao longo de toda a superfície (CORNER, 1951; PESKE; PEREIRA, 1983).

As principais funções do tegumento são proporcionar a proteção do embrião contra danificações mecânicas e ataque de microrganismos, a regulação das trocas gasosas entre o embrião e o ambiente externo, do intercâmbio de água e a proteção durante a embebição, evitando a ruptura celular (DUKE; KAKEFUDA, 1981; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; RADCHUK; BORISJUK, 2014).

Os tegumentos das sementes de soja podem ser permeáveis ou semipermeáveis à água. Tegumentos permeáveis facilitam a embebição, enquanto que tegumentos semipermeáveis restringem, em diferentes graus, a embebição. As propriedades de permeabilidade do tegumento das sementes podem estar relacionadas com as suas estruturas. Um tegumento típico de sementes de leguminosas contém diversas áreas especializadas, ou seja, hilo, micrópila, rafe, e a região extra hilar (MA et al., 2004).

O efeito regulador do tegumento sobre a difusão de água tem sido estudado por vários pesquisadores, mas o mecanismo que restringe a absorção de água pelas sementes de soja ainda não foi completamente elucidado. Resultados de estudos anatômicos e histológicos em sementes de soja mostraram a presença de substâncias impermeáveis à água, formadas nas camadas do tegumento de sementes duras (CASTRO, 2015).

Estudos realizados por Vieira et al. (1987) e Mertz (2007) em sementes de soja, demonstraram existir diferenças em virtude da presença de sementes duras, as quais apresentam total ou parcial impermeabilidade à penetração de água no tegumento e, conseqüentemente, tornam-se menos susceptíveis aos danos mecânicos, as adversidades climáticas, a deterioração por umidade e a incidência de patógenos.

Segundo Arantes et al. (1994) o caráter dureza do tegumento é conferido pela camada de suberina localizada na camada interna das células paliçádicas sob a região do hilo, sendo essa camada contínua em sementes impermeáveis e descontínua em sementes permeáveis.

Para Vu et al. (2014) os depósitos superficiais e fissuras na cutícula são os principais fatores condicionantes da presença de sementes duras e impermeabilidade a água. Em estudos com sementes de soja, Ma et al. (2004) relataram que a cutícula da camada paliçádica do tegumento é fator determinante na permeabilidade do mesmo. No tegumento permeável a cutícula é mecanicamente frágil, desenvolvendo rachaduras ao longo da embebição, ou até mesmo, durante as diferentes etapas do processo de produção,

beneficiamento e armazenamento das sementes, enquanto que no tegumento semipermeável a cutícula é mecanicamente mais resistente, não sofrendo rachaduras em condições normais.

Trabalhos conduzidos por Mertz (2007) sugerem a existência de outras diferenças que não à cutícula, entre a estrutura dos tegumentos de soja com características de permeabilidade contrastantes, como por exemplo, a espessura das camadas da epiderme e hipoderme, a presença de pigmentos e o formato e organização das células. Ma et al. (2004) também verificaram a existência de depósitos em forma de material granular localizados na superfície do tegumento, assim como, evidências que levam a concluir que esses depósitos são compostos por material hidrofílico.

Em trabalho desenvolvido por Forti et al. (2013) os autores observaram através de imagens de microscopia eletrônica que as camadas das células paliçádicas, da ampulheta e do parênquima de tegumentos de sementes de soja, diminuíram gradualmente de tamanho na região oposta ao hilo, onde os enrugamentos causados pela deterioração por umidade geralmente são observados. Ainda, as células da ampulheta apresentaram aspectos torcidos, dobrados e achatados. Estes resultados podem ser indicativos dos possíveis distúrbios fisiológicos ocasionados pela deterioração por umidade.

Além das características citadas acima, a permeabilidade ou semipermeabilidade dos tegumentos das sementes tem sido relacionada à presença de lignina. Este é considerado um polímero fenólico e um dos principais componentes dos tecidos de gimnospermas e angiospermas, ocorrendo em vegetais e tecidos vasculares (LEWIS; YAMAMOTO, 1990; CAMPBELL; SEDEROFF, 1996). A lignina apresenta importante papel no transporte de água, nutrientes e metabólitos, sendo responsável pela resistência mecânica de vegetais, além de proteger os tecidos contra o ataque de microrganismos (ZHAO; DIXON, 2011).

Nas sementes de soja este composto pode desempenhar um papel importante na qualidade de sementes (ALVAREZ et al., 1997; PANOBIANCO et al., 1999). O tegumento de sementes de soja por ser muito fino e seu conteúdo de lignina muito baixo, oferece pouca proteção à radícula, que está localizada em região muito vulnerável (APEZZATO da GLORIA; CAMELLO-GUERREIRO, 2006), predispondo as sementes a danificações, que podem reduzir a sua qualidade e o estabelecimento das plantas no campo.

A lignina é um polímero derivado de unidades fenilpropanóides denominadas C6C3 ou, simplesmente, unidades C9, repetidas de forma irregular, que têm sua origem na polimerização desidrogenativa do álcool coniferílico (LAPIERRE, 1993). Os

fenilpropanóides se formam a partir do ácido chiquimico e *p*-cumárico, e seu metabolismo incluem diversas rotas bioquímicas dentre eles, a rota da lignina (SIMÕES; SPITZER, 2004).

As principais enzimas participantes na síntese da lignina são fenilalanina amônia liase (PAL), Cinamato 4-Hidroxilase (C4H), 4-Cumarate-CoA ligase (4CL), 4-Hidroxicinamato 3-Hidroxilase (C3H), 5-Adenosil-Metionina: Cafeato/5-Hidroxi (OMT), Ferulato-5-Hidroxilase (F5H), Hidroxicinamoil COA Redutase (CCR), Cinamil Álcool Desidrogenase (CAD) (BOUDET, 2000; 2003; DARLEY et al., 2001; BALDONI, 2010).

A inserção de lignina na parede do tegumento tem origem na lamela média, partindo em direção ao interior da parede secundária. Inicialmente ocorre o crescimento da parede primária que corresponde à fase em que a célula aumenta de tamanho, e depois o crescimento da parede secundária, fase em que a parede celular torna-se progressivamente mais espessa, a partir da borda interna da parede primária, em direção ao centro da célula, ocorrendo à deposição de polímeros de lignina. O efeito deste padrão de deposição de lignina torna a região da lamela média/parede celular primária mais intensamente lignificada (JUNG; ALEN, 1995). Segundo Menezes et al. (2009) a maior deposição de lignina ocorre nas camadas das células paliádicas do tegumento, proporcionando a característica de semipermeabilidade.

Desta forma, o estudo de teor de lignina nos tegumentos pode ser de grande valor para os programas de melhoramento genético para a obtenção de sementes de qualidade, visto que, tegumentos com maior teor de lignina podem apresentar menor permeabilidade à água, o que resulta em menor deterioração das sementes a campo (OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo Marcos Filho (2015) a deterioração por umidade é verificada com frequência em sementes de soja, devido à ausência da camada tegumentar composta por células em forma de “ampulheta” da hipoderme, na região oposta ao hilo, de modo que as expansões e contrações não são atenuadas. França Neto e Potts (1979) constataram que sementes com características de tegumento semipermeável sofrem menos danos por umidade durante o processo de secagem, e essa diferença está relacionada ao teor de lignina no tegumento.

Em trabalho realizado por Castro et al. (2016) os autores verificaram que as sementes de soja da cultivar AS 7307 RR apresentaram maior teor de lignina no tegumento, menor porcentagem de danos por umidade e melhor qualidade fisiológica.

Diversos autores concluíram que o teor de lignina difere entre genótipos de soja (CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; ALVAREZ et al., 1997; PANOBIANCO, 1997; MENEZES et al., 2009 e que maiores teores conferiram maior resistência a danos na

semente, podendo influenciar na tolerância à deterioração por umidade, por reduzir a velocidade de hidratação das sementes, favorecendo a produção de sementes de melhor qualidade (OBANDO-FLOR et al., 2004; FRANÇA NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

Moreira et al. (2012) verificaram que sementes de soja da cultivar CD 215 com maior conteúdo de lignina, apresentaram maior porcentagem de germinação, possivelmente devido à semipermeabilidade do tegumento, que proporciona melhor proteção e entrada de água mais lenta. Santos et al. (2007) relatam que sementes de soja com tegumento de cor marrom, apresentaram menor velocidade de embebição, em função da maior concentração de lignina.

Segundo Mcdougall et al. (1996), a impermeabilidade no tegumento conferida pela lignina exerce efeito significativo sobre a capacidade e velocidade de absorção de água. Cavariani et al. (2009) analisando a velocidade de hidratação, o teor de lignina no tegumento e as espessuras da camada paliçádica, hipoderme, parênquima lacunoso e total deste tecido em sementes de soja, observaram que a espessura do parênquima lacunoso do tegumento relaciona-se significativamente com a velocidade de hidratação das sementes.

Mertz et al. (2009) verificaram diferenças entre as estruturas dos tegumentos de soja em função da sua coloração relacionadas à permeabilidade do tegumento e indiretamente à qualidade das sementes. Baldoni (2010) observou indícios de relação entre a espessura das camadas de células paliçádicas e ampulheta e o vigor de sementes avaliado pelo teste de condutividade elétrica. Corroborando Vieira et al. (1996) verificaram que a diversidade de características do tegumento de sementes existente nos diferentes genótipos sugere influência deste fator nos resultados de testes qualitativos relacionados à composição e permeabilidade das membranas e a deterioração no campo.

Segundo Alvarez et al. (1997) a resistência à deterioração em campo está relacionada ao grau de permeabilidade do tegumento e das membranas, ou seja, não apenas à lignina, e sim à todas características do tegumento. Concordando Souza e Marcos Filho (2001) observaram que o tegumento é considerado um dos principais condicionantes da capacidade de germinação, do vigor e da longevidade das sementes de soja.

2.4.2 Vagens

O fruto da soja é um legume, comumente chamado de vagem. Origina-se do ovário e é composto pelo pericarpo e a semente. O pericarpo é formado a partir da parede do

ovário e a semente origina-se do ovário ou rudimento seminal. A vagem apresenta comprimento, forma e cor variáveis para cada cultivar. A forma pode ser achatada, ovalada, preta, reta, pouco curvadas, até quase cilíndrica, conforme a forma das sementes (VERNETTI, 1983).

A sua estrutura básica é composta pelo exocarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo é constituído pela epiderme e camadas subepidérmicas, ambas compostas de células com paredes espessadas. O mesocarpo é geralmente de natureza parenquimática apresentando suas células com paredes finas, enquanto que o endocarpo pode constituir-se de várias camadas de células espessadas (ESAU, 1974).

A cor básica da vagem varia de amarelo-palha, cinza claro a quase preta. As cores originam-se da presença de restos de xantofilas nos plastídeos e flavonóis nos vacúolos (MÜLLER, 1981). O comprimento da vagem está compreendido entre 2 a 7 cm, dependendo da cultivar e das condições ambientais (WILLIAMS, 1950; MENEZES et al., 1997). Estas são cobertas por pêlos denominados pubescências, com coloração variada, podendo apresentar-se em coloração cinza ou marrom. Este caráter destaca-se na identificação das cultivares (MENEZES et al., 1997).

As vagens apresentam diversas características que as diferem entre os genótipos, sendo que algumas propriedades podem contribuir para melhorar a qualidade das sementes de soja, como, a semipermeabilidade das suas paredes e o conteúdo de lignina (FRANÇA NETO et al., 1994).

França Neto e Krzyzanowski (2000) verificaram que vagens que apresentam menor permeabilidade a alterações de umidade do ambiente, podem fornecer proteção extra para as sementes contra a deterioração no campo. Pereira et al. (1985) observaram relação entre a baixa permeabilidade exibida pelas paredes da vagem e excelente qualidade fisiológica e sanitária das sementes, uma vez que a baixa permeabilidade das vagens proporcionou maior proteção as sementes no campo durante a fase final de maturação.

Além disso, diversos pesquisadores têm estudado as diferenças genéticas para a característica da permeabilidade da parede da vagem e a variabilidade entre o conteúdo de lignina para os diferentes genótipos de soja (YAKLICH; CREGAN, 1981; TULLY, 1982; DASSOU; KUENEMAN, 1984; PEREIRA et al., 1985; ROMKAEW et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2014).

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Embrapa Arroz e Feijão - Sistemas de Produção, 6).
- ALENCAR, E. R. de; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.de; FERREIRA, L. G.; MENEGHITTI, M. R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 16, p. 155-166, 2008.
- ALVAREZ, P. J. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M. G.; FRANÇA NETO, J. de B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.
- ANDRADE, P. J.; FERRONATO, A.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; CANEPPELE, M. A. B. Qualidade física dos grãos de soja, cultivar TMG115RR, submetidos à simulação de chuva durante o retardamento de colheita. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 281-292, 2010.
- APROSOJA – Associação de produtores de soja do Mato Grosso. **Os usos da soja**. Mato Grosso, 2013. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/sobre-a-soja/os-usos-da-soja/> Acesso em: 08 ago. 2017.
- ARANTES, H. A. G.; ROCHA, V. S.; SILVA, E. A. M.; SEJIYAMA, T. Espessura do tegumento, embebição em água e qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Ceres**, v. 41, n. 234, p. 126-132, 1994.
- ATHOW, H. L.; LAVIOLETTE, F. A. Pod protection effect on soybean seed germination and infection with *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* and other microorganisms. **Phytopathology**, v. 63, n. 8, p. 1021-3, 1973.
- BALDONI, A. **Análises fisiológicas, ultraestruturais e expressão gênica de lignina em sementes de soja**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press, 1994. p. 388-411.
- BENNETT, M. A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo Abrates**, v. 11, n. 3, p. 58-62, 2001.
- BOUDET, A. M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 1/2, p. 81-96, 2000.
- BOUDET, A. M. Lignins and lignocellulosics: a better control of synthesis for new and improved uses. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 8, p. 576-581, 2003.
- BRACCINI, A. L. de.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO, F. E. I.; SCHUAB, S. R. P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.
- BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K. A economia mundial da

soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. **Anais...** XLIII Congresso Sober, Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

BURTON, J. W.; ISREAL, D. W.; WILSON, R. F.; CARTER, T. E. Effects of defoliation on seed protein concentration in normal and high protein lines of soybean. **Plant and Soil**, v. 172, n. 1, p. 131-139, 1995.

CÂMARA, G. M. S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO NETO, D.; BERNARDES, M. S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, v. 54, p. 149-154, 1997.

CAMPELO, G. J. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Características agronômicas e morfológicas das cultivares de soja desenvolvidas para as regiões de baixas latitudes. **In: Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro** (QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S. R. R.). 1999.

CAMPBELL, M. M.; SEDEROFF, R. R. Variation in lignin content and composition. **Plant Physiology**, v. 110, p. 3-13, 1996.

CARBONELL, S. A. M; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.

CASTRO, E. L. de. **Teor de lignina e qualidade de sementes de soja em relação ao retardamento da colheita**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CASTRO, E. L.; OLIVEIRA, J. A.; LIMA, A. E.; SANTOS, H. O. dos.; BARBOSA, J. I. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a chuva artificial na pré colheita. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 014-021, 2016.

CAVARIANI, C.; TOLEDO, M. Z.; RODELLA, R. A.; FRANÇA NETO, J. de B.; NAKAGAWA, J. Velocidade de hidratação em função de características do tegumento de sementes de soja de diferentes cultivares e localidades. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.1, p. 31-39, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2015/16** – Décimo Primeiro levantamento. Agosto, 2016. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf. Acesso em: 10 ago. 2017

CONWAY, G. **Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente**. Trad.Celso Mauro Paciornik. São Paulo: Estação Liberdade, 2003. 375p.

CORNER, E. J. H. The leguminous seed. **Phytomorphology**, v. 1, n. 117-150, 1951.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Mânica e J. A. Costa, 1996. 233 p.

COSTA, N. P. da.; MESQUITA, C. de. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. de. 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**, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

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

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multi disciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

DALL'GNOL, A. The impact of soybeans on the brazilian economy. In: **Technical information for agriculture**. São Paulo: Máquinas Agrícolas Jacto, n. 2, p. 16-17, 2000.

DARLEY, C. P.; FORRESTER, A. M.; McQUEEN-MASON, S. J. The molecular basis of plant cell wall extension. **Plant Molecular Biology**, v. 47, n. 1/2, p. 179-195, 2001.

DASSOU, S.; KUENEMAN, E. A. Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed. **Crop Science**, v. 24, n. 4, p. 774-779, 1984.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

DUKE, S. H.; KAKEFUDA, G. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of the legume seeds. **Plant Physiology**, v. 67, n. 2, p. 449-456, 1981.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** - Paraná - 2005/06. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2005. (Sistemas de Produção, 8).

ESAU, K. **Anatomia das Plantas com Sementes**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 141p.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415 - 421, 2001.

FARIAS, J. R. B. Environmental limitations to maximum soybean yield. In: World Soybean Research Conference, 7, 2004. Foz do Iguaçu. **Proceedings**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1287-1295.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; TOBITA, S.; ALMEIDA, I. R. de. Restrições da disponibilidade hídrica a obtenção de elevados rendimentos de grãos de soja. In: Congresso Brasileiro de Soja, 4, 2006, Londrina-PR, **Anais...**, Londrina-PR: Embrapa Soja, 2006, p.65-57.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; TANAKA, F. A. O.; CICERO, S. M. Weathering damage in soybean seeds: assessment, seed anatomy and seed physiological potential. **Seed Technology**, v. 35, n. 2, p. 213-224, 2013.

FRANÇA NETO, J. de B.; POTTS, H. C. Efeitos da colheita mecânica e da secagem artificial sobre a qualidade da semente dura em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 2, p. 64-77, 1979.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1984. 39p. (Embrapa-CNPSO - Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. de B. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. de. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.87-102.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. Tecnologia de produção de sementes. **In: A cultura da soja no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2000 – CD-ROM.

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia para produção de sementes de soja de alta qualidade – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 40).

FREITAS, R. A. **Patologia de semente de feijão**. 2005. Disponível em: <<http://orbita.starmedia.com/~fitopatologia/patofeijao.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

GIURIZATTO, M. I. K.; SOUZA, L. C. F.; ROBAINA, A. D.; GONÇALVES, M. C. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 771-779, 2003.

GIGLIOLI, J. L.; FRANÇA NETO, J. de B. Efeito da escarificação mecânica e do retardamento de colheita sobre a emergência de sementes de soja com tegumento impermeável. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1982. v. 1, p. 601-609. (Embrapa-CNPSO - Documentos, 1).

APEZZATO da GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

HARTWIG, E. E.; POTTS, H. C. Development and evaluation of impermeable seed coats for preserving soybean seed quality. **Crop Science**, v. 27, n. 3, p. 506-508, 1987.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja - Documentos, 264).

- HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economy Botany**, v. 24, p. 408-421, 1970.
- JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plants cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B. Agregando valor a sementes de soja. **Seed News**, v. 7, n. 5, p. 22- 27, 2003.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4 p. (Circular Técnica, 37).
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. da. **A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades – Série Sementes**. Londrina: Embrapa soja, 2008. 7p. (Embrapa Soja - Circular Técnica, 55).
- LANGE, C. E. Soja. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 779-802.
- LAPIERRE, C. Application of new methods for the investigation of lignin structure. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D.; RALPH, J. **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: American Society for Agronomy, 1993. p. 133-163.
- LEWIS, N.; YAMAMOTO, E. Lignin: occurrence, biogenesis and biodegradation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 41, p. 455-496, 1990.
- MA, F.; CHOLEWA, E.; MOHAMED, T.; PETERSON, C. A.; GIJZEN, M. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. **Annals of Botany**, v. 94, p. 213-228, 2004.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 660p.
- MCDUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; HILLMAN, J. R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.
- MELO, R. W. de. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul**. 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; RUBIN, S. de A. L.; BERNARDI, G. E. Caracterização de vagens e sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 27, p. 387-391, 1997.

MENEZES, M. de; PINHO, E. V. de R.; JOSE, S. C. B. R.; BALDONI, A.; MENDES, F. F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1716-1723, 2009.

MERTZ, L. M. **Caracterização morfo-fisiológica e identificação de fragmentos de cDNA diferencialmente expressos em tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante**. 2007. 60p. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; CRUZI, H. L.; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

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

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A Soja No Brasil**. 1. ed. Campinas/SP: ITAL, 1981.1062p.

MORAES, R. M. A. de; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 725-729, 2006.

MOREIRA, G. C.; SPERGER, T.; SPERGER, A. S.; PALAGI, C. A. Influência da lignina na germinação de sementes de soja. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 2, p. 175-182, 2012.

MÜLLER, L. Taxonomia e Morfologia, In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL., p. 65-108, 1981, 1062 p.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Departamento de Plantas de Lavouras, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre. 2005. 31 p.

NEDEL, J. L. In: **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. 2003. p.121.

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

OLIVEIRA, C. M. G.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

PANOBIANCO, M. **Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no tegumento**. 1997. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PEREIRA, L. A. G.; ANDREWS, C. H. Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean seed coats by scanning electron microscopy. **Seed Science and Technology**, v. 13, p. 853-860, 1985.

PESKE, S.; PEREIRA, L. A. G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, v. 6, n. 1/2, p. 23-24, 1983.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2º Ed., p. 12-93, 2006. 454p.

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

QUEIROZ, E. F.; NEMAIER, N.; TORRES, E.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J. B.; PEREIRA, L. A. G.; BIANCHETTI, A.; YAMASHITA, J. **Recomendações técnicas para a colheita da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1978. 32p.

RADCHUK, V.; BORISJUK, L. Physical, metabolic and developmental functions of the seed coat. **Frontier Plant Science**, v. 5, p. 1-17, 2014.

RAGUS, L. N. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, v. 15, p. 285-296, 1987.

ROESSING, A. C.; TOLEDO, J. F. F.; GALERANI, P. B. Histórico e desenvolvimento. In: **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2000 – CD - Rom.

ROMKAEW, J.; NAGAYA, Y.; GOTO, M.; SUZUKI, K.; UMEZAKI, T. Pod dehiscence in relation to chemical components of pod shell in soybean. **Plant Production Science**, v. 11, n. 3, p. 278-282, 2008.

SANTOS, E. L.; PÓLA, J. N.; BARROS, A. S. R.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SILVA, J. B. da; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. de. Comportamento de sementes de cultivares de soja, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 755-762, 2010.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1993.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. cap. 18, p. 467-496.

SOUZA, F. H. D.; MARCOS FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed environment relationships in *Fabaceae*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 365-375, 2001.

SUNG, J. M.; JENG, T. L. Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes associated with accelerated aging peanut seed. **Physiologia Plantarum**, v. 91, p. 51-55. 1994.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

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

SCHNEPF, R. D.; DOHLMAN, E.; BOLLING, C. **Agriculture in Brazil and Argentina: Developments and Prospects for Major Field Crops**. Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, 2001.

SWANSON, B. G.; HUGHES, J. S.; RASMUSSEN, H. Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. **Food Microstructure**, v. 4, p. 115-124, 1985.

TALAMINI, V.; ALMEIDA, N. A.; LIMA, N. R. S.; SILVA, A. M. F.; CARVALHO, H. W. L. da.; SOUZA, R. C. de. **Avaliação da Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol introduzidas para cultivo em Sergipe**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Dezembro, 2011. (Embrapa Tabuleiros Costeiros - Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 67).

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; BALLE, J.; TOMES, L.; STUCKEY, R. E. Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and *Phomopsis* sp. Seed infection. **Crop Science**, v. 24, n. 1, p. 189-193, 1984.

TILDEN, R. L.; WEST, S. H. Reversal of effects of aging soybean seeds. **Plant Physiology**, n. 77, p. 584-586, 1985.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TOLLEFSON, J. The Global Farm: With its plentiful Sun, water and land, Brazil is quickly surpassing other countries in food production and exports. But can it continue to make agricultural gains without destroying the Amazon? **Nature**, v. 466, p. 544-556, 2010.

TULLY, R. E. A new technique for measuring permeability of dry soybean pods to water. **Crop Science**, v. 22, n. 2, p. 437-440, 1982.

USDA. United States Department of Agriculture – **National Agricultural Statistics Service**. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**, 2017. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf> Acesso em: 10 nov. 2017.

VIEIRA, R. D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S.; THIEBAUT, J. T. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ceres**, v. 30, n. 172, p. 408-418, 1983.

VIEIRA, R. D.; ARANHA, L. R. S.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Produção, características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Científica**, v. 15, n. 1, p. 127-136, 1987.

VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

VERNETTI, F. de J. (Coord.). **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. v.1, p.97-124.

VU, D. T.; VELUSAMY, V.; PARK, E. Structure and chemical composition of wild soybean seed coat related to its permeability. **Pakistan Journal of Botany**, v. 46, n. 5, p. 1847-1857, 2014.

WESTGATE, M. E.; ORF, J.; SCHUSSLER, J. R.; SHUMWAY, C. **Temperture regulation of uptake and metabolism of protein and oil precursors by developing soybean embryos**. Madison: American Soybean Association, 1995. 106p.

WILLIAMS, L. F. Structure and genetic characteristics of the soybean. In: MARKLEY, K.S. (ed.). **Soybean and Soybean Products**. v. 1, New York: Interscience Publ., p. 111-134, 1950.

YAKLICH, R. W.; CREGAN, P. B., Moisture migration into soybean pods. **Crop Science**, v. 21, n. 5, p. 791-793, 1981.

ZHAO, Q.; DIXON, R. A. Transcriptional networks for lignin biosynthesis: more complex than we thought? **Trends Plants Science**, v. 16, p. 227-233, 2011.

CAPÍTULO II

3 ABSORÇÃO DE ÁGUA EM VAGENS E SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA

3.1 RESUMO

A deterioração por umidade em pré-colheita tem ocasionado perdas frequentes para a cultura da soja, especialmente para a qualidade de sementes. Desta forma, a identificação das características dos genótipos, relacionadas as vagens e sementes, e sua interação com a absorção de água, podem auxiliar os programas de melhoramento na obtenção e desenvolvimento de cultivares visando a manutenção e produção de sementes de qualidade. O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de água em vagens e sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina submetidas a diferentes tempos de hidratação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x10, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) e 10 tempos de hidratação (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 48 horas). As vagens e sementes foram produzidas em casa de vegetação, e as coletas foram realizadas no estágio fenológico de desenvolvimento R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura). Após coletadas, as vagens e sementes foram submetidas às seguintes avaliações: teores de lignina na vagem e no tegumento, teor, taxa e índice de velocidade de absorção de água em vagens e sementes. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade. Foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade para as cultivares. A análise de regressão foi efetuada em função dos tempos de absorção. Cultivares de soja com elevados teores de lignina nas vagens apresentam menor taxa e velocidade de absorção de água. Os teores de lignina presente nos tegumentos, dentro dos limites de contraste avaliados, não interferem na absorção de água pelas sementes.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Hidratação. Germinação. Permeabilidade.

CHAPTER II

ABSORPTION OF WATER IN PODS AND SEEDS OF SOYBEAN CULTIVARS WITH CONTRASTING CONTENTS OF LIGNINA

3.2 ABSTRACT

Pre-harvest moisture deterioration has caused frequent losses for soybean crop, especially for seed quality. In this way, the identification of genotype traits, related to pods and seeds, and their interaction with water absorption, may help breeding programs to obtain and develop cultivars for the maintenance and production of quality seeds. The objective of this work was to evaluate the water absorption in pods and seeds of soybean cultivars with contrasting lignin contents submitted to different hydration times. The experimental design was completely randomized, in a 7x10 factorial scheme, with four replications. The factors were constituted by seven soybean cultivars (A, B, C, D, E, F and G) and 10 hydration times (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 48 hours). The pods and seeds were produced in a greenhouse, and collections were carried out at the phenological stage of development R8 (full maturation with 95% of pods with mature staining). After being collected, the pods and seeds were submitted to the following evaluations: lignin contents in the pod and seed coat, content, rate and rate of water absorption rate in pods and seeds. The data were analyzed for normality and homoscedasticity. A variance analysis was performed and the means compared by Scott-Knott's test, at 5% probability for the cultivars. Regression analysis was performed as a function of absorption times. Soybean cultivars with high lignin contents in the pods present lower rate and water absorption speed. The contents of lignin present in the seed coats, within the limits of contrast evaluated, does not interfere in the absorption of water by the seeds.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill. Hydration. Germination. Permeability.

3.3 INTRODUÇÃO

A soja destaca-se como a principal oleaginosa cultivada e consumida no mundo. No entanto, incrementos em produtividade ainda são necessários e possíveis, por meio de práticas como o uso de sementes de elevada qualidade (MOTERLE et al., 2011).

Sementes de qualidade devem apresentar adequadas características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas. Estes fatores estão associados ao desempenho da semente a campo, com o estabelecimento ideal da população de plantas e o alcance de altos níveis de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

A qualidade das sementes é adquirida durante todo o processo de produção, porém no caso da soja, as sementes são altamente susceptíveis as condições ambientais, sendo que a perda mais frequente da qualidade ocorre no campo (GIGLIOLI; FRANÇA NETO, 1982; PESKE; PEREIRA, 1983; HARTWIG; POTTS, 1987; FRANÇA NETO et al., 2000).

Entre os fatores climáticos, o excesso hídrico, especialmente em pré-colheita, é prejudicial à qualidade das sementes de soja, em decorrência da deterioração por umidade (FRANÇA NETO; HENNING, 1984; GIURIZATTO et al., 2003). Esse dano causa enrugamento e rachaduras no tegumento, devido à expansão e contração deste tecido em função da exposição a ciclos alternados de temperatura e umidade relativa (FRANÇA NETO et al., 2000; COSTA et al., 2001; CUNHA et al., 2009; TERASAWA et al., 2009).

As qualidades física e fisiológica das sementes de soja apresentam maior susceptibilidade ao dano por umidade, devido às próprias características morfológicas das sementes, uma vez que as partes vitais do embrião, como radícula, hipocótilo e plúmula, estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984; GIURIZATTO et al., 2003). Portanto, a identificação de características genotípicas relacionadas à tolerância das sementes a deterioração por umidade em pré-colheita é essencial para a exploração em programas de melhoramento com foco em qualidade de sementes. Uma possível tolerância à deterioração pode estar associada à permeabilidade das vagens e tegumentos e sua relação com a absorção de água.

Segundo Ma et al. (2004) o tegumento das sementes de soja pode ser permeável ou semipermeável à água. Tegumentos permeáveis facilitam a embebição, enquanto tegumentos semipermeáveis restringem, em diferentes graus, a embebição. Diversos autores relatam que permeabilidade do tegumento da semente está relacionada à sua estrutura e compostos, como a camada de suberina, a cutícula, entre outras (ARANTES et al., 1994; MA et al., 2004; MERTZ et al., 2009). O teor de lignina também pode ser determinante na

redução da permeabilidade a água, resultando em menor deterioração das sementes a campo (OLIVEIRA et al., 2014).

Diversos autores concluíram que o teor de lignina em tegumentos diferem entre genótipos de soja (CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; ALVAREZ et al., 1997; PANOBIANCO, 1997; MENEZES et al., 2009; GRIS et al., 2010), e que maiores teores conferiram maior resistência a danos na semente, podendo influenciar na tolerância à deterioração por umidade, por reduzir a taxa e a velocidade de hidratação das sementes, favorecendo a obtenção de sementes de melhor qualidade (OBANDO-FLOR et al., 2004; FRANÇA NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

Moreira et al. (2012) verificaram que sementes de soja da cultivar CD 215 com maior teor de lignina apresentaram maior porcentagem de germinação, possivelmente devido à semipermeabilidade do tegumento, que proporcionou além de proteção, uma entrada de água mais lenta no embrião. McDougall et al. (1996) e Santos et al. (2007) também constataram que sementes de soja apresentaram menor velocidade de hidratação em função do maior teor de lignina. Em vagens, Oliveira et al. (2014) observaram que a permeabilidade varia conforme o genótipo e com o estágio de desenvolvimento, porém o teor de lignina nas vagens não teve influência sobre a permeabilidade das mesmas.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de água em vagens e sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina submetidas a diferentes tempos de hidratação.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Londrina, PR, nos Laboratórios de Fisiologia, Tecnologia e Química de Sementes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x10, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) e 10 tempos de hidratação (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 48 horas) de vagens e sementes em água.

As sementes das cultivares utilizadas (Tabela 1) foram produzidas em condições de casa-de-vegetação (modelo Van der Hoeven[®]) com controle parcial de temperatura e umidade relativa do ar. As condições ambientais da casa de vegetação

(temperatura e umidade relativa do ar) durante o experimento foram monitoradas com equipamento Data Logger (Figura 1).

Tabela 1 – Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características.

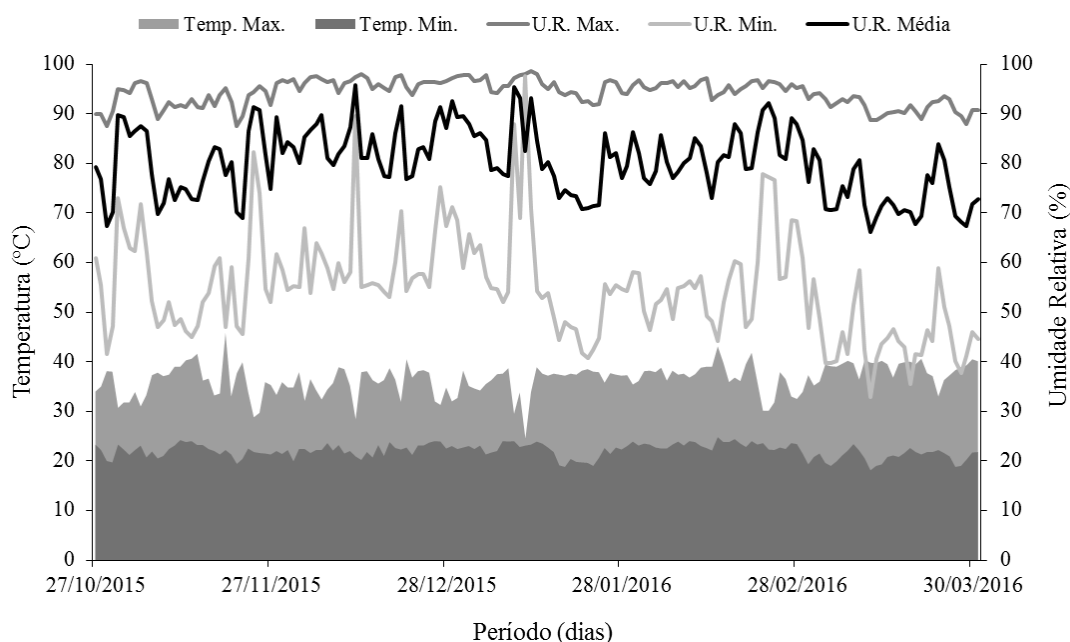
Código	Cultivar	Tipo ¹	Hábito ²	Ciclo	Grupo	Pubescência
A	BRS 1010 IPRO	I	Ind.	Precoce	6.1	Cinza
B	BRS 284	C	Ind.	Precoce	6.3 a 7.1	Cinza
C	NA 5909 RR	RR	Ind.	Precoce	5.9	Cinza
D	BRSMG 752 S	C	Ind.	Semiprecoce	7.5	Marrom
E	BRS Pintado	C	Det.	Médio	8.7	Cinza
F	BRS Jiripoca	C	Det.	Médio	8.4	Cinza
G	M 8210 IPRO	I	Det.	Precoce	8.2	Marrom

¹ Tipo de tecnologia: I: intacta; C: convencional e RR: Roundup Ready®.

² Hábito de crescimento: Ind: indeterminado e Det: determinado.

Sementes das cultivares avaliadas foram semeadas em vasos de 9 litros, com solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (BHERING; SANTOS, 2008), devidamente corrigido de acordo com as necessidades da cultura.

Figura 1 - Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação.



A semeadura foi efetuada em 27/10, após a inoculação das sementes, em uma profundidade de 3 a 5cm. Para a inoculação, foi utilizado o inoculante líquido comercial BIOAGRO NG® com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, estirpes SEMIA 5079 e 5080 (5×10^9 células viáveis mL⁻¹), na dose de 100 mL do produto comercial para cada 50 kg⁻¹ de

sementes, horas antes da semeadura. Foi realizado o tratamento de sementes com o fungicida comercial Derosal Plus[®] (Carbendazin + Thiram) na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Foram colocadas quatro sementes por vaso e após a emergência das plântulas foi feito o raleio deixando duas plantas por recipiente.

Para cada cultivar foram utilizadas quatro repetições, sendo que cada repetição consistiu de 10 plantas, totalizando 40 plantas por genótipo. Efetuou-se a irrigação diária por meio do uso de aspersores por gotejamento. Os tratos culturais (aplicação de inseticidas e fungicidas) foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura.

A coleta das vagens e sementes foi realizada no estágio fenológico de desenvolvimento R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura), conforme descrição de Ritchie et al. (1997). As amostras foram coletadas no terço superior, médio e inferior da planta, e após, encaminhadas ao laboratório para análises conforme as seguintes metodologias:

Teor de água das vagens e sementes: o teor de água foi determinado pelo método da estufa, a 105 °C, utilizando-se três repetições para cada tratamento, conforme a metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Teor de lignina da vagem e do tegumento: foi determinado utilizando-se para cada tratamento três repetições de 100 sementes e de 50 vagens. As sementes, separadas das vagens, foram imersas em água por período de 12h para separar os tegumentos dos cotilédones. Após esse procedimento, os tegumentos e as vagens separadas anteriormente, foram levados para secagem em estufa a 105 °C por 24h. A matéria seca obtida foi triturada e homogeneizada. Posteriormente foram pesadas 0,3g para a etapa de extração das proteínas ligadas à parede celular. Após obter o material livre de proteínas, foi feita a quantificação da lignina pelo método de Brometo de Acetila (MOREIRA-VILAR et al., 2014).

Taxa de absorção de água em vagens e sementes: foi realizado o estudo de absorção de água pelas vagens (vagens com sementes) e sementes, sob 10 períodos de hidratação (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24 e 48 horas), sendo utilizadas três repetições com 25 indivíduos cada, por tratamento. Inicialmente, cada repetição foi pesada (massa inicial) e disposta entre duas folhas de papel germitest umedecido com água destilada, no interior de caixas *gerbox*. Foi utilizada quantidade de água referente a 2,5 vezes a massa seca do papel (BRASIL, 2009). Os tratamentos foram instalados em germinador de bancada, mantido em temperatura constante de 25 °C. Nos tempos pré-determinados foram realizadas pesagens para

quantificar o ganho de massa úmida. A cada pesagem as vagens e sementes foram retiradas do *gerbox*, postas sobre papel para absorver a umidade externa, pesadas e em seguida retornadas aos *gerbox* e ao germinador.

Ao final de 48 horas, as vagens e sementes foram retiradas dos *gerbox*, pesadas (massa final). Com o peso inicial e final de cada amostra, determinou-se o ganho de peso em porcentagem de água absorvida em vagens e sementes, para cada tempo de embebição, com o uso da fórmula:

$$GP (\%) = \frac{(PF - PI)}{PI} * 100$$

Em que: GP = porcentagem de água absorvida, em relação ao peso inicial da amostra; PI = peso inicial da amostra (para cada período); PF = peso final da amostra após 48h de embebição em água.

Índice de velocidade de hidratação: foi determinado de acordo com Nakagawa et al. (2007), baseando-se na fórmula do índice de velocidade de germinação (IVG) de Popinigis (1977), com a substituição dos dados de germinação pela quantidade de água absorvida.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram a não necessidade de transformação. Foi realizada análise de variância e as médias entre cultivares comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi efetuada em função dos tempos de absorção de água. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo do quadro de análise de variância para a interação entre cultivares e tempos de hidratação, para as variáveis absorção de água em vagens e sementes, assim como, os quadrados médios de cultivar para as variáveis lignina em vagens e tegumentos e índice de velocidade de hidratação em vagens e sementes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo do quadro de análise de variância para absorção de água em vagens (AV) e sementes (AS) de sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G), submetidas a 10 tempos de hidratação com água (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24 e 48 horas). Efeito isolado de cultivar para lignina em vagem (LV) e tegumento (LT), e índice de velocidade de hidratação em vagens (IVHV) e sementes (IVHS).

----- Quadrados médios -----							
F.V.	G.L.	AV	AS	LV	LT	IVHV	IVHS
Cultivar	6	26,54**	498,13**	10,96**	0,39**	4,0**	27,7**
Tempos de Hidratação	9	1364,03**	14542,62**	-	-	-	-
Cultivar*Tempos	54	12,12**	43,97**	-	-	-	-
Erro	140	7,26	14,26	0,090	0,0290	0,302	2,530
Média	-	11,58	35,98	15,57	4,25	5,78	17,90
CV (%)	-	23,27	10,50	1,93	4,01	9,51	8,88

ns. ** e *: não significativo. Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na interação entre cultivares e tempos de hidratação, para a variável absorção de água em vagens, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares nas primeiras horas de hidratação (Tabela 4). Esse resultado pode estar associado à colheita realizada no momento adequado e a homogeneidade no teor de água inicial dos tratamentos avaliados, conforme constatado na caracterização do teor de água apresentada na Tabela 3. Segundo Vertucci (1989), Rosseto et al. (1997) e Cavariani et al. (2009), a velocidade de penetração da água e hidratação dos tecidos é influenciada diretamente pelo teor de água, com isso, destaca-se a importância da padronização do teor de água antes da instalação de testes relacionados a sua absorção, visando obter respostas apenas para os pressupostos avaliados, sem interferência de agentes externos.

Tabela 3 – Caracterização do teor de água em vagens e sementes para as cultivares de soja utilizadas no experimento.

Cultivares	Teor de água vagens (%)	Teor de água sementes (%)
A	13,09	13,7
B	13,59	14,3
C	14,02	12,3
D	13,24	13,9
E	13,71	12,0
F	12,71	12,2
G	13,04	12,7

Diferenças significativas na absorção de água em vagens foram observadas a partir de 8 horas de hidratação, em que a cultivar D apresentou menor absorção (Tabela 4). Para os tempos de 24 e 48 horas de hidratação, as cultivares que apresentaram menor absorção de água nas vagens, foram as cultivares D, E e F.

Tabela 4 – Absorção de água (%) em vagens e sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação.

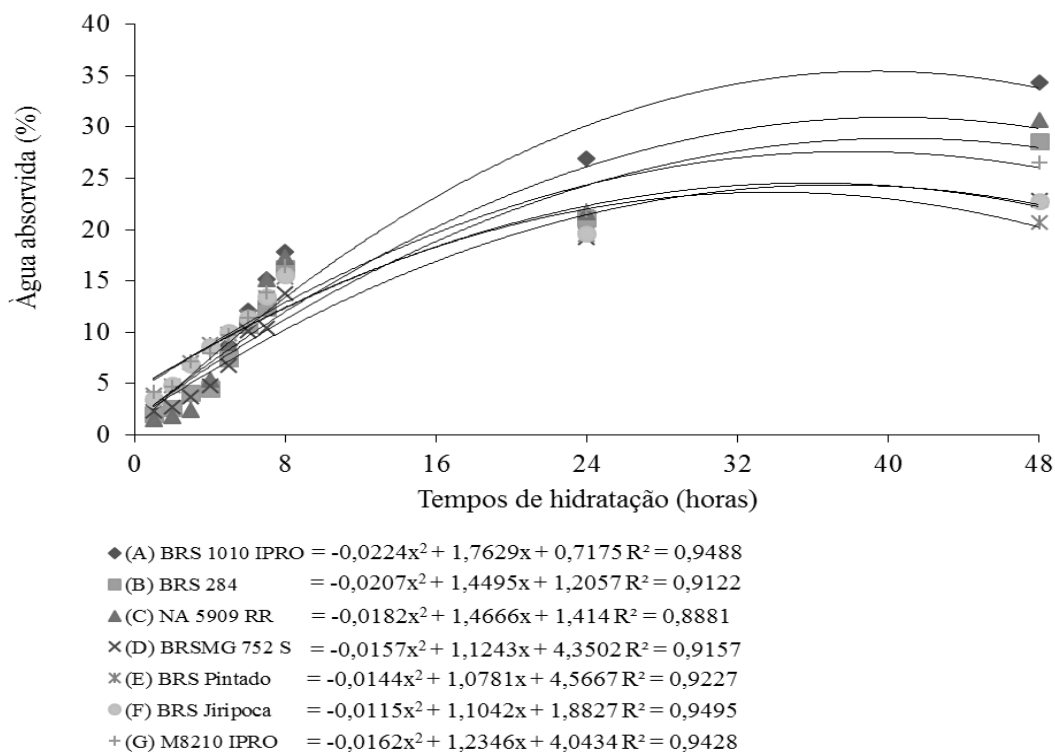
----- Vagens -----										
Cultivares	Tempos de hidratação (horas)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	24	48
A	2,0a	2,4a	3,8a	5,0a	8,7a	12,0a	15,1a	17,8a	26,9a	34,3a
B	1,9a	2,6a	4,0a	4,4a	7,4a	10,7a	12,3a	16,2a	21,1b	28,6b
C	1,5a	1,7a	2,4a	5,3a	8,8a	11,5a	15,2a	17,3a	21,6b	30,7b
D	2,3a	2,7a	3,6a	4,7a	6,7a	10,1a	13,7a	13,3b	19,2b	22,8c
E	3,9a	4,7a	7,0a	8,8a	9,8a	11,4a	13,3a	15,3a	19,5b	20,7c
F	3,5a	4,8a	6,8a	8,5a	10,0a	11,3a	13,4a	15,5a	19,6b	21,7c
G	4,2a	4,7a	7,1a	7,9a	9,7a	11,4a	13,9a	16,4a	21,8b	26,5b
CV (%)	23,27									
----- Sementes -----										
A	4,7a	10,0a	19,9a	21,1a	24,0b	30,0b	36,8a	39,7b	71,1b	82,7c
B	5,4a	9,2a	12,6a	18,0a	20,7b	22,8c	29,1b	31,4c	61,0c	73,4d
C	6,3a	11,6a	20,5a	25,5a	30,3a	41,0a	43,5a	49,9a	71,5b	81,7c
D	8,2a	11,6a	16,7a	19,8a	27,0a	38,5a	40,7a	45,9a	79,2a	93,4b
E	11,2a	15,1a	18,3a	21,4a	29,0a	34,8a	40,2a	45,7a	80,2a	99,0a
F	11,4a	15,3a	14,6a	19,3a	22,6b	28,7b	32,0b	35,3c	71,3b	89,6b
G	10,3a	14,7a	16,7a	22,9a	28,0a	34,2a	40,3a	46,3a	81,4a	99,7a
CV (%)	10,50									

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Para as vagens de soja, a maior porcentagem de absorção de água pode ser prejudicial a qualidade das sementes, visto que, quanto maior esse valor, menor a tolerância destes materiais as flutuações dos fatores ambientais, como elevadas temperaturas associadas ao excesso de umidade. A exposição das sementes susceptíveis a estas condições, aceleram o processo de deterioração, ocasionando danos irreversíveis a sua qualidade, através da drástica redução do potencial de germinação e vigor. Segundo França Neto e Krzyzanowski (2000) vagens que apresentam menor permeabilidade as alterações de umidade do ambiente fornecem proteção extra para as sementes contra a deterioração no campo.

Em relação ao comportamento das cultivares aos diferentes tempos de hidratação, foi possível observar que as vagens da cultivar A absorveram maiores quantidades de água, enquanto que as vagens das cultivares D, E e F apresentaram menores porcentagens de absorção (Figura 2). Essa diferença entre a absorção de água pelos genótipos pode estar relacionada à permeabilidade dos tecidos das vagens. Segundo Oliveira et al. (2014) os genótipos de soja apresentam diferença quanto a permeabilidade das vagens a água, e entre os principais compostos que proporcionam essa diferença, destaca-se, o teor de lignina.

Figura 2 – Curvas de absorção de água em vagens de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação.



De acordo com os dados obtidos, foi possível observar que vagens oriundas de cultivares que apresentaram menor porcentagem de água absorvida e menor índice de velocidade de hidratação (Figura 2), continham maiores teores de lignina nesses tecidos (Tabela 5). A lignina apresenta natureza hidrofóbica, e tem importante papel no transporte de água e resistência mecânica de vegetais, atuando diretamente na permeabilidade e proteção dos tecidos contra oscilações ambientais e possíveis alterações na velocidade de absorção de água (ZHAO; DIXON, 2011).

Desta forma, esses resultados são indicativos de tolerância a deterioração por umidade, visto que, vagens com menor intensidade de absorção de água, reduzem o período de predisposição das sementes a fatores abióticos, minimizando o processo de deterioração no campo, principalmente em períodos curtos de tempo associados a elevadas precipitações pluviométricas, ou seja, chuvas torrenciais em fase pré-colheita, como ocorre na grande maioria das regiões produtoras de soja no país.

Tabela 5 – Teores de lignina nas vagens e tegumentos de cultivares de soja, e índice de velocidade de hidratação em vagens e sementes.

Cultivares	LV (%)	LT (%)	IVHV	IVHS
A	13,46 D	4,27 B	5,39 B	15,42 B
B	14,10 C	4,20 B	5,01 B	13,40 B
C	15,34 B	3,60 C	4,90 B	18,22 A
D	16,13 A	4,58 A	4,73 B	18,43 A
E	16,19 A	4,47 A	6,92 A	20,78 A
F	18,56 A	4,26 B	7,10 A	18,78 A
G	15,18 B	4,35 B	6,43 A	20,30 A
CV (%)	1,93	4,01	9,51	8,88

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

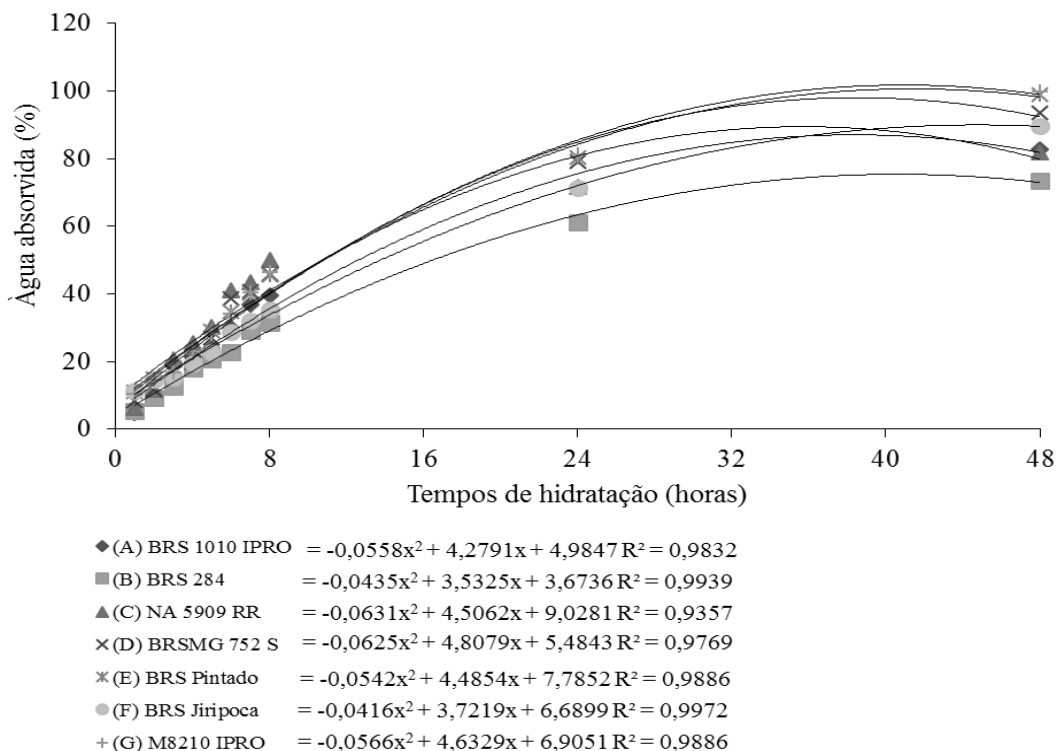
LV: Teor de lignina na vagem; LT: Teor de lignina no tegumento; IVHV: Índice de velocidade de hidratação em vagem e IVHS: Índice de velocidade de hidratação em sementes.

Quanto à absorção de água em sementes, diferenças estatísticas foram observadas a partir de 5 horas de hidratação, sendo que as cultivares que apresentaram menor porcentagem de água absorvida foram A, B e F (Tabela 3). Ao final do período de hidratação, as cultivares E e G apresentaram maiores valores em relação as demais.

Para os tempos de hidratação, as cultivares A e B apresentaram menores taxas de acréscimo (Figura 3) e menores índices de velocidade de hidratação (Tabela 5), enquanto que a cultivar C apresentou maior taxa de acréscimo de absorção de água. A maior absorção de água pelas sementes, além de aumentar o dano por umidade pode prejudicar o desenvolvimento de plântulas normais no teste de germinação, por meio de uma reorganização inadequada das membranas durante a fase de embebição, causando danos irreversíveis ao embrião (ZIMMER, 2012). Bahry et al. (2017) trabalhando com cultivares de soja com colorações contrastantes de tegumento, verificaram que sementes de tegumento preto absorvem água mais lentamente, permitindo reorganizar os seus sistemas de membrana e, assim, reduzir o estresse causado durante a absorção de água para o processo de germinação.

Quando comparadas, as diferentes taxas de acréscimo e a velocidade de absorção de água com o teor de lignina no tegumento, não foi possível fazer associação dos resultados obtidos dentro de cada período e ao longo dos tempos de hidratação. Esse resultado demonstra, que as sementes das cultivares testadas, com teores de lignina no tegumento entre 3 e 5% (Tabela 5), como a grande maioria das cultivares comercializadas atualmente no mercado, não diferem entre si quanto a absorção de água. Para Bahry et al. (2015), a absorção de água em sementes é mais dependente da interação genótipo-ambiente, do que a relação tegumento e concentração de lignina.

Figura 3 - Curvas de absorção de água em sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes tempos de hidratação.



Diante do exposto, seriam necessários teores mais contrastantes de lignina no tegumento para possivelmente proporcionar diferenças para a absorção de água. Porém, essa característica vem sendo suprimida ao longo dos anos, dentro dos programas de melhoramento, devido ao foco em produtividade de grãos. Com isso, torna-se necessário a identificação dos demais fatores relacionados à absorção de água pelos tecidos, para auxiliar os programas de melhoramento na seleção de linhagens promissoras a qualidade de sementes. Fato este corroborado por Cavariani et al. (2009) ao constatarem que a velocidade de hidratação em sementes de soja não é influenciada apenas pelo teor de lignina do tegumento, e sim pelas espessuras da camada paliçádica, hipoderme e parênquima lacunoso dos tecidos.

3.6 CONCLUSÕES

Cultivares de soja com elevados teores de lignina nas vagens apresentam menor taxa e velocidade de absorção de água.

O teor de lignina presente nos tegumentos, dentro dos limites de contraste avaliados, não interfere na absorção de água pelas sementes.

3.7 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, P. J. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M. G.; FRANÇA NETO, J. B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.
- ARANTES, H. A. G.; ROCHA, V. S.; SILVA, E. A. M.; SEJIYAMA, T. Espessura do tegumento, embebição em água e qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Ceres**, v. 41, n. 234, p. 126-132, 1994.
- BAHRY, C. A.; ACUNHA, T. S.; FERNANDO, J. A.; CHAVES, F. C.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D. Chemical composition and structural characterization of contrasting colors of soybean seed coats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, Suplemento 1, 2015.
- BAHRY, C. A.; PERBONI, A.; TESSARI, M. N.; ZIMMER, P. D. Physiological quality and imbibitions of soybean seeds with contrasting coats. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 125-133, 2017.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: IAPAR, 2008. 74 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.
- CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.
- CAVARIANI, C.; TOLEDO, M. Z.; RODELLA, R. A.; FRANÇA NETO, J. de B.; NAKAGAWA, J. Velocidade de hidratação em função de características do tegumento de sementes de soja de diferentes cultivares e localidades. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 030-039, 2009
- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. de M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. de 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**, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.
- CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1984. 39p. (Embrapa-CNPSO - Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. Tecnologia de produção de sementes. **In:** A cultura da soja no Brasil. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2000 – CD-ROM.

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia para produção de sementes de soja de alta qualidade** – Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12p. (Embrapa Soja - Circular Técnica, 40).

GIGLIOLI, J. L.; FRANÇA NETO, J. de B. Efeito da escarificação mecânica e do retardamento de colheita sobre a emergência de sementes de soja com tegumento impermeável. **In:** SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1982. v. 1, p. 601-609. (Embrapa Soja - Documentos, 1).

GIURIZATTO, M. I. K.; SOUZA, L. C. F.; ROBAINA, A. D.; GONÇALVES, M. C. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 771-779, 2003.

GRIS, C. F.; VON PINHO, E. V. R.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M. L. M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 374-381, 2010.

HARTWIG, E. E.; POTTS, H. C. Development and evaluation of impermeable seed coats for preserving soybean seed quality. **Crop Science**, v. 27, n. 3, p. 506-508, 1987.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4 p. (Embrapa Soja - Circular Técnica, 37).

MA, F.; CHOLEWA, E.; MOHAMED, T.; PETERSON, C. A.; GIJZEN, M. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. **Annals of Botany**, v. 94, p. 213-228, 2004.

MENEZES, M.; VON PINHO, E. V. R.; JOSÉ, S. C. B. R.; BALDONI, A.; MENDES, F. F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1716-1723, 2009.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; CRUZI, H. L.; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MOREIRA-VILAR, F. C.; SIQUEIRA-SOARES, R. de C.; FINGER-TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, D. M.; FERRO, A. P.; ROCHA, G. J.; FERRARESE, M. L. L.; SANTOS, W. D.; FERRARESE-FILHO, O. The Acetyl Bromide Method Is Faster, Simpler and Presents Best Recovery of Lignin in Different Herbaceous Tissues than Klason and Thioglycolic Acid Methods, **Plos One**, v. 9, n. 10, p. 1-7, 2014.

MOREIRA, G. C.; SPERGER, T.; SPERGER, A. S.; PALAGI, C. A. Influência da lignina na germinação de sementes de soja. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 2, p. 175-182, 2012.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F. dos; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. D. L.; BONATO, C. M.; CONRADO, T.; Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.

MCDOUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; HILLMAN, J. R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MARTINS, C. C.; COIMBRA, R. de A. Intensidade de dormência durante a maturação de sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 165-170, 2007.

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

OLIVEIRA, C. M. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

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

PESKE, S.; PEREIRA, L. A. G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, v. 6, n. 1/2, p. 23-24, 1983.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Hoe a soybean plant develops**. Special Report n.53 (Reprinted June, 1997). Ames, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997.

ROSSETO, C. A. V.; NOVENBRE, A. D. L. C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 1/2, p. 106-115, 1997.

SANTOS, E. L.; PÓLA, J. N.; BARROS, A. S. R.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

VERTUCCI, C. W. The kinetics of seed imbibition. In: CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Seed moisture**. Madison, 1989. p.93-115.

ZIMMER, P. D. **Fundamentos da qualidade da semente**. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Org.). *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p.105-160.

ZHAO, Q.; DIXON, R. A. Transcriptional networks for lignin biosynthesis: more complex than we thought? **Trends Plant Science.**, v. 16, p. 227-233, 2011.

CAPÍTULO III

4 ANÁLISE ESTRUTURAL DE VAGENS E SEMENTES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA SUBMETIDAS À DETERIORAÇÃO POR UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA

4.1 RESUMO

A exposição das plantas de soja a elevadas temperaturas e oscilações de umidade em fase de pré-colheita, tem ocasionando reduções significativas na qualidade das sementes, através da deterioração por umidade. Desta forma, a identificação de características intrínsecas as cultivares de soja, podem auxiliar na seleção de genótipos visando a produção de sementes de qualidade. O objetivo do trabalho foi analisar estruturalmente vagens e tegumentos e determinar a qualidade de sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina, submetidas à deterioração por umidade em pré-colheita. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) e três volumes de precipitação pluviais simuladas (0, 54 e 162 mm). As sementes foram produzidas em casa de vegetação. No estágio fenológico de desenvolvimento R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura) foi realizado a simulação de chuva, para as três precipitações pré-determinadas. Para obter as precipitações foi utilizado um equipamento especialmente projetado, em uma sala fechada, para a simulação de lâminas de chuva, mediante o uso de pontas de pulverização especiais. Após a aplicação dos volumes determinados, em ciclos de hidratação e desidratação, as plantas foram levadas a casa de vegetação e mantidas até o momento da coleta das vagens e sementes (ponto de colheita). Foram coletadas vagens e sementes provenientes do terço superior, médio e inferior da planta. Após coletadas, as sementes foram encaminhadas ao laboratório e foram realizadas as seguintes avaliações: teste de tetrazólio, teor de lignina nas vagens e tegumentos e análise estrutural de vagens (espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo) e tegumentos (espessura da epiderme da testa, hipoderme da testa e células parenquimatosas) através de microscopia óptica. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Vagens de soja com maior espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo, e elevados teores de lignina, apresentam maior tolerância a deterioração por umidade e proporcionam sementes com maior vigor e viabilidade. A espessura hipoderme da testa de tegumentos de soja está relacionada a tolerância a deterioração por umidade e obtenção de sementes de elevada qualidade.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Exocarpo. Mesocarpo. Endocarpo. Hipoderme da testa.

CHAPTER III

STRUCTURAL ANALYSIS OF PODS AND SOYBEAN SEEDS WITH CONTRASTING CONTENT OF LIGNIN SUBMITTED TO DETERIORATION BY MOISTURE IN PRE-HARVEST

4.2 ABSTRACT

The exposure of soybean plants to high temperatures and pre-harvest moisture oscillations has led to significant reductions in seed quality through moisture deterioration. In this way, the identification of intrinsic characteristics of soybean cultivars can help in the selection of genotypes for the production of quality seeds. The objective of this work was to analyze the structural aspects of pods and seed coats and to determine the quality of seeds of soybean cultivars with contrasting lignin content, submitted to moisture deterioration in pre-harvest. The experimental design was completely randomized, in a 7x3 factorial scheme, with four replications. The factors were seven soybean cultivars (A, B, C, D, E, F and G) and three simulated rainfall volumes (0, 54 and 162 mm). The seeds were produced in a greenhouse. At the phenological stage of development R8 (full maturation with 95% of the pods with mature staining) the rain simulation was performed for the three pre-determined precipitations. To obtain the precipitations, a specially designed equipment was used in a closed room for the simulation of rain slides, using special spray tips. After applying the determined volumes, in cycles of hydration and dehydration, the plants were taken to greenhouse and kept until the collection of the pods and seeds (harvest point). Pods and seeds were collected from the upper, middle and lower third of the plant. After being collected, the seeds were sent to the laboratory and the following evaluations were carried out: tetrazolium test, lignin content in pods and seeds coats and structural analysis of pods (exocarp, mesocarp and endocarp thickness) and seed coats (thickness of the epidermis of the forehead, hypodermis of the forehead and parenchymal cells) by light microscopy. The data were analyzed for normality and homoscedasticity. A variance analysis was performed and the means were compared by the Scott-Knott test, at a 5% probability. Soybean pods with higher exocarp thickness, mesocarp and endocarp, and high lignin contents, present greater tolerance to moisture deterioration and provide seeds with greater vigor and viability. The thickness hypodermis of the forehead of soybean seeds coats is related to tolerance to deterioration by moisture and obtaining high quality seeds.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill. Exocarp. Mesocarp. Endocarp. Hypodermis on the forehead.

4.3 INTRODUÇÃO

A semente é o insumo básico e vital para o crescimento sustentável da produtividade e da produção agrícola (SHARMA et al., 2015). É por meio destas, que as tecnologias introduzidas pelo melhoramento genético são levadas até o agricultor. Por esta razão, torna-se necessário o estabelecimento de programas de melhoramento, no qual o fator qualidade de sementes seja considerado.

A qualidade das sementes é adquirida durante todo o processo de produção, sendo fundamental o ajuste adequado das datas da semeadura e a determinação das regiões aptas à produção de sementes. As fases fenológicas mais críticas devem coincidir com os períodos climáticos favoráveis para atender as necessidades da cultura, e o estágio de maturação das sementes deve ocorrer em condições de temperaturas mais amenas associadas a baixos índices pluviométricos (SEDIYAMA et al., 1993; EMBRAPA SOJA, 2005).

Elevados índices pluviométricos em determinados períodos de desenvolvimento da soja, especialmente em pré-colheita, podem ser prejudiciais à qualidade das sementes (FRANÇA NETO; HENNING, 1984; FARIAS et al., 2006) em decorrência da deterioração por umidade. Esse dano ocasiona enrugamento e rachaduras no tegumento, devido à expansão e contração deste tecido em função da exposição a ciclos alternados de temperatura e umidade relativa (FRANÇA NETO et al., 2000; COSTA et al., 2001; CUNHA et al., 2009; TERASAWA et al., 2009). O dano por umidade também pode reduzir a permeabilidade das membranas aos níveis celulares e sub celulares, afetando os mitocôndrios e a produção de energia (ATP) para a germinação, reduzindo a qualidade das sementes (TILDEN; WEST, 1985; BEWLEY; BLACK, 1994; SUNG; JENG, 1994).

A susceptibilidade à deterioração por umidade está relacionada às próprias características morfológicas das sementes de soja, uma vez que as partes vitais do embrião, estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção. Além disso, o tegumento com sucessivas hidratações começa a apresentar distúrbios fisiológicos e estruturais (FRANÇA NETO et al., 1984). Desta forma, estudos anatômicos e fisiológicos relacionados à integridade das camadas das vagens e sementes, podem auxiliar na compreensão do comportamento dos genótipos em relação aos danos por umidade, bem como na identificação de características com potencial de exploração para programas de melhoramento nesta área.

Diversos autores relatam que a permeabilidade do tegumento da semente está relacionada à sua estrutura e pode ser condicionante na resistência aos danos por umidade. Segundo Ma et al. (2004) a cutícula da camada paliçádica do tegumento é fator determinante na permeabilidade do mesmo. Trabalhos conduzidos por Mertz et al. (2009) sugerem a existência de outras diferenças, como por exemplo, a espessura das camadas da epiderme e hipoderme, a presença de pigmentos e o formato e organização das células.

Em trabalho desenvolvido por Forti et al. (2013) os autores observaram que as camadas das células paliçádicas, da ampulheta e do parênquima de tegumentos de sementes de soja, diminuíram gradualmente de tamanho na região oposta ao hilo, onde os enrugamentos causados por deterioração por umidade geralmente são observados. Além disso, as células da ampulheta apresentaram aspectos torcidos, dobrados e achatados. Estes resultados podem ser indicativos dos possíveis distúrbios fisiológicos ocasionados pela deterioração por umidade.

Outro caráter de estudo na resistência a deterioração por umidade, é a semipermeabilidade relacionada ao teor de lignina. Segundo Oliveira et al. (2014) vagens com maior teor de lignina podem apresentar menor permeabilidade a água, o que resulta em menor deterioração das sementes a campo. Diversos autores corroboram esta afirmação, tanto em vagens quanto em tegumentos (OBANDO-FLOR et al., 2004; FRANÇA NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2007) e concluíram que o teor de lignina (PEREIRA et al., 1985; CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; PANOBIANCO, 1997; MENEZES et al., 2009; GRIS et al., 2010), assim como outras características de permeabilidade, diferem entre os genótipos e podem estar relacionados a deterioração por umidade (ALVAREZ et al., 1997).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi analisar estruturalmente vagens e tegumentos e determinar a qualidade de sementes de cultivares de soja com teores contrastantes de lignina, submetidas à deterioração por umidade em pré-colheita.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Londrina, PR, nos Laboratórios de Fisiologia, Tecnologia e Química de Sementes e no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Estadual de Londrina.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares

de soja (A, B, C, D, E, F e G) e três simulações de volumes de precipitação pluviais (0, 54 e 162 mm).

As sementes das cultivares utilizadas (Tabela 1) foram produzidas em condições de casa-de-vegetação (modelo Van der Hoeven[®]) com controle parcial de temperatura e umidade relativa do ar. As condições ambientais da casa de vegetação (temperatura e umidade relativa do ar) durante o experimento foram monitoradas com equipamento Data Logger (Figura 1).

Tabela 1 – Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características.

Código	Cultivar	Tipo ¹	Hábito ²	Ciclo	Grupo	Pubescência
A	BRS 1010 IPRO	I	Ind.	Precoce	6.1	Cinza
B	BRS 284	C	Ind.	Precoce	6.3 a 7.1	Cinza
C	NA 5909 RR	RR	Ind.	Precoce	5.9	Cinza
D	BRS MG 752 S	C	Ind.	Semiprecoce	7.5	Marrom
E	BRS Pintado	C	Det.	Médio	8.7	Cinza
F	BRS Jiripoca	C	Det.	Médio	8.4	Cinza
G	M 8210 IPRO	I	Det.	Precoce	8.2	Marrom

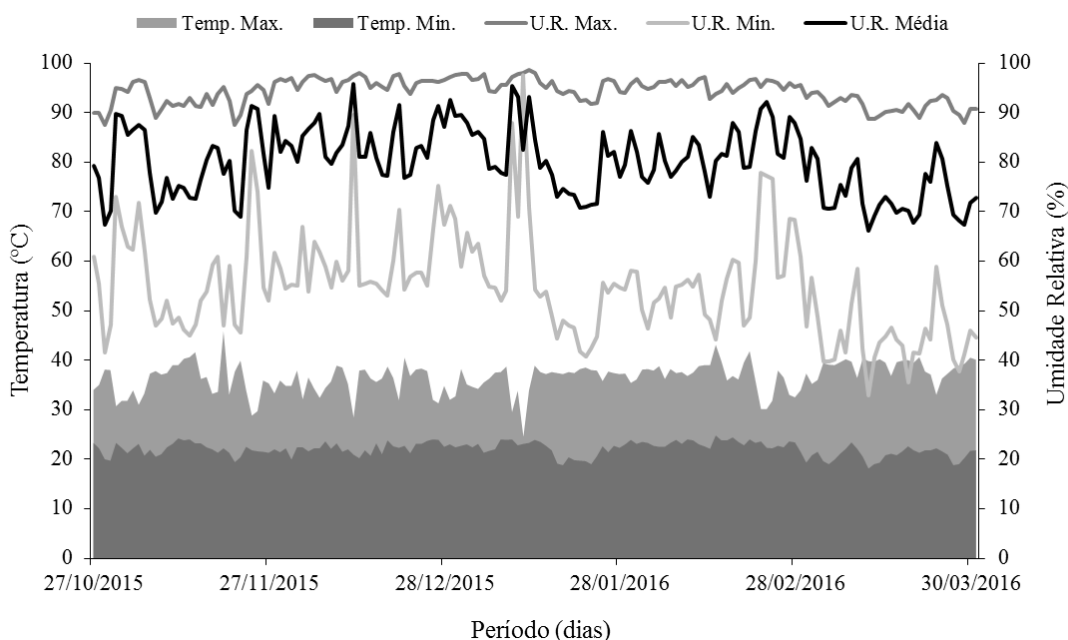
¹ Tipo de tecnologia: I: intacta; C: convencional e RR: Roundup Ready[®].

² Hábito de crescimento: Ind: indeterminado e Det: determinado.

Sementes das cultivares utilizadas foram semeadas em vasos de 9 litros, com solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (BHERING; SANTOS, 2008), devidamente corrigido de acordo com as necessidades da cultura. A semeadura foi efetuada em 27/10, após a inoculação das sementes, em uma profundidade de 3 a 5cm. Para a inoculação, foi utilizado o inoculante líquido comercial BIOAGRO NG[®] com a bactéria (*Bradyrhizobium japonicum*), estirpes SEMIA 5079 e 5080 (5×10^9 células viáveis mL⁻¹), na dose de 100 mL do produto comercial para cada 50 kg⁻¹ de sementes, horas antes da semeadura. Foi realizado o tratamento de sementes com o fungicida comercial Derosal Plus[®] (Carbendazin + Thiram) na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Inicialmente foram colocadas quatro sementes por vaso e após a emergência das plântulas foi feito o raleio deixando duas plantas por recipiente.

Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições de cinco vasos com duas plantas cada, totalizando 40 plantas. Efetuou-se a irrigação diária por meio do uso de aspersores por gotejamento. Os tratamentos culturais (aplicação de inseticidas e fungicidas) foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura.

Figura 1 - Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação.



A determinação do estágio fenológico das plantas foi baseada na escala de Ritchie et al. (1997). A simulação de chuva foi realizada no estágio de desenvolvimento da cultura R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura). A simulação ocorreu a cada dia, durante três dias, a fim de obter a precipitação média diária e acumulada (Tabela 2). A lâmina de água foi medida por meio de pluviômetros distribuídos em toda a área experimental.

Tabela 2 - Precipitações pluviárias médias diárias e acumuladas (mm) em cultivares de soja no estágio fenológico de desenvolvimento da cultura (R8).

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Acumulado
Precipitação 0	0	0	0	0
Precipitação 54	18	18	18	54
Precipitação 162	54	54	54	162

A simulação de chuva foi realizada por meio de um equipamento especialmente projetado, em uma sala fechada, para a simulação de lâminas de chuva, mediante o uso de pontas de pulverização especiais, com jato plano e gotas grossas (Figura 2). Tal equipamento constitui-se de uma estrutura metálica com 3 m de altura, que permite acoplamento de um "carrinho" suspenso a 2,5 m de altura.

Figura 2 – Equipamento automatizado utilizado para a simulação de volumes de precipitações pluviais.



A esse carrinho encontram-se uma barra de pulverização, responsável pelo sistema de simulação de chuva, as quais se deslocam por uma área útil de 15 m² no sentido do comprimento do equipamento. As barras do equipamento foram tracionadas por meio de correntes e engrenagens, com auxílio de um motor elétrico, cujo ajuste é dado por um modulador de frequência, permitindo a obtenção de velocidade constante previamente determinada.

Foi utilizada uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório com capacidade para 3000 L até a barra e pontas de pulverização responsáveis pela formação de gotas de chuva.

A barra de pulverização foi dotada com sete bicos cônicos de alta vazão, modelo TKSS20, espaçadas 0,50 m, e posicionados de forma a propiciar maior uniformidade de precipitação na área aplicada. A pressão de trabalho foi de 0,81 kgf cm⁻², a altura da barra foi de 1,45 m em relação à superfície das unidades experimentais e a velocidade de deslocamento foi de 0,050 m s⁻¹. Assim, a cada deslocamento total da barra, aplicaram-se 0,9 mm de chuva. Essas especificações proporcionaram a produção de gotas artificiais de chuva com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de aproximadamente 1.140 micras, conforme informações do fabricante (*Spraying Systems*).

Após os ciclos de hidratação e desidratação, as plantas foram devolvidas a casa de vegetação e mantidas até o momento da coleta das vagens e sementes (ponto de

colheita). Foram coletadas vagens e sementes provenientes do terço superior, médio e inferior da planta em igual proporção. Após coletadas, as vagens e sementes foram encaminhadas ao laboratório para análises, conforme metodologias descritas a seguir:

Teste de tetrazólio: a avaliação foi conduzida com duas subamostras de 50 sementes por repetição, pré-condicionadas em papel Germitest umedecido com água destilada por um período de 16 h, em germinador com temperatura ajustada para 25 °C. Após este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos, com volume de 50 mL, sendo totalmente submersas em solução de tetrazólio (2-3-5, trifênil cloreto de tetrazólio), à concentração de 0,075%, e mantidas à temperatura de 40 °C por, aproximadamente, 150 minutos no interior de uma câmara de germinação na ausência de luz. Após o processo de coloração, as sementes foram lavadas, avaliadas individualmente e classificadas de acordo com os critérios propostos por França Neto et al. (1998). A viabilidade foi representada pela soma das porcentagens das sementes pertencentes às classes de 1 a 5; o nível de vigor, pelas classes de 1 a 3, e a perda de viabilidade, pelas classes de 6 a 8. Foram caracterizadas as causas da perda da qualidade fisiológica das sementes, principalmente o dano de deterioração por umidade (classe 6-8). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Análise estrutural das vagens e dos tegumentos: inicialmente as amostras foram fixadas em meio FAA 50 (1:1:8 - formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico 50%) (JOHANSEN, 1940). As diferenças estruturais entre vagens e tegumentos para os tratamentos avaliados, foram visualizados através de microscopia óptica. Os fragmentos de vagens e tegumentos foram afixados em parafina. Foram realizados cortes transversais na região oposta a ligação ao funículo da vagem e oposta ao hilo na semente, utilizando ultramicrótomo “Leica”, com 1µm de espessura. O tecido vegetal foi corado com azul de astra 1% e fucsina 1%, e visualizado em microscópio óptico OLYMPUS modelo BX 51, em aumento de 40x. As imagens foram digitalizadas por câmara de vídeo adaptada ao microscópio e processadas por microcomputador através do Software Motic Images Plus 3.0[®]. Para a espessura das camadas das vagens (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) e tegumentos (epiderme da testa, hipoderme da testa e células parenquimatosas), os resultados foram apresentados em µm.

Teor de lignina das vagens e tegumentos: foi determinado utilizando-se para cada tratamento quatro repetições de 100 sementes e 50 vagens. Inicialmente, as sementes foram separadas das vagens, e estas foram imersas em água por período de 12h para separar os tegumentos dos cotilédones. Após esse procedimento, os tegumentos e as vagens foram levados para secagem em estufa a 105 °C por 24h. A matéria seca obtida foi triturada e

homogeneizada. Posteriormente foram pesadas 0,3g para a etapa de extração das proteínas ligadas à parede celular. Após obter o material livre de proteínas, foi feita a quantificação da lignina pelo método de Brometo de Acetila (MOREIRA-VILAR et al., 2014).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram a não necessidade de transformação. Foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo do quadro de análise de variância para os efeitos de cultivares e volumes de precipitações pluviais simuladas, para as variáveis avaliadas, bem como os quadrados médios para o efeito isolado de cultivar para o teor de lignina, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo do quadro de análise de variância para os dados de análise estrutural e teores de lignina das vagens e tegumentos, e qualidade de sementes de cultivares de soja, submetidas a diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Quadrados médios							
F.V.	G.L.	EXO	MESO	ENDO	EP	HP	CP
Cultivar	6	65,19**	1638,7**	65,19**	31,38ns	77,47**	31,39ns
Precipitação	2	3,38ns	59,82ns	3,38ns	10,77ns	180,54**	0,86ns
Cult*Prec.	12	3,46ns	5,11ns	3,46ns	5,19ns	14,12**	9,67ns
Erro	63	8,67	40,02	8,67	15,16	4,43	17,01
Média	-	54,59	112,91	32,44	42,87	18,02	37,27
CV (%)	-	5,40	5,60	9,08	9,08	11,68	11,07
F.V.	G.L.	LV	LT	TZ V	TZ VIA	UM 1-8	UM 6-8
Cultivar	6	10,965**	0,3951**	2298,85**	1738,98**	1506,56**	243,40**
Precipitação	2	-	-	692,76**	549,33**	1567,00**	172,15**
Cult*Prec.	12	-	-	214,09**	142,88**	253,30**	58,96**
Erro	63	0,090	0,0290	19,87	15,74	69,54	7,88
Média	-	15,57	4,25	77,38	82,76	39,57	7,01
CV (%)	-	1,93	4,01	5,76	4,79	21,07	40,05

ns, ** e *: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

EXO: espessura do exocarpo da vagem; MESO: espessura do mesocarpo da vagem; ENDO: espessura do endocarpo da vagem; EP: espessura da epiderme da testa; HP: espessura da hipoderme da testa; CP: espessura das células parenquimatosas; LV: teor de lignina das vagens; LT: teor de lignina do tegumento; TZ V: vigor pelo teste de tetrazólio; TZ VIA: viabilidade pelo teste de tetrazólio; UM 1-8: dano por umidade classe 1-8 e UM 6-8: dano por umidade classe 6-8.

Através dos dados de dano por umidade, determinado pelo teste de tetrazólio, foi possível verificar que as simulações de chuva utilizadas foram eficientes para distinguir as cultivares, para as três precipitações pluviais propostas inicialmente (Tabela 4). Estes volumes permitiram caracterizar as cultivares em função do dano por umidade em diferentes intensidades, possibilitando determinar os genótipos susceptíveis ou tolerantes a deterioração em pré-colheita, assim como, verificar o efeito destes fatores sobre a composição estrutural das vagens e tegumentos, conforme apresentado e discutido a seguir. É importante destacar que as precipitações pluviais utilizadas, máximas e mínimas, foram correspondentes as médias anuais históricas para o período de pré-colheita, para as principais regiões produtoras de soja do país (INPE, 2017). Esse resultado demonstra a similaridade entre as variáveis testadas no trabalho e a realidade observada pelo produtor de sementes no campo.

Tabela 4 - Dano por umidade por meio do teste de tetrazólio, em cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

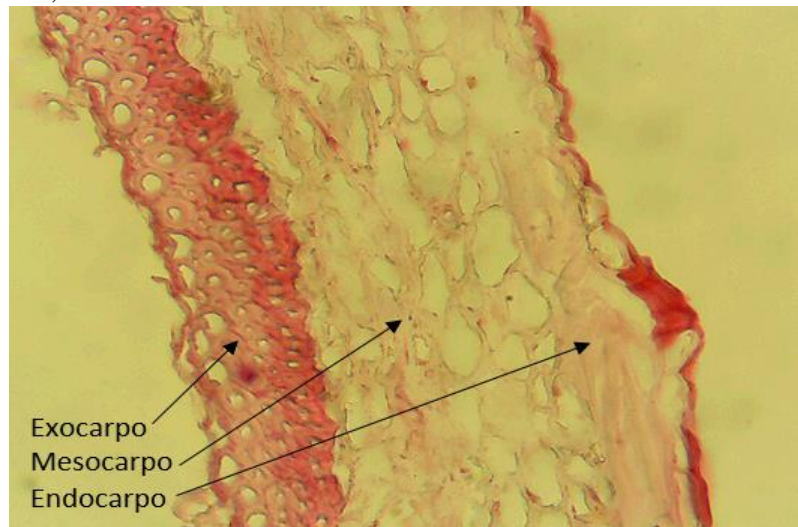
Dano por umidade 1-8 (%)			
Cultivar	-----Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	22 Aa	41 Bb	66 Dc
B	31 Ba	52 Cb	64 Dc
C	20 Aa	36 Bb	53 Cc
D	16 Aa	20 Ab	22 Ab
E	12 Aa	17 Ab	22 Ab
F	17 Aa	18 Aa	20 Aa
G	15 Aa	31 Bb	40 Bb

Dano por umidade 6-8 (%)			
Cultivar	-----Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	8 Ca	22 Db	28 Dc
B	5 Ba	14 Cb	20 Cc
C	2 Aa	8 Bb	19 Cc
D	2 Aa	3 Aa	5 Ba
E	2 Aa	2 Aa	2 Aa
F	1 Aa	4 Ba	4 Ba
G	3 Aa	7 Bb	9 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

A caracterização morfológica, através da microscopia óptica, permitiu visualizar de forma clara as diferenças estruturais entre as vagens e tegumentos para as cultivares testadas. Foi possível identificar para as vagens, as estruturas constituintes do pericarpo (Figura 3). Segundo Apezato da Gloria; Carmello-Guerreiro (2006), o pericarpo pode ser analisado estruturalmente mediante a delimitação de regiões, em geral denominadas, exocarpo, o mesocarpo e endocarpo.

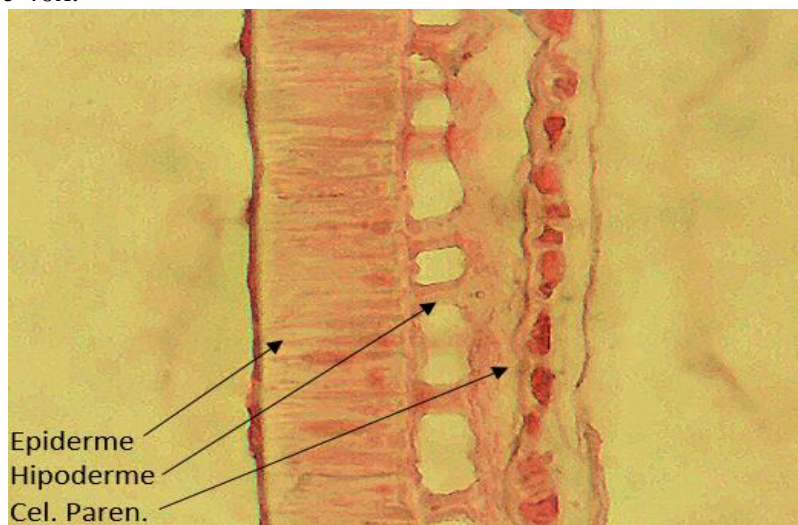
Figura 3 – Diferenças estruturais (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) em vagens de soja em corte transversal com ultramicrotomo, corado com azul de astra e fucsina, e visualizado em microscópio óptico, com aumento de 40x.



Para os tegumentos, foram observadas as camadas da epiderme da testa, hipoderme da testa ou células em ampulheta e as células parenquimatosas (Figuras 4), cada uma diferindo em espessura. Não foi possível avaliar a camada da cutícula associada a epiderme da testa. Mertz et al. (2009) observaram estas mesmas estruturas em caracterização de sementes de cultivares soja com permeabilidade contrastante para o tegumento, assim como a ausência da camada cuticular. Segundo Ragus (1987) a cutícula é a fina camada externa do tegumento, constituída de polímeros, como cutina e ceras cuticulares, a qual possui estrutura variável em função dos fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, representando a primeira barreira à embebição a água. Corroborando Ma et al. (2004) observaram que a camada da cutícula está relacionada à permeabilidade do tegumento, podendo ou não apresentar rachaduras para tegumentos permeáveis e semipermeáveis.

Frente a isso, destaca-se a importância do conhecimento das células que compõem as vagens e os tegumentos, porque é através destas camadas que a água também pode atingir o embrião da semente de soja, passando principalmente através da testa, região hilar, dorsal e ventral (CHACHALIS; SMITH, 2000).

Figura 4 – Diferenças estruturais (epiderme da testa, hipoderme da testa e células parenquimatosas) em tegumentos de sementes de soja em corte transversal com ultramicrótomo, corado com azul de astra e fucsina, e visualizado em microscópio óptico, com aumento de 40x.



Em relação à caracterização da espessura das vagens, para o efeito de cultivar, foi possível observar para o exocarpo, que as cultivares A e B apresentaram menores espessuras em comparação as demais (Tabela 5). O exocarpo é a camada mais externa da vagem, origina-se da epiderme externa do ovário e pode apresentar camada cuticular, estômatos e tricomas.

Tabela 5 - Espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo da vagem de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviiais simuladas.

Cultivar	Exocarpo (µm)	Mesocarpo (µm)	Endocarpo (µm)
A	52,1 C	102,6 D	30,0 C
B	52,3 C	105,0 D	30,2 C
C	58,3 A	102,2 D	34,2 A
D	54,3 B	114,4 C	33,2 A
E	53,9 B	124,9 A	31,8 B
F	59,7 A	121,3 B	35,6 A
G	58,1 A	119,7 B	33,9 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Essa camada pode apresentar uma ou mais camadas de células esclerenquimáticas lignificadas, conferindo rigidez (APEZZATO da GLORIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006), podendo influenciar diretamente sobre a absorção de água. Desta forma, cultivares com vagens de menor espessura para o exocarpo, podem apresentar menor tolerância as flutuações de umidade do ambiente. Em um contexto físico, a água teria, uma camada menos espessa de células e uma distância bem menor a percorrer, absorvendo assim,

água mais rapidamente (SILVA, 2003). Esse fato pode ser constatado de forma indireta pela maior porcentagem de dano por umidade, classes 1-8 e 6-8, nas sementes oriundas das vagens que apresentaram menor espessura do exocarpo (Tabela 4).

Outro fator que pode estar diretamente relacionado com a absorção de água pelo exocarpo é o teor de lignina (Tabela 6). Segundo resultados apresentados, as cultivares A e B contêm menores teores de lignina em relação as demais cultivares. A lignina além de influenciar o grau de resistência à danos mecânicos também podem influenciar o processo de absorção de água. Esse processo ocorre devido a lignina apresentar caráter altamente hidrofóbico, com isso a passagem de água através dos tecidos torna-se extremamente lenta, principalmente quando associada a outras substâncias cerosas, como a suberina (ALVAREZ, 1997; CUTTER, 2002).

Tabela 6 - Teores de lignina em vagens e tegumentos das cultivares de soja avaliadas.

Cultivares	LV (%)	LT (%)
A	13,46 D	4,27 B
B	14,10 C	4,20 B
C	15,34 B	3,60 C
D	16,13 A	4,58 A
E	16,19 A	4,47 A
F	18,56 A	4,26 B
G	15,18 B	4,35 B
CV (%)	1,93	4,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Para o mesocarpo das vagens, as cultivares A, B e C apresentaram menores espessuras em relação as demais (Tabela 5). Fato este também observado para o endocarpo, nas cultivares A e B. Constatou-se que as camadas das vagens não foram influenciadas pela aplicação dos volumes de precipitação pluviais, e as diferenças encontradas entre as cultivares, são relacionadas as características genéticas de cada material. Assim, cultivares que apresentam maior espessura das vagens, podem ser utilizadas em programas de melhoramento, como indicativo para a seleção de materiais tolerantes a deterioração por umidade em pré-colheita, devido a estabilidade fenotípica para as vagens e por apresentar caráter qualitativo, com baixa interação genótipo e ambiente.

Para as medidas realizadas no tegumento, foi possível observar interação entre cultivares e os volumes de precipitações pluviais simuladas para a hipoderme da testa, enquanto que para epiderme da testa e células parenquimatosas não houve efeito significativo para os fatores avaliados (Tabela 3). Cavariani et al. (2009) obtiveram resultado similar em análise da espessura da camada paliçádica, da hipoderme e total do tegumento de sementes de

soja, ao verificarem que os tratamentos não foram estatisticamente diferentes em quaisquer combinações avaliadas (cultivares x localidades).

Para a hipoderme da testa, o aumento das precipitações pluviais ocasionou redução da espessura das células em ampulheta (Tabela 7). Corroborando, Silva (2003) observou resultados similares em avaliação da hipoderme da testa de tegumentos de duas cultivares de soja. Segundo Forti et al. (2013) os enrugamentos causados pelo dano por umidade ocasionam a redução na espessura das células em ampulheta, além de, as mesmas apresentarem aspectos torcidos, dobrados e achatados.

Tabela 7 - Espessura da hipoderme da testa (μm) de tegumentos de sementes de soja, produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Cultivar	-----Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	21,0 Aa	16,0 Bb	12,1 Cc
B	19,0 Ba	15,3 Bb	13,6 Cb
C	18,6 Ba	16,7 Ba	13,8 Cb
D	20,3 Aa	18,0 Ba	16,7 Ba
E	19,2 Ba	17,6 Ba	19,1 Aa
F	21,9 Aa	22,0 Aa	21,5 Aa
G	21,2 Aa	18,4 Bb	15,6 Bc

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

Ainda, foi possível observar que as cultivares A, F e G demonstraram maior espessura da hipoderme para a precipitação 0 (Tabela 7). Indicando que as cultivares apresentam diferenças genéticas para essa camada. Para 54 mm, a cultivar F manteve a sua estrutura quando submetida ao excesso de umidade, demonstrando maior tolerância as precipitações em relação as demais. Para a precipitação pluvial máxima simulada, 162 mm, as cultivares E e F apresentaram os melhores resultados, apresentando caráter genético de tolerância as precipitações pluviais em pré-colheita. As cultivares que apresentaram menor espessura do tegumento, foram as cultivares A, B e C. Corroborando os resultados observados na avaliação estrutural das vagens, para o exocarpo, mesocarpo e endocarpo.

Ao comparar os resultados da hipoderme da testa (Tabela 7), com os dados de teor de lignina no tegumento (Tabela 6), não foram encontradas relações entre essas variáveis. Segundo Bahry et al. (2015) a absorção de água das sementes é dependente das condições em que as sementes se formaram, variando entre genótipos, independente da coloração do seu tegumento e da concentração de lignina. Braccini (1993) trabalhando com

absorção de água e retardamento de colheita não identificou características do tegumento que poderiam conferir restrição à absorção de água, tais como teor de lignina.

Para os dados de vigor, as cultivares C e G apresentaram maiores valores na precipitação 0 (sem aplicação de lâmina de água) (Tabela 8). Quando aplicado o volume de chuva de 54 mm, as cultivares que apresentaram sementes com maior vigor foram as C, E, F e G. Aos 162 mm, as cultivares E, F e G demonstraram melhor desempenho e a cultivar A o menor vigor de sementes.

Tabela 8 – Vigor e viabilidade determinados pelo teste de tetrazólio, em sementes de cultivares de soja, produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Cultivar	Vigor (%)		
	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	82 Ba	70 Bb	64 Cb
B	83 Ba	77 Ba	72 Bb
C	96 Aa	88 Aa	75 Bb
D	79 Ba	72 Bb	70 Bb
E	84 Ba	82 Aa	86 Aa
F	86 Ba	81 Aa	79 Aa
G	90 Aa	86 Aa	85 Aa
Cultivar	Viabilidade (%)		
	0 mm	54 mm	162 mm
	A	82 Ca	76 Cb
B	89 Ba	84 Bb	78 Cc
C	96 Aa	90 Ab	79 Cc
D	87 Ba	84 Ba	80 Cb
E	88 Ba	86 Ba	87 Ba
F	89 Ba	86 Ba	85 Ba
G	95 Aa	91 Aa	93 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Em relação ao efeito do aumento dos volumes de chuva sobre as sementes testadas, foi possível observar que apenas as cultivares E, F e G não apresentaram reduções significativas do vigor em função da elevação das precipitações (Tabela 8). A manutenção do vigor com o aumento das chuvas em pré-colheita pode ser utilizada como parâmetro no uso de estudos visando a determinação de fatores de tolerância e qualidade de sementes para a deterioração por umidade.

Para viabilidade, os resultados corroboram aos observados no teste de vigor. Com a precipitação máxima de 162 mm, os genótipos que demonstraram melhores resultados,

foram as cultivares E, F e G (Tabela 8). Ainda, a cultivar A apresentou menor viabilidade para todas as precipitações pluviais simuladas.

Diante do exposto, as sementes de soja produzidas a partir de cultivares com maior espessura nas paredes da vagem, apresentam maior tolerância as flutuações de umidade do ambiente, principalmente quando associadas ao elevado teor de lignina, influenciando diretamente na produção de sementes com menor porcentagem de danos por umidade e maior vigor e viabilidade. Para as sementes, a espessura da camada da hipoderme está diretamente relacionada a tolerância ao dano por umidade e vigor.

4.6 CONCLUSÕES

Vagens de soja com maior espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo, e elevados teores de lignina, apresentam maior tolerância a deterioração por umidade e proporcionam sementes com maior vigor e viabilidade.

A espessura hipoderme da testa de tegumentos de soja está relacionada a tolerância a deterioração por umidade e obtenção de sementes de elevada qualidade.

4.7 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, P. J. C.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M. G.; FRANÇA NETO, J. B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.
- APPEZZATO da GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (editoras) **Anatomia Vegetal**. 2ª edição. Editora da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2006.
- BAHRY, C. A.; ACUNHA, T. S.; FERNANDO, J. A.; CHAVES, F. C.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D. Chemical composition and structural characterization of contrasting colors of soybean seed coats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, Suplemento 1, 2015.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press, 1994. p. 388-411.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H.G. **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: IAPAR, 2008. 74 p.
- BRACCINI, A. de L. e. **Avaliação da qualidade fisiológica da semente de variedades e linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento**. 1993. 109f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

CARBONELL, S. A. M; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

CAVARIANI, C.; TOLEDO, M. Z.; RODELLA, R. A.; FRANÇA NETO, J. de B.; NAKAGAWA, J. Velocidade de hidratação em função de características do tegumento de sementes de soja de diferentes cultivares e localidades. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.1, p. 31-39, 2009.

CHACHALIS, D.; SMITH, M. L. Imbibition behavior of soybean (*Glycine max* L. Merrill) accessions with different testa characteristics. **Seed Science and Technology**, v. 28, p. 321-331, 2000.

COSTA, N. P. da.; MESQUITA, C. de. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. de. 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**, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

CUTTER, E. **Anatomia vegetal**. Parte I. Células e Tecidos. São Paulo: Roca, 2002. 2ª edição, p. 320.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** - Paraná - 2005/06. Londrina: Embrapa /CNPSO, 2005. (Sistemas de Produção, 8).

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; TOBITA, S.; ALMEIDA, I. R. de. Restrições da disponibilidade hídrica a obtenção de elevados rendimentos de grãos de soja. In: Congresso Brasileiro de Soja, 4, 2006, Londrina-PR, **Anais...**, Londrina-PR: Embrapa Soja, 2006, p. 65-57.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; TANAKA, F. A. O.; CICERO, S. M. Weathering damage in soybean seeds: assessment, seed anatomy and seed physiological potential. **Seed Technology**, v. 35, n. 2, p. 213-224, 2013.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa CNPSO, 1984. 39p. (Embrapa CNPSO - Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; SILVA, W. R. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa CNPSO, 1998. 72 p. (Embrapa CNPSO - Documentos, 116).

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. Tecnologia de produção de sementes. In: A cultura da soja no Brasil. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2000 – CD-ROM.

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

GRIS, C. F.; VON PINHO, E. V. R.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M. L. M. de. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS. **Monitoramento Brasil**. 2017. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: 13 fev. 2017.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw Hill, New York, 1940.

MA, F.; CHOLEWA, E.; MOHAMED, T.; PETERSON, C. A.; GIJZEN, M. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. **Annals of Botany**, v. 94, p. 213-228, 2004.

MENEZES, M. de; PINHO, E. V. de R.; JOSE, S. C. B. R.; BALDONI, A.; MENDES, F. F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1716-1723, 2009.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; CRUZI, H. L.; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MOREIRA-VILAR, F. C.; SIQUEIRA-SOARES, R. de C.; FINGER-TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, D. M.; FERRO, A. P.; ROCHA, G. J.; FERRARESE, M. L. L.; SANTOS, W. D.; FERRARESE-FILHO, O. The Acetyl Bromide Method Is Faster, Simpler and Presents Best Recovery of Lignin in Different Herbaceous Tissues than Klason and Thioglycolic Acid Methods, **Plos One**, v. 9, n. 10, p. 1-7, 2014.

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

OLIVEIRA, C. M. G.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

RAGUS, L. N. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, v. 15, p. 285-296, 1987

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Hoe a soybean plant develops**. Special Report n.53 (Reprinted June, 1997). Ames, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997.

SANTOS, E. L.; PÓLA, J. N.; BARROS, A. S. R.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1993.

SHARMA, K. K.; SINGH, U. S.; SHARMA, P.; KUMAE, A. SHARMA, L. Seed treatments for sustainable agriculture: a review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 7, n. 1, p. 521-539, 2015.

SILVA, M. A. D. **Morfologia da testa e potencial fisiológico de sementes de soja**. 2003. 84f. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SUNG, J. M.; JENG, T. L. Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes associated with accelerated aging peanut seed. **Physiologia Plantarum**, v. 91, p. 51-55. 1994.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

TILDEN, R. L.; WEST, S. H. Reversal of effects of aging soybean seeds. **Plant Physiology**, n. 77, p. 584-586, 1985.

CAPÍTULO IV

5 QUALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SEMENTES DE SOJA COM TEORES CONTRASTANTES DE LIGNINA NA VAGEM E NO TEGUMENTO SUBMETIDAS À DETERIORAÇÃO POR UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA

5.1 RESUMO

Sementes de soja podem apresentar respostas diferenciadas à deterioração por umidade em função das características das cultivares e da intensidade e duração do período de chuva. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da deterioração por umidade em pré-colheita sobre a qualidade e composição química de sementes de soja com teores contrastantes de lignina na vagem e no tegumento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) e três volumes de precipitação pluviais simuladas (0, 54 e 162 mm). As sementes foram produzidas em casa de vegetação. No estágio fenológico de desenvolvimento R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura) foi realizado a simulação de chuva, para as três precipitações pré-determinadas. Para obter as precipitações foi utilizado um equipamento especialmente projetado, em uma sala fechada, para a simulação de lâminas de chuva, mediante o uso de pontas de pulverização especiais. Após a aplicação dos volumes determinados, em ciclos de hidratação e desidratação, as plantas foram levadas a casa de vegetação e mantidas até o momento da coleta das vagens e sementes (ponto de colheita). Foram coletadas vagens e sementes provenientes do terço superior, médio e inferior da planta. Após coletadas, as sementes foram encaminhadas ao laboratório e foram realizadas as seguintes avaliações: dano por umidade pelo teste de tetrazólio, teste de raios-X, teor de lignina na vagem e no tegumento, teste de germinação e primeira contagem, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas em areia, comprimento de parte aérea e raiz de plântulas, análise sanitária (*blotter test*), teor de óleo, teor de proteína e teor de clorofila. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja é reduzida com o aumento das precipitações pluviais em pré-colheita. Sementes de soja oriundas de cultivares com maiores teores de lignina na vagem apresentam maior tolerância a deterioração por umidade em pré-colheita e proporcionam sementes de melhor qualidade fisiológica. O teor de óleo das sementes de soja é reduzido conforme se aumenta as precipitações pluviais em pré-colheita. Plantas de soja com maiores teores de lignina nas vagens produzem sementes com menor incidência do fungo *Cercospora kikuchii* e menor teor de clorofila quando associado a precipitações pluviais em pré-colheita.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Vigor. Germinação. Qualidade sanitária. Teor de óleo.

CHAPTER IV

QUALITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOYBEAN SEEDS WITH CONTRASTING CONTENTS OF LIGNIN IN PODS AND SEED COAT SUBMITTED TO DETERIORATION BY PRE-HARVESTING MOISTURE

5.2 ABSTRACT

Soybean seeds may present differentiated responses to moisture deterioration due to the characteristics of the cultivars and the intensity and duration of the rainy season. The objective of this work was to evaluate the effect of preharvest moisture deterioration on the quality and chemical composition of soybean seeds with contrasting lignin contents in the pod and in the seed coat. The experimental design was completely randomized, in a 7x3 factorial scheme, with four replications. The factors were seven soybean cultivars (A, B, C, D, E, F and G) and three simulated rainfall volumes (0, 54 and 162 mm). The seeds were produced in a greenhouse. At the phenological stage of development R8 (full maturation with 95% of the pods with mature staining) the rain simulation was performed for the three pre-determined precipitations. To obtain the precipitations, a specially designed equipment was used in a closed room for the simulation of rain slides, using special spray tips. After applying the determined volumes, in cycles of hydration and dehydration, the plants were taken to greenhouse and kept until the collection of the pods and seeds (harvest point). Pods and seeds were collected from the upper, middle and lower third of the plant. After being collected, seeds were sent to the laboratory and the following evaluations were carried out: moisture damage by tetrazolium test, X-ray test, lignin content in pod and seed coat, germination and first count test, accelerated aging, emergency of seedlings in sand, shoot length and root of seedlings, sanitary analysis (*blotter test*), oil content, protein content and chlorophyll content. The data were analyzed for normality and homoscedasticity. A variance analysis was performed and the means were compared by the Scott-Knott test, at a 5% probability. The physiological and sanitary quality of soybean seeds is reduced with the increase of precipitation in pre-harvest. Soybean seeds from cultivars with higher lignin contents in the pod present a higher tolerance to moisture deterioration in pre-harvest and provide seeds of better physiological quality. The oil content of soybean seeds is reduced as the rainfall in pre-harvest increases. Soybean plants with higher lignin contents in the pods produce seeds with lower incidence of *Cercospora kikuchii* fungus and lower chlorophyll content when associated with precipitation in pre-harvest.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill. Vigor. Germination. Sanitary quality. Oil content.

5.3 INTRODUÇÃO

A semente destaca-se como veículo de transferência de inovações tecnológicas e dos ganhos genéticos resultantes dos trabalhos dos programas de melhoramento, seja ele tradicional ou resultado da engenharia genética, até o campo (SANTOS et al., 2007).

No campo, as sementes e plantas de soja estão sujeitas a estresses que podem afetar a germinação e emergência de plântulas, o desenvolvimento da planta, a produtividade de grãos, e conseqüentemente a produção de sementes de qualidade. Com destaque para fatores ambientais, como temperatura, umidade e precipitações pluviiais (BRADLEY, 2008)

O excesso de chuvas e oscilações de umidade associadas a elevadas temperaturas em fase de pré-colheita, ocasionam alterações físicas nas sementes e no tegumento devido às sucessivas expansões e contrações do seu volume, resultando na formação do enrugamento dos cotilédones e no tegumento, na região oposta ao hilo (FRANÇA NETO; HENNING, 1984). Essas alterações provocam a ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários, comprometendo o controle de permeabilidade das membranas, afetando organelas, com menor produção de energia, necessária para a germinação (MARCOS FILHO, 2015).

O problema de dano por umidade ocorre principalmente em região tropicais e subtropicais, como as regiões de baixa latitude, devido ao clima predominantemente quente e úmido, associado a ocorrência de chuvas no período próximo da colheita, dificultando a produção de sementes de qualidade (GIURIZATTO et al., 2003; KRZYZANOWSKI, 2004).

A qualidade física, sanitária e fisiológica das sementes de soja apresentam maior susceptibilidade à deterioração por umidade, em função das próprias características morfológicas das sementes, uma vez que as partes vitais do embrião, como radícula, hipocótilo e plúmula, estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984). As sementes ficam expostas ao ataque de um número significativo de patógenos de origens fúngicas, bacterianas e virais. As doenças causadas por esses organismos patogênicos podem afetar seriamente a qualidade das sementes, o armazenamento, o desempenho e o rendimento no campo (COSTA et al., 2003). Segundo Henning (2005) a deterioração no campo é intensificada pela interação com alguns

fungos, como *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum*, que ao infectar a semente, contribuem para a redução do vigor e da germinação

Em trabalho realizado com sementes de soja, Queiroz et al. (1978) verificaram que após uma precipitação pluvial de 27 mm, sementes da cultivar Bossier tiveram sua emergência reduzida de 74% para 54% em apenas dois dias de intervalo de colheita. Forti et al. (2010; 2013) observaram redução no potencial fisiológico de sementes de soja associadas a danificação por umidade. Giurizatto et al. (2003), estudando nove genótipos de soja colhidos no estágio R8 e aos 14 dias após esta fase, constataram que o atraso de colheita associado a ocorrência de chuvas em pré-colheita, reduziram a germinação das sementes.

Além da redução da qualidade, a deterioração por umidade em pré-colheita também pode afetar a composição química das sementes. Segundo Pípolo et al. (2002) os teores de óleo, proteína e clorofila dos grãos de soja são governados geneticamente, porém fortemente influenciados pelo ambiente. Como a cultura da soja é semeada em todo o território brasileiro, é esperado que ocorram variações expressivas nesses teores em função da exposição a diferentes práticas culturais e condições meteorológicas, sobretudo chuvas e oscilações de temperaturas, principalmente durante o período de enchimento dos grãos.

Diante disto, torna-se essencial a identificação das características que podem ser exploradas visando aumentar à tolerância das sementes a deterioração por umidade em pré-colheita. Dentre estas, destaca-se a permeabilidade de vagens e tegumentos influenciada pelo teor de lignina. Segundo Oliveira et al. (2014) o estudo de teor de lignina pode ser de grande valor para os programas de melhoramento genético, visto que, tegumentos com maior conteúdo de lignina podem apresentar menor permeabilidade a água, o que resulta em menor deterioração das sementes a campo e obtenção de sementes de melhor qualidade.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da deterioração por umidade em pré-colheita sobre a qualidade e composição química de sementes de soja com teores contrastantes de lignina na vagem e no tegumento.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Londrina, PR, nos Laboratórios de Fisiologia, Tecnologia, Patologia e Química de Sementes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por sete cultivares de soja (A, B, C, D, E, F e G) e três simulações de volumes de precipitação pluviais (0, 54 e 162 mm).

As sementes das cultivares utilizadas (Tabela 1) foram produzidas em condições de casa-de-vegetação (modelo Van der Hoeven[®]) com controle parcial de temperatura e umidade relativa do ar. As condições ambientais da casa de vegetação (temperatura e umidade relativa do ar) durante o experimento foram monitoradas com equipamento Data Logger (Figura 1).

Tabela 1 – Relação das cultivares de soja utilizadas no experimento e suas respectivas características.

Código	Cultivar	Tipo ¹	Hábito ²	Ciclo	Grupo	Pubescência
A	BRS 1010 IPRO	I	Ind.	Precoce	6.1	Cinza
B	BRS 284	C	Ind.	Precoce	6.3 a 7.1	Cinza
C	NA 5909 RR	RR	Ind.	Precoce	5.9	Cinza
D	BRS MG 752 S	C	Ind.	Semiprecoce	7.5	Marrom
E	BRS Pintado	C	Det.	Médio	8.7	Cinza
F	BRS Jiripoca	C	Det.	Médio	8.4	Cinza
G	M 8210 IPRO	I	Det.	Precoce	8.2	Marrom

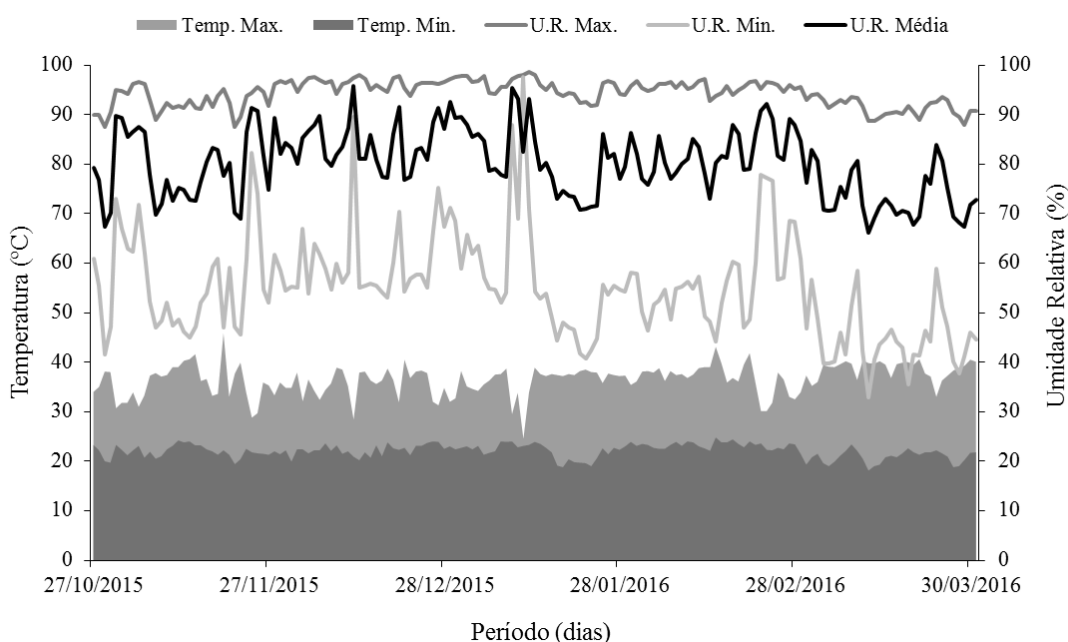
¹ Tipo de tecnologia: I: intacta; C: convencional e RR: Roundup Ready[®].

² Hábito de crescimento: Ind: indeterminado e Det: determinado.

Sementes das cultivares utilizadas foram semeadas em vasos de 9 litros, com solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (BHERING; SANTOS, 2008), devidamente corrigido de acordo com as necessidades da cultura. A semeadura foi efetuada em 27/10, após a inoculação das sementes, em uma profundidade de 3 a 5cm. Para a inoculação, foi utilizado o inoculante líquido comercial BIOAGRO NG[®] com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, estirpes SEMIA 5079 e 5080 (5×10^9 células viáveis mL⁻¹), na dose de 100 mL do produto comercial para cada 50 kg⁻¹ de sementes, horas antes da semeadura. Foi realizado o tratamento de sementes com o fungicida comercial Derosal Plus[®] (Carbendazin + Thiram) na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Foram colocadas quatro sementes por vaso e após a emergência das plântulas foi feito o raleio deixando duas plantas por recipiente.

Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições de cinco vasos com duas plantas cada, totalizando 40 plantas. Efetuou-se a irrigação diária por meio do uso de aspersores por gotejamento. Os tratos culturais (aplicação de inseticidas e fungicidas) foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura.

Figura 1 - Temperatura máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação.



A determinação do estágio fenológico das plantas foi baseada na escala de Ritchie et al. (1997). A simulação de chuva foi realizada no estágio de desenvolvimento da cultura R8 (maturação plena com 95% das vagens com coloração madura). A simulação ocorreu a cada dia, durante três dias, a fim de obter a precipitação média diária e acumulada (Tabela 2). A lâmina de água foi medida por meio de pluviômetros distribuídos em toda a área experimental da sala de simulação.

Tabela 2 - Precipitações pluviiais médias diárias e acumuladas (mm) em cultivares de soja no estágio fenológico de desenvolvimento da cultura (R8).

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Acumulado
Precipitação 0	0	0	0	0
Precipitação 54	18	18	18	54
Precipitação 162	54	54	54	162

As simulações de chuva foram realizadas por meio de um equipamento especialmente projetado, em uma sala fechada, para a simulação de lâminas de chuva, mediante o uso de pontas de pulverização especiais, com jato plano e gotas grossas. Tal equipamento constitui-se de uma estrutura metálica com 3 m de altura, que permite acoplamento de um "carrinho" suspenso a 2,5 m de altura.

A esse carrinho encontram-se uma barra de pulverização, responsável pelo sistema de simulação de chuva, as quais se deslocam por uma área útil de 15 m² no sentido do comprimento do equipamento. As barras do equipamento foram tracionadas por meio de correntes e engrenagens, com auxílio de um motor elétrico, cujo ajuste é dado por um modulador de frequência, permitindo a obtenção de velocidade constante previamente determinada.

Foi utilizada uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório com capacidade para 3000 L até a barra e pontas de pulverização responsáveis pela formação de gotas de chuva.

A barra de pulverização foi dotada com sete bicos cônicos de alta vazão, modelo TKSS20, espaçadas 0,50 m, e posicionados de forma a propiciar maior uniformidade de precipitação na área aplicada. A pressão de trabalho foi de 0,81 kgf cm⁻², a altura da barra foi de 1,45 m em relação à superfície das unidades experimentais e a velocidade de deslocamento foi de 0,050 m s⁻¹. Assim, a cada deslocamento total da barra, aplicaram-se 0,9 mm de chuva. Essas especificações proporcionaram a produção de gotas artificiais de chuva com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de aproximadamente 1.140 micras, conforme informações do fabricante (*Spraying Systems*).

Após os ciclos de hidratação e desidratação, as plantas foram levadas a casa de vegetação e mantidas até o momento da coleta das sementes (ponto de colheita). Foram coletadas sementes provenientes do terço superior, médio e inferior da planta. Após coletadas, foram encaminhadas ao laboratório para análise, conforme as seguintes metodologias:

Dano por umidade pelo teste de tetrazólio: a avaliação foi conduzida com duas subamostras de 50 sementes por repetição, pré-condicionadas em papel germitest umedecido com água destilada por um período de 16 h, em germinador com temperatura ajustada para 25 °C. Após este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos, com volume de 50 mL, sendo totalmente submersas em solução de tetrazólio (2-3-5, trifenil cloreto de tetrazólio), à concentração de 0,075%, e mantidas à temperatura de 40 °C por, aproximadamente, 150 minutos no interior de uma câmara de germinação na ausência de luz. Após o processo de coloração, as sementes foram lavadas com água corrente e mantidas submersas até o momento da avaliação. Posteriormente, as sementes foram avaliadas individualmente, seccionando-as longitudinalmente e simetricamente, com o auxílio de lâmina de bisturi e classificadas de acordo com os critérios propostos por França Neto et al. (1998). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Teste de raios X: esse teste foi realizado para caracterização qualitativa-visual dos tratamentos avaliados e para avaliação dos efeitos das precipitações pluviais simuladas e do dano por umidade na estrutura interna das sementes de soja, não sendo aplicado análise estatística. As sementes de cada tratamento foram colocadas sobre um recipiente de acrílico, desenvolvido especialmente para a condução da análise. Para a obtenção da radiografia, a placa de acrílico com as sementes, foi colocada diretamente sobre um filme de raios X (“Kodak MIN-R EV 2000”, 18x24 cm), a 57 cm da fonte emissora de raios X. As radiografias foram feitas por um equipamento denominado “FAXITRON X-Ray”, modelo MX-20, com intensidade de 25 kV e tempo de exposição de 40 segundos (PINTO et al., 2007). A revelação do filme foi efetuada numa processadora “Hope X-Ray”, modelo 319 “Micromax”. Posteriormente, as imagens dos filmes de raios X foram capturadas por um “Scanner Umax”, modelo “PowerLook 1100”, para ampliação e visualização em computador.

Teor de lignina do tegumento: foi determinado utilizando-se para cada tratamento quatro repetições de 100 sementes, as quais foram inicialmente imersas em água por 12h para separar os tegumentos dos cotilédones. Após esse procedimento, os tegumentos foram levados para secagem em estufa a 105 °C por 24h. A matéria seca obtida foi triturada e homogeneizada. Posteriormente foram pesadas 0,3g para a etapa de extração das proteínas ligadas à parede celular. Após obter o material livre de proteínas, foi feita a quantificação da lignina pelo método de Brometo de Acetila (MOREIRA-VILAR et al., 2014).

Germinação: realizado com duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em rolos de papel toalha germitest, umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Após a montagem, os rolos foram levados a um germinador sob temperatura de 25 °C. As avaliações foram realizadas aos oito dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram contabilizadas as plântulas normais, e os resultados foram expressos em porcentagem.

Primeira contagem do teste de germinação: realizada em conjunto com o teste de germinação. A avaliação foi efetuada cinco dias após a instalação do teste, contabilizando somente as plântulas normais, com resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Envelhecimento acelerado: o teste foi conduzido em caixas plásticas (tipo *gerbox*) com telado, contendo 40 mL de água ao fundo. As sementes foram dispostas em uma camada uniforme sobre a superfície da tela interna, e, após levadas a uma incubadora a 41 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). A incubadora utilizada foi uma câmara de água

jaquetada (*water jacked incubator*) modelo 3015, marca VWR/USA[®]. Após o período de envelhecimento, duas subamostras de 50 sementes por repetição foram submetidas ao teste de germinação. A avaliação foi realizada de acordo com o recomendado pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Emergência de plântulas em areia: realizada com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo areia previamente lavada e esterelizada. As sementes foram dispostas sobre uma camada de areia uniforme com auxílio de um contador manual, a uma profundidade de 3cm. O teste foi conduzido em condições de casa de vegetação (modelo Van der Hoeven[®]) e a umidade mantida com irrigações. A avaliação final do número de plântulas normais emergidas foi realizada ao décimo segundo dia e, os resultados expressos em porcentagem (BRACCINI et al., 1999).

Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas: foram utilizadas cinco subamostras de 20 sementes cada, por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas em rolos de papel toalha umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 a massa do papel seco, e mantidos, em um germinador a 25 °C, durante cinco dias (NAKAGAWA, 1999). Posteriormente, foi determinado com auxílio de uma régua milimetrada o comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas consideradas normais, e os resultados expressos em cm.

Análise sanitária: foi empregado o teste de papel filtro (*Blotter test*), conforme descrito por Neergard (1979). Foram utilizadas 200 sementes por tratamento, divididas em 10 caixas plásticas transparentes do tipo gerbox, com 20 sementes cada. Para realizar a assepsia dos *gerbox*, foi utilizada solução a 1,05% de hipoclorito de sódio (20% de água sanitária). As sementes foram distribuídas uniformemente sobre quatro folhas de papel de filtro, previamente umedecidas com água destilada e auto clavada. Em seguida, as sementes permaneceram em incubação por um período de sete dias, em câmara com temperatura controlada de 20±2 °C, sob luz fluorescente branca. Após esse período, com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico, foram identificados os fungos e a sua incidência expressa em porcentagem.

Teor de óleo e proteína: os teores percentuais de proteína e óleo nas amostras foram determinados em grãos de soja íntegros pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR) segundo Heil (2010). Os grãos inteiros e limpos de cada amostra foram submetidos a leituras em triplicata, com equipamento Thermo, modelo Antaris II, dotado de esfera de integração com resolução de 4 cm⁻¹, média de 32 scans e background a

cada leitura. Para a predição, foram utilizados modelos matemáticos desenvolvidos pela Embrapa Soja em 2011/12 para teores de proteína (180 padrões, Coeficiente de Correlação (r) = 0,97, Erro Padrão da Calibração (RMSEC) = 0,64 e óleo (170 padrões, Coeficiente de Correlação (r) = 0,98, Erro Padrão da Calibração (RMSEC) = 0.452. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Teor de clorofila total: foram determinados através do método descrito por Arnon (1949) com adaptações de Pádua (2007). Uma alíquota de 3g de soja moída finamente foi adicionada à 15 mL de uma solução de acetona 80% em água, em tubos plásticos recobertos com filme de alumínio, para evitar a incidência de luz. A amostra foi submetida à homogeneização em agitador vórtex por 1 hora, com agitação a cada 15 minutos. Após esse tempo, o material nos tubos foi filtrado (papel quantitativo), sendo o filtrado colocado em recipiente escuro até a leitura em espectrofotômetro de absorção UV-VIS, nos comprimentos de onda 645 nm e 663 nm. Os resultados foram expressos em mg de clorofila kg^{-1} de amostra.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram a necessidade de transformação dos dados de qualidade sanitária para raiz quadrada de $x + 0,5$. Para as demais variáveis não houve transformação dos dados. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo do quadro de análise de variância para o efeito de cultivares e volumes de precipitações pluviais, para as variáveis avaliadas, assim como, os quadrados médios para efeito de cultivar para o teor de lignina, são apresentados no Apêndice A.

Através do dano por umidade, determinado pelo teste de tetrazólio, foi possível verificar que as simulações de chuva utilizadas foram eficientes para distinguir as cultivares, para as precipitações pluviais simuladas propostas inicialmente (Tabela 3).

Tabela 3 - Dano por umidade avaliado pelo teste de tetrazólio, em cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Dano por umidade 1-8 (%)			
Cultivar	-----Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	22 Aa	41 Bb	66 Dc
B	31 Ba	52 Cb	64 Dc
C	20 Aa	36 Bb	53 Cc
D	16 Aa	20 Ab	22 Ab
E	12 Aa	17 Ab	22 Ab
F	17 Aa	18 Aa	20 Aa
G	15 Aa	31 Bb	40 Bb

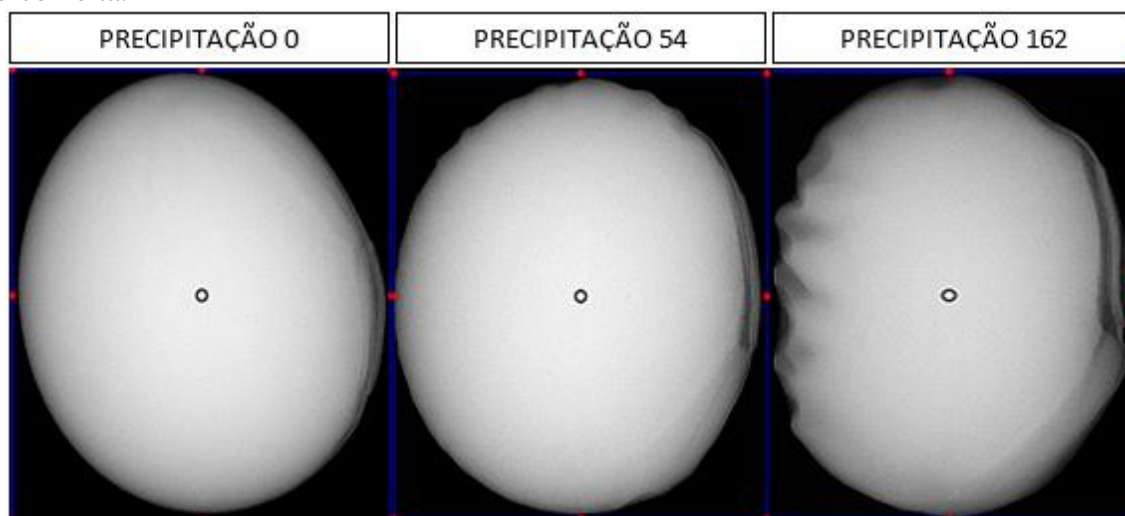
Dano por umidade 6-8 (%)			
Cultivar	-----Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	8 Ca	22 Db	28 Dc
B	5 Ba	14 Cb	20 Cc
C	2 Aa	8 Bb	19 Cc
D	2 Aa	3 Aa	5 Ba
E	2 Aa	2 Aa	2 Aa
F	1 Aa	4 Ba	4 Ba
G	3 Aa	7 Bb	9 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Estes volumes permitiram caracterizar as cultivares em função do dano por umidade em diferentes intensidades, possibilitando determinar os genótipos susceptíveis e tolerantes a deterioração em pré-colheita. Da mesma forma, foi possível verificar o efeito dos fatores estudados, sobre a qualidade fisiológica, sanitária e composição química de sementes de soja.

De acordo com imagens obtidas através de raios-X, foi possível observar o efeito dos volumes de chuva sobre o embrião das sementes (Figura 2). Na precipitação 0 (tratamento controle), houve poucos enrugamentos na região oposta ao hilo, não alterando a estrutura dos tecidos de reserva das sementes. Esses enrugamentos, mesmo no tratamento controle, ocorreram em função de oscilações naturais de temperatura e umidade no interior da casa de vegetação (Figura 1). Conforme elevou-se os volumes de chuva, 54 e 162 mm, houve aumento na incidência de enrugamentos na região oposta ao hilo e do eixo embrionário, proporcionando diminuição considerável da massa e dos tecidos de reservas das sementes. Para Gibson e Muller (1996) os danos por umidade podem ocorrer em diferentes intensidades, os quais afetam, de acordo com a sua extensão, a qualidade e o potencial fisiológico de lotes de sementes de soja.

Figura 2 – Visualização do dano por umidade através de imagens de raios X, em sementes de soja da cultivar A, produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviiais simuladas em pré-colheita.



Além disso, é importante destacar que as precipitações utilizadas, máximas e mínimas, foram correspondentes as médias anuais históricas observadas no período de pré-colheita para as principais regiões produtoras de soja do país (INPE, 2017). Esse resultado demonstra a similaridade entre as variáveis testadas no trabalho e a realidade observada pelos produtores de sementes no campo. Huth (2016) trabalhando com indução de deterioração por umidade por meio de chuva simulada, conseguiu reproduzir uma situação semelhante com a deterioração por umidade que ocorre no campo, através da determinação dos danos por umidade por meio do teste de tetrazólio.

5.5.1 Qualidade Fisiológica

Para o teste de germinação, houve interação entre os fatores estudados (Apêndice A). Na precipitação 0, as cultivares B e D apresentaram menores porcentagens de germinação (Tabela 4). A partir desse resultado, verificou-se que mesmo quando produzidas sob as mesmas condições ambientais, as cultivares respondem de forma diferenciada aos locais de produção. Fato esse, permitiu estimar a resposta das cultivares as diferentes precipitações, em função do seu caráter genético e interação entre genótipo e ambiente.

Com a aplicação da lâmina de chuva de 54 mm, as cultivares E, F e G apresentaram os maiores valores de germinação, enquanto que as cultivares A, B, C e D, os menores (Tabela 4). Constata-se, portanto, que chuvas em pré-colheita com precipitações

médias de 54 mm já são prejudiciais a qualidade de sementes, através da redução do seu potencial de germinação.

Tabela 4 – Germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em areia de sementes de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviárias simuladas em pré-colheita.

Germinação (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	89 Aa	83 Bb	76 Cc
B	85 Ba	79 Bb	72 Dc
C	94 Aa	87 Bb	81 Cb
D	83 Ba	82 Ba	82 Ca
E	91 Aa	93 Aa	92 Aa
F	91 Aa	88 Aa	87 Ba
G	91 Aa	88 Aa	86 Ba
Primeira contagem de germinação (%)			
Cultivar	0 mm	54 mm	162 mm
A	89 Aa	80 Bb	75 Bb
B	85 Ba	64 Cb	55 Cc
C	93 Aa	85 Ab	80 Ab
D	81 Ba	80 Ba	77 Ba
E	88 Aa	89 Aa	87 Aa
F	83 Ba	80 Ba	82 Aa
G	82 Ba	80 Ba	83 Aa
Envelhecimento acelerado (%)			
Cultivar	0 mm	54 mm	162 mm
A	82 Aa	76 Ba	65 Ab
B	81 Aa	67 Cb	63 Ab
C	84 Aa	71 Ba	66 Ab
D	78 Aa	74 Ba	71 Aa
E	85 Aa	83 Aa	77 Aa
F	80 Aa	73 Ba	73 Aa
G	80 Aa	73 Ba	70 Aa
Emergência de plântulas (%)			
Cultivar	0 mm	54 mm	162 mm
A	89 Aa	80 Bb	75 Bb
B	85 Ba	64 Cb	55 Cc
C	93 Aa	87 Ab	84 Ab
D	81 Ba	80 Ba	77 Ba
E	88 Aa	89 Aa	87 Aa
F	83 Ba	80 Ba	82 Aa
G	82 Ba	80 Ba	83 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

Aos 162 mm, a cultivar E apresentou maior germinação, seguida das cultivares F e G (Tabela 4). Quando associados estes resultados ao teste de tetrazólio, é

possível observar que estes genótipos apresentaram menores porcentagens de danos por umidade após a aplicação das lâminas de água em pré-colheita (Tabela 3). Estas cultivares conseqüentemente apresentaram maior tolerância a chuvas e deterioração por umidade, garantindo o seu potencial fisiológico, mesmo após o estresse.

Um dos fatores que pode estar relacionado à resistência das cultivares no campo a chuva em pré-colheita, é o teor de lignina. Foi possível observar que as cultivares E e F, apresentam maior teor de lignina nas vagens (Tabela 5). Esse fator pode estar associado a permeabilidade e absorção de água destes tecidos, visto que a vagem é considerada a proteção das sementes no campo contra os fatores externos. Esse processo ocorre devido a lignina apresentar caráter altamente hidrofóbico, com isso a passagem de água através dos tecidos torna-se extremamente lenta, principalmente quando associada a outras substâncias cerosas, como a suberina (ALVAREZ, 1997; CUTTER, 2002). Corroborando Oliveira et al. (2014) concluem que maiores teores de lignina nas vagens podem contribuir para a diminuição da deterioração por umidade pelas sementes.

Tabela 5 - Teores de lignina em vagens e tegumentos de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviiais simuladas.

Cultivar	LV (%)	LT (%)
A	13,46 D	4,27 B
B	14,10 C	4,20 B
C	15,34 B	3,60 C
D	16,13 A	4,58 A
E	16,19 A	4,47 A
F	18,56 A	4,26 B
G	15,18 B	4,35 B
CV (%)	1,93	4,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Para a teor de lignina nos tegumentos, não foi possível observar relação com os dados de germinação para as sementes das cultivares avaliadas (Tabelas 4 e 5). Carvalho et al. (2014), utilizando cultivares com teores entre 3 e 5% de lignina no tegumento de sementes, encontraram resultados de vigor independente do teor de lignina, em que sementes de cultivares de soja com maiores teores de lignina no tegumento não apresentaram melhor qualidade fisiológica.

Ainda para o teste de germinação, as cultivares D, E, F e G não apresentaram reduções no potencial de germinação em função do aumento das precipitações (Tabela 4). Para as demais cultivares, conforme se aumentou os volumes de chuva, reduziu a germinação das sementes, devido ao aumento dos danos por umidade (Tabela 3). Castro et al.

(2016) trabalhando com as cultivares de soja AS 7307 RR e SYN 1283 RR, observaram que o estresse causado pelo atraso de colheita associado ao excesso de umidade, ocasionou aumento na porcentagem de dano por umidade. Giurizatto et al. (2003), estudando nove genótipos colhidos no estágio R8 e aos 14 dias após esse estágio, verificaram que a colheita retardada reduziu a germinação e, que a ocorrência de precipitações pluviais próximas ao período de colheita foi possivelmente um dos fatores que contribuíram para a deterioração das sementes. Segundo Pinto et al. (2007) a presença de danos por umidade no eixo embrionário ou nos cotilédones em intensidade severa, compromete diretamente a germinação das sementes. Forti et al. (2013) verificaram que o dano por umidade interfere na qualidade de sementes, em função da sua extensão e localização.

Além disso, com a precipitação máxima, 162 mm, as cultivares A e B apresentaram maior redução do potencial de germinação em relação às demais. Desta forma, pode se inferir para os dados deste experimento, que os lotes de sementes destas cultivares não poderiam ser comercializados após uma chuva de 162 mm em pré-colheita, por não apresentar o padrão mínimo de 80% de germinação (MAPA, 2013).

Na primeira contagem do teste de germinação, as cultivares A, C e E apresentaram maior vigor para o tratamento controle sem chuva simulada (Tabela 4). Já, aos 54 mm a cultivar C e E demonstraram melhores resultados. Para a precipitação máxima, 162 mm, as cultivares E, F e G, apresentaram maior vigor e as cultivares A, B, C e D os menores valores.

Para os volumes, o aumento das precipitações em pré-colheita ocasionou redução no vigor das sementes das cultivares A, B e C (Tabela 4). Para as cultivares D, E, F e G não houve reduções significativas no vigor em função do aumento das precipitações. Resposta similar foi obtida para o teste de germinação, no qual as sementes oriundas de plantas com alto conteúdo de lignina nas vagens, não sofreram reduções significativas no desenvolvimento de plântulas normais, em função da sua exposição às diferentes precipitações pluviais em pré-colheita. Ainda, como no teste de germinação, não houve relação entre o teor de lignina no tegumento e o teste de primeira contagem de germinação (Tabela 5). Bahry et al. (2017) trabalhando com sementes de soja com teores contrastantes de lignina no tegumento, também observaram um padrão similar entre o teste de germinação e primeira contagem, demonstrando que ambos os testes não foram sensíveis o suficiente para distinguir os genótipos contrastantes para as características do tegumento.

Para o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, foi possível observar diferenças entre cultivares a partir de 54 mm de chuva simulada, no qual a cultivar B

apresentou o menor vigor (Tabela 4). Conforme aumentou-se as precipitações, houve redução no vigor das sementes para as cultivares A, B e C. Para as demais cultivares, não foi possível observar redução significativa do vigor com o aumento dos volumes de chuva. Essa diferença no vigor das sementes está relacionada ao estágio de deterioração das sementes em função dos elevados índices de danos por umidade nas sementes (Tabela 3). Visto que, sementes de menor qualidade se deterioram de forma mais rápida do que as mais vigorosas, quando expostas às condições adversas de alta temperatura e umidade relativa no teste de envelhecimento acelerado (MENDONÇA et al., 2000).

Em relação a emergência de plântulas, as cultivares A, C e E apresentaram maiores porcentagens de plântulas emergidas para a precipitação controle (Tabela 4). Aos 54 mm a cultivar B apresentou os menores valores. Na precipitação pluvial simulada de 162 mm, a cultivar B continuou apresentando as menores porcentagens de emergência, seguido das cultivares A e D.

Para o efeito das precipitações, o aumento dos volumes pluviais ocasionou reduções significativas na emergência de plântulas das cultivares A, B e C (Tabela 4). Enquanto que, para as demais não houve decréscimo na porcentagem de emergência conforme se aumentou os volumes de precipitações pluviais.

Quanto ao comprimento de plântulas, a interação demonstrou que houve variação entre o comprimento de parte aérea das plântulas para os fatores avaliados (Tabela 6). Para a precipitação 0, a cultivar B apresentou menor comprimento de plântulas em relação as demais. Para a precipitação 54 mm, as cultivares A e B demonstraram menor comprimento. Já aos 162 mm, apenas as cultivares E e F diferiram positivamente dos demais materiais testados. Indicando que estas cultivares apresentaram maior comprimento de parte aérea, mesmo após a sua exposição ao excesso de chuvas em pré-colheita.

Quando comparados os volumes, foi possível observar que o aumento das precipitações ocasionou a redução do comprimento da parte aérea das plântulas, com exceção para as cultivares E e F (Tabela 6). Esse resultado corrobora aos demais resultados observados nos testes de qualidade fisiológica, em que estas cultivares apresentaram maior tolerância à deterioração por umidade em pré-colheita, menores danos por umidade e conseqüentemente maior qualidade de sementes.

Tabela 6 - Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de cultivares de soja provenientes de sementes produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Comprimento de parte aérea (cm)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	10,3 Aa	8,4 Bb	6,5 Cc
B	8,6 Ba	7,0 Cb	7,0 Cb
C	10,1 Aa	10,5 Aa	8,5 Bb
D	11,5 Aa	9,0 Ab	8,1 Bb
E	10,7 Aa	10,2 Aa	10,1 Aa
F	10,2 Aa	9,3 Aa	9,4 Aa
G	10,5 Aa	9,4 Ab	7,9 Bb

Comprimento de raiz (cm)			
Cultivar	0 mm	54 mm	162 mm
	A	22,4 Aa	18,3Bb
B	20,4 Aa	18,1 Bb	17,4 Ab
C	16,5 Ba	15,9 Ba	15,4 Ba
D	21,1 Aa	19,0 Ab	18,6 Ab
E	20,6 Aa	19,9 Aa	18,6 Aa
F	17,1 Ba	16,2 Ba	16,6 Ba
G	19,2 Aa	18,4 Ba	18,8 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Para o comprimento de raiz, na precipitação 0, as cultivares C e F apresentaram menor comprimento médio em relação as demais (Tabela 6). Para o volume de chuva de 54 mm, as cultivares D e E apresentaram os maiores valores. Aos 162 mm, as cultivares C e F apresentaram os menores comprimentos.

Em relação ao comportamento das cultivares as precipitações, observou-se que as cultivares C, E, F e G não apresentaram reduções no comprimento das raízes conforme aumentou-se as precipitações pluviais em pré-colheita (Tabela 6). Para as cultivares A, B e D, o aumento dos volumes de chuva ocasionaram reduções significativas no comprimento total das raízes. Segundo Vanzolini et al. (2007) o teste de comprimento da raiz de soja é um dos mais sensíveis para diferenciar lotes com diferenças quanto a deterioração e qualidade de sementes, além de apresentar correlação positiva com a emergência das plântulas de soja em campo.

5.5.2 Qualidade Sanitária

Na determinação da qualidade sanitária das sementes de soja, foi possível constatar a presença de fungos dos gêneros *Macrophomina phaseolina*, *Corynespora cassicola*, *Alternaria* spp., *Botryodiplodia* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* spp., *Chaetomium* sp. e bactéria. Entretanto, não houve efeito significativo para os fatores testados. Ainda, foi observada baixa incidência dos fungos constatados, não ocasionando redução na qualidade sanitária e fisiológica das sementes avaliadas.

Além dos fungos citados, foi constatado a presença do fungo *Aspergillus flavus* (Tabela 7). Para as cultivares A, C e G nas precipitações avaliadas, foram observadas maiores porcentagens de *Aspergillus flavus* em sementes oriundas de plantas produzidas sob a precipitação de 162 mm (Tabela 7). Em relação ao efeito dos volumes, o incremento das precipitações para estas cultivares propiciou o aumento da incidência de *Aspergillus flavus* nas sementes avaliadas.

Não foi possível observar relação entre os danos por umidade e teor de lignina na vagem e no tegumento, com a incidência deste fungo nas sementes de soja. Segundo Dantas et al. (2012) não há interferência do teor de lignina do tegumento das sementes na resistência à infecção pelo fungo *Aspergillus flavus*. Carvalho et al. (2015) avaliando o efeito da lignina e da aplicação foliar de Mn na incidência de fungos, verificaram que a cultivar Celeste apresentou menor teor de lignina e esteve entre aquelas com menores incidências de *Aspergillus flavus*, inferindo que o maior teor de lignina no tegumento das sementes de soja não resulta em maior resistência a infecção.

Em todas as cultivares avaliadas foi observada a incidência do fungo *Cercospora kikuchii* (Tabela 7). Para as precipitações 0 e 54 mm, as cultivares A e C apresentaram maiores porcentagens. Na precipitação máxima, 162 mm, as cultivares A, B e C apresentaram maiores incidências.

Ao avaliar o efeito das precipitações sobre as cultivares, foi possível observar que o aumento dos volumes de chuva simulada em pré-colheita proporcionou maiores incidências do fungo *Cercospora kikuchii* nas cultivares A, B e C (Tabela 7). Segundo Schuh (1991) é necessário um período mínimo de 18h de molhamento foliar para infecção da folha e da vagem de soja pelo fungo *Cercospora kikuchii*. O mesmo autor também observou que a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na severidade da doença definida pela porcentagem de área foliar com lesões.

Tabela 7 – Qualidade sanitária de sementes de cultivares de soja produzidas sob diferentes volumes de precipitações pluviárias simuladas em pré-colheita.

<i>Aspergillus flavus</i> (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	0,0 Aa	0,5 Bb	1,6 Cc
B	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
C	0,5 Ba	0,5 Ba	1,0 Bb
D	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
E	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
F	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
G	0,0 Aa	0,6 Bb	1,0 Bc
<i>Cercospora kikuchii</i> (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	19,5 Ca	21,2 Cb	25,7 Dc
B	15,6 Ba	17,8 Bb	22,7 Dc
C	20,2 Ca	23,2 Cb	24,5 Dc
D	11,7 Ba	10,5 Ba	13,1 Ca
E	1,7 Aa	1,8 Aa	1,6 Aa
F	1,6 Aa	2,3 Aa	3,2 Aa
G	14,0 Bb	9,5 Ba	7,3 Ba
<i>Fusarium</i> spp. (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	0,0 Aa	1,0 Ba	0,5 Aa
B	2,0 Ba	3,5 Bb	4,5 Db
C	3,7 Ca	5,8 Cb	5,0 Eb
D	2,3 Ba	2,0 Ba	2,5 Ca
E	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
F	0,0 Aa	1,0 Bb	0,0 Aa
G	0,7 Aa	0,5 Aa	1,5 Ba
<i>Phomopsis</i> spp. (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	3,1 Aa	12,2 Db	14,5 Dc
B	12,7 Ca	11,2 Da	14,5 Db
C	5,7 Ba	5,5 Ba	9,0 Cb
D	6,5 Ba	7,5 Ca	9,0 Ca
E	1,5 Aa	0,5 Aa	0,0 Aa
F	3,8 Aa	2,5 Aa	2,5 Ba
G	4,5 Ba	4,5 Ba	4,0 Ba

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Ainda nos resultados obtidos, foi possível observar que as sementes com maiores incidências do fungo *Cercospora kikuchii*, apresentaram maiores porcentagens de danos por umidade pelo teste de tetrazólio e menores teores de lignina nas vagens (Tabelas 3 e 5). Diante disso, é possível destacar que a utilização de cultivares com características que proporcionem maior tolerância as flutuações de umidade do ambiente, como o alto conteúdo

de lignina nas vagens, são essenciais para a redução da deterioração por umidade e incidência do fungo *Cercospora kikuchii* no campo.

Outro aspecto importante, é que o fungo *Cercospora kikuchii* não afeta significativamente a qualidade fisiológica de sementes (VELICHETI et al., 1992; GALLI et al., 2005). No entanto, este fungo prejudica o aspecto visual das sementes para comercialização e a aceitabilidade pelo agricultor, podendo ocasionar descartes de lotes com boa qualidade de sementes, em função da elevada incidência deste fungo.

Em relação ao fungo *Fusarium* spp., para a precipitação 0, foi observado que as cultivares B, C e D apresentaram maior incidência em relação as demais (Tabela 7). Aos 54 mm, a cultivar C apresentou maiores porcentagens, seguida das cultivares A, B, D e F. Na precipitação de 162 mm, as cultivares B, C, D e G apresentaram maior incidência deste fungo, enquanto que as sementes das cultivares E e F apresentaram ausência do fungo *Fusarium* spp.

Comparando os volumes, foi possível verificar que precipitações pluviais de 54 e 162 mm, ocasionaram aumento na incidência de *Fusarium* spp. para as sementes das cultivares B e C (Tabela 7). Esse fato pode estar associado a deterioração das sementes por umidade através do excesso de chuvas em pré-colheita, e pela exposição das sementes devido ao elevado índice de enrugamentos nos tegumentos, tornando se porta de entrada para o ataque de fungos. Segundo Goullart (1997) o fungo *Fusarium* spp. está frequentemente associado a sementes que sofreram atraso de colheita ou deterioração por umidade no campo. Para Costa et al. (2003) os altos índices de infecção por fungos em sementes expostas a condições climáticas desfavoráveis, como o excesso de chuvas associado à altas temperaturas na fase de pré-colheita, está relacionado ao caráter parasita destes fungos em função da baixa qualidade fisiológica das sementes aos quais estes infectam.

Ainda no teste de sanidade foi identificado a presença do fungo *Phomopsis* spp. (Tabela 7). Para a precipitação 0, as cultivares B, C, D e G apresentaram maiores porcentagens deste fungo nas sementes avaliadas. Já nas precipitações 54 e 162 mm, as cultivares A e B demonstraram maiores incidências.

Para a cultivar A o aumento nos volumes de chuva ocasionaram o aumento da incidência de *Phomopsis* spp. nas sementes (Tabela 7). Nas cultivares B e C, maiores porcentagens foram observadas na precipitação de 162 mm. Este fungo frequentemente reduz a qualidade das sementes de soja, especialmente quando ocorrem períodos chuvosos associados com altas temperaturas durante a fase de maturação (BRACCINI et al., 2003), e,

pode ser considerado o principal causador da baixa germinação de sementes de soja, no teste padrão de germinação, à temperatura de 25 °C (GOULART, 2005).

5.5.3 Composição Química

Em relação ao teor de óleo das sementes avaliadas, foi possível observar que as cultivares B e C apresentaram maiores porcentagens de óleo na precipitação 0 (Tabela 8). Sementes de cultivares de soja, podem variar quanto à sua composição química devido a exposição as diferentes condições ambientais durante o seu cultivo. Podendo influenciar quali-quantitativamente a disponibilidade de compostos passíveis de pronta utilização pelo embrião e afetar o processo germinativo e a qualidade de sementes (DELARMELINO-FERRARESI et al., 2014).

Para as sementes oriundas das plantas submetidas ao volume de chuva de 54 mm, foi possível observar que as cultivares A, E e G demonstraram os menores teores de óleo. Para o volume máximo, 162 mm, as cultivares A, B e E apresentaram teores de óleo nas sementes superiores aos observados para as demais cultivares.

Para o efeito das precipitações sobre o teor de óleo das sementes, foi possível observar para a cultivar C, que o aumento das precipitações, reduziu a porcentagem de óleo nas sementes. Em princípio, os teores de óleo das sementes de soja são determinados geneticamente, porém, fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (ÁVILA et al., 2007). Segundo Harris et al. (1978) altas temperaturas associadas ao excesso de umidade durante o desenvolvimento das sementes, podem reduzir o seu teor de óleo total, podendo afetar a qualidade das sementes. Em trabalho realizado por Bellaloui et al. (2017) os autores encontraram correlação negativa entre a germinação de sementes de soja e teor óleo no embrião.

Quanto ao teor de proteína, para as três precipitações foi possível observar que as cultivares A e C apresentaram menores porcentagens de proteína nas sementes, independente das precipitações em que estas foram submetidas (Tabela 8). Esse resultado pode influenciar diretamente na qualidade fisiológica das sementes produzidas. Segundo Bortolotto et al. (2008) as proteínas são peptídeos utilizados na formação de novos tecidos em pontos de crescimento do embrião, o que está relacionado à eficiência do metabolismo e ao vigor de plântulas e pode ser associado ao potencial fisiológico de sementes. Bellaloui et al. (2017) encontraram correlações positivas entre a germinação e o teor de proteína nas sementes. Levan et al. (2008) investigaram a influência de composição de sementes e

germinação sob controle ambiente e condições de campo, e também observaram uma resposta positiva entre o teor de proteína e a germinação das sementes de soja.

Tabela 8 – Teor de óleo e proteína de sementes de cultivares de soja produzidas sob três volumes de precipitações pluviais simuladas em pré-colheita.

Teor de óleo (%)			
Cultivar	----- Precipitações -----		
	0 mm	54 mm	162 mm
A	23,03 Ba	22,23 Ba	23,56 Aa
B	24,23 Aa	24,46 Aa	24,00 Aa
C	23,90 Aa	24,16 Aa	22,46 Bb
D	21,73 Bb	23,50 Aa	22,70 Ba
E	22,40 Bb	21,86 Bb	23,70 Aa
F	22,80 Ba	23,43 Aa	22,23 Ba
G	22,66 Ba	22,60 Ba	22,20 Ba

Teor de proteína (%)			
Cultivar	0 mm	54 mm	162 mm
A	37,8 Ba	36,7 Ba	34,7 Bb
B	38,9 Aa	38,2 Aa	38,6 Aa
C	37,0 Ba	36,2 Ba	36,3 Ba
D	39,2 Aa	38,9 Aa	38,3 Ab
E	39,5 Aa	39,8 Aa	38,6 Aa
F	40,1 Aa	40,0 Aa	38,0 Aa
G	39,5 Aa	39,6 Aa	40,0 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Para o comportamento em função das precipitações, foi possível observar que a cultivar A e D apresentaram decréscimos no teor de proteína das sementes, aos 162 mm, já para as demais cultivares não houve efeito significativo (Tabela 8). Ainda para esta variável, não foi possível encontrar relação entre o teor de proteína das sementes avaliadas e os danos por umidade determinados pelo teste de tetrazólio e os teores de lignina nas vagens e sementes.

Em relação aos dados do teor de clorofila apresentados na tabela 9, foi possível verificar que as cultivares A e B apresentaram maiores teores de clorofila na média das sementes produzidas sob os diferentes volumes de chuva em pré-colheita. O teor de clorofila em sementes de soja está relacionado diretamente à quantidade de grãos esverdeados, sendo determinado pelo genótipo, apresentando variação significativa entre as cultivares (SINNECKER, 2002). Esse nível de expressão pode ser afetado pelos fatores bióticos e abióticos, e os principais agentes causadores são os danos por percevejos e veranicos associados a elevadas temperaturas durante a fase de maturação no campo, que

resultam na morte prematura da planta ou em maturação forçada (FRANÇA NETO et al., 2005).

Tabela 9 - Teores de clorofila total em sementes de cultivares de soja, considerando-se a média geral das precipitações pluviiais simuladas.

Cultivar	CLO (mg.kg ⁻¹)
A	0,74 C
B	0,64 C
C	0,55 B
D	0,51 B
E	0,43 B
F	0,19 A
G	0,35 A
CV (%)	22,28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Foi possível observar que as cultivares com menor conteúdo de lignina nas vagens (Tabela 5), apresentaram maiores teores de clorofila (Tabela 9). Plantas com maiores conteúdos de lignina na vagem podem se tornar indicativos para a redução do teor de clorofila e número de sementes esverdeadas no campo, propiciando a qualidade de sementes. Segundo Costa et al. (2001), Mandarino (2005) e Zorato et al. (2007), a clorofila é indicativo de redução do potencial fisiológico de sementes de soja, podendo reduzir também a qualidade dos grãos e do óleo gerado para a indústria.

5.5.4 Considerações Gerais

Frente aos resultados apresentados, foi possível observar que as cultivares avaliadas apresentaram respostas distintas a deterioração por umidade em pré-colheita. As sementes de soja produzidas a partir de cultivares com maiores teores de lignina nas vagens, apresentaram menores porcentagens de danos por umidade nas sementes e maior qualidade fisiológica e sanitária.

Para os teores de lignina nos tegumentos não houve indícios de relação com os fatores avaliados. Fato esse, pode estar relacionado a redução na porcentagem deste composto nas sementes ao longo dos anos dentro dos programas de melhoramento, através do foco em produtividade de grãos. Com isso, a lignina tem-se apresentado nas sementes em baixos teores, a ponto de não ocasionar alteração expressiva na absorção de água e na qualidade de sementes de soja.

Para os teores de óleo e proteína, não foram observadas diferenças entre as cultivares em função dos teores de lignina nas vagens e tegumentos. Para as precipitações avaliadas, houve decréscimo no teor de óleo em função do aumento das precipitações pluviais em pré-colheita, característica essa influenciada pelo caráter genético de cada cultivar. Para a clorofila, o teor de lignina na vagem pode ser indicativo de tolerância a deterioração por umidade.

5.6 CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja é reduzida com o aumento das precipitações pluviais em pré-colheita.

Sementes de soja oriundas de cultivares com maiores teores de lignina na vagem apresentam maior tolerância a deterioração por umidade em pré-colheita e proporcionam sementes de melhor qualidade fisiológica.

O teor de óleo das sementes de soja é reduzido conforme se aumenta as precipitações pluviais em pré-colheita.

Plantas de soja com maiores teores de lignina nas vagens produzem sementes com menor incidência do fungo *Cercospora kikuchii* e menor teor de clorofila quando associado a precipitações pluviais em pré-colheita.

5.7 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, P. J. C.; KRZYKANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M. G.; FRANÇA NETO, J. de B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, p. 1-15, 1949.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; ALBRECHT, L. P.; VIDIGAL FILHO, P. D. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.

BELLALOUIN.; SMITH J. R.; MENGISTU A.; RAY J. D.; GILLEN A. M. Evaluation of exotically-derived soybean breeding lines for seed yield, germination, damage, and composition under dryland production in the midsouthern USA. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 176, 2017

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: IAPAR, 2008. 74 p.

BORTOLOTTI, R. P.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; MATTIONI, N. M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 513-520, 2008.

BRACCINI, A. L. de.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO, F. E. I.; SCHUAB, S. R. P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

BAHRY, C. A.; PERBONI, A.; TESSARI, M. N.; ZIMMER, P. D. Physiological quality and imbibitions of soybean seeds with contrasting coats. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 125-133, 2017.

BRADLEY, C. A. Effect of fungicide seed treatments on stand establishment, seedling disease, and yield of soybean in North Dakota. **Plant Disease**, v. 92, n. 1, p. 120-125, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; REIS, L. V.; FERREIRA, T. F. Mn foliar sobre a qualidade sanitária e lignina de sementes de soja convencional e resistente ao glifosato. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 135-143, 2015.

CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, J. A.; LIMA, A. E.; SANTOS, E. O.; BARBOSA, J. I. L. B. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 14-21, 2016.

COSTA, N. P. da.; MESQUITA, C. de. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. de. 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**, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

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

CUTTER, E. 1986. **Anatomia vegetal**: Parte I – Células e tecidos. 2ª ed. São Paulo, Roca.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

DANTAS, Í. B.; OLIVEIRA, J. A. de; SANTOS, H. O. dos; VON PINHO, É. V. R.; ROSA, S. D. V. F. da. Influence of lignin content in soybean seed coat on the incidence of the storage fungus *Aspergillus flavus*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 541-548, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; TANAKA, F. A. O.; CICERO, S. M. Weathering damage in soybean seeds: assessment, seed anatomy and seed physiological potential. **Seed Technology**, v. 35, n. 2, p. 213-224, 2013.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39p. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. de B.; KRYZANOWSKI, F. C.; SILVA, W. R. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA CNPSO, 1998. 72 p. (Documentos, 116).

FRANÇA NETO, J. de B.; PÁDUA, G. P.; CARVALHO, M. L. M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P. S. R.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da; HENNING, A. A.; SANCHES, D. P. **Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 38.).

GALLI, J. A.; PANIZZI, R. de C.; FESSEL, S. A.; SIMIONI, F. de.; ITO, M. F. Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Cercospora kikuchii* na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 182-187, 2005.

GIURIZATTO, M. I. K.; SOUZA, L. C. F.; ROBAINA, A. D.; GONÇALVES, M. C. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 771-779, 2003.

GIBSON, L. R.; MULLER, R. E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, v. 36, p. 1615-1691, 1996.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle**. Durados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 72 p.

HARRIS, H. C.; McWILLIAM, J. R.; MASON, W. K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 3, p. 1203-1212, 1978.

HEIL, C. Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy. **Madison: Thermo Fisher Scientific**, 2010. 3 p. (Application note: 51954). Disponível em: <http://www.nicoletcz.cz/userfiles/file/vjegy/soybeans.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).

HUTH, C.; HENNING, L. M. M.; LOPES, S. J.; TABALDI, L. A.; ROSSATO, L. V.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A. Susceptibility to weathering damage and oxidative stress on soybean seeds with different lignin contents in the seed coat. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 296-304, 2016.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS. **Monitoramento Brasil**. 2017. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: 13 fev. 2017.

KRZYZANOWSKI, F. C. Desafios tecnológicos para a produção de sementes de soja na região tropical brasileira. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3, 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja 2004, p.1324 – 1335.

LEVAN, N. A.; GOGGI, A. S.; MULLEN, R. Improving the reproducibility of the soybean standard germination test. **Crop Science**, v. 48, p. 1933-1940, 2008

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C., BENASSI, V. T. **Óleos – alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013. Anexo XXIII - **Padrões para produção e comercialização de sementes de soja**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN45de17desetembrode2013.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 660p.

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; FESSEL, S. A.; SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócolis (*Brassica oleraceae* L.). var. Itálica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 280-287, 2000.

MOREIRA-VILAR, F. C.; SIQUEIRA-SOARES, R. de C.; FINGER-TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, D. M.; FERRO, A. P.; ROCHA, G. J.; FERRARESE, M. L. L.; SANTOS, W. D.; FERRARESE-FILHO, O. The Acetyl Bromide Method Is Faster, Simpler and Presents Best Recovery of Lignin in Different Herbaceous Tissues than Klason and Thioglycolic Acid Methods, **Plos One**, v. 9, n. 10, p. 1-7, 2014.

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

NEERGARD, P. **Seed pathology**. London: MacMillan, 1979. v. 1, 839p.

OLIVEIRA, C. M. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

PÁDUA, G. P. de; FRANÇA-NETO, J. B.; CARVALHO, M. L. M. de; COSTA, O.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da. Tolerance level of green seed in soybean seed lots after storage. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p.128-138, 2007.

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

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja** (*Glycine max* (L.) Merrill). 128p. 2002. (Tese) Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

QUEIROZ, E. F.; NEMAIER, N.; TORRES, E.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J. B.; PEREIRA, L. A. G.; BIANCHETTI, A.; YAMASHITA, J. **Recomendações técnicas para a colheita da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1978. 32p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Hoe a soybean plant develops**. Special Report n.53 (Reprinted June, 1997). Ames, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997.

SANTOS, E. L.; PÓLA, J. N.; BARROS, A. S. R.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A. G.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3961-3966, 2002.

SCHUH, W. Influence of temperature and leaf wetness period on conidial germination in vitro and infection of *Cercospora kikuchii* on soybean. **Phytopathology**, v. 81, p. 1315-1318, 1991.

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

VELICHETI, R. K.; KOLLIPARA, K. P.; SINCLAIR, J. B. Selective degradation of proteins by *Cercospora kikuchii* and *Phomopsis longicolla* in soybean seed coats and cotyledons. **Plant Disease**, v. 76, n. 8, p. 779-782, 1992.

ZORATO, M. de F.; PESKE, S. T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J. de B. Presença de sementes esverdeadas em soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 11-19, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo do quadro de análise de variância para os dados de qualidade fisiológica, composição química e qualidade sanitária de sementes de cultivares de soja, submetidas a três volumes de precipitações pluviais em pré-colheita.

Quadrados médios										
F.V.	G.L.	UM 1-8	UM 6-8	G	PCG	EA	EMA	CPA	CR	
Cultivar	6	1506,56**	243,40**	241,35**	392,74**	139,1**	519,07**	9,48**	30,83**	
Precipitação	2	1567,00**	172,15**	366,22**	642,04**	1042,0**	522,25**	25,03**	40,15**	
Cult*Prec.	12	253,30**	58,96**	46,22**	143,60**	49,0**	121,19**	2,91**	2,33**	
Erro	63	69,54	7,88	15,50	42,09	43,07	25,95	0,79	1,85	
Média	-	39,57	7,01	85,04	78,04	74,70	80,85	9,19	18,38	
CV (%)	-	21,07	40,05	4,63	8,31	8,79	6,30	9,67	7,41	
F.V.	G.L.	LV	LT	OLEO	PROT	CLO	AF	CK	FS	PHO
Cultivar	6	10,965	0,3951	3,46**	20,07**	0,29*	1,23**	845,3**	36,22**	11,39**
Precipitação	2	-	-	0,30ns	4,87ns	0,08ns	0,98**	51,0**	1,33*	0,49*
Cult*Prec.	12	-	-	1,66**	4,95**	0,18ns	0,47**	34,5**	1,86**	1,14**
Erro	63	0,090	0,0290	0,44	1,64	0,12	0,001	6,67	0,39	0,11
Média	-	15,57	4,25	23,04	38,28	0,48	29,23	20,77	1,64	6,49
CV (%)	-	1,93	4,01	2,89	3,35	22,28	0,25	12,44	38,09	14,50

ns, ** e *: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

UM 1-8: dano por umidade pelo teste de tetrazólio; UM 6-8: dano por umidade pelo teste de tetrazólio; G: germinação; PCG: primeira contagem de germinação; EA: envelhecimento acelerado; EM: emergência de plântulas em areia; CPA: comprimento de parte aérea; CR: comprimento de raiz; LV: teor de lignina na vagem; LT: teor de lignina no tegumento; OLEO: teor de óleo; PROT: teor de proteína; CLO: clorofila total; AF: *Aspergillus flavus*; CK: *Cercospora kikuchii*; FUS: *Fusarium* spp. e PHO: *Phomopsis* spp.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Cultivares de soja com elevados teores de lignina nas vagens apresentam menor taxa e velocidade de absorção de água.

Os teores de lignina presente nos tegumentos, dentro dos limites de contraste avaliados, não interferem na absorção de água pelas sementes.

Vagens de soja com maior espessura do exocarpo, mesocarpo e endocarpo, e elevados teores de lignina, apresentam maior tolerância a deterioração por umidade e proporcionam sementes com maior vigor e viabilidade.

A espessura hipoderme da testa de tegumentos de soja está relacionada a tolerância a deterioração por umidade e obtenção de sementes de elevada qualidade.

A qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja é reduzida com o aumento das precipitações pluviais em pré-colheita.

Sementes de soja oriundas de cultivares com maiores teores de lignina na vagem apresentam maior tolerância a deterioração por umidade em pré-colheita e proporcionam sementes de melhor qualidade fisiológica.

O teor de óleo das sementes de soja é reduzido conforme se aumenta as precipitações pluviais em pré-colheita.

Plantas de soja com maiores teores de lignina nas vagens produzem sementes com menor incidência do fungo *Cercospora kikuchii* e menor teor de clorofila quando associado a precipitações pluviais em pré-colheita.