

**VANDERLÉIA MATHIAS**

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA AO ATRASO DE COLHEITA:  
PRODUÇÃO, VIGOR E ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof. Dr.<sup>a</sup> Cileide Maria Medeiros Coelho

**LAGES-SC  
2016**

Mathias, Vanderléia

Tolerância de genótipos de soja ao atraso de colheita: produção, vigor e aspectos bioquímicos de sementes / Vanderléia Mathias. - Lages, 2016. 92p.: il. ; 21 cm

Orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho

Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2016.

1. Qualidade Fisiológica. 2. Composição Bioquímica. 3. Proteína Solúvel. 4. Açúcar Solúvel. I. Mathias, Vanderléia. II. Coelho, Cileide Maria Medeiros. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

**VANDERLÉIA MATHIAS**

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA AO ATRASO DE COLHEITA:  
PRODUÇÃO, VIGOR E ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE SEMENTES**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr.<sup>a</sup> Cileide Maria Medeiros Coelho**  
Orientadora – UDESC/Lages-SC

**Prof. Ph.D. Luiz Sangoi**  
Membro – UDESC/Lages-SC



**Prof. Dr. Claudemir Zucareli**  
Membro externo – UEL/Londrina-PR

**Lages, SC, 09/12/2016**



Aos meus pais, dedico todo o meu esforço  
como tentativa de retribuir em forma de  
orgulho, o sacrifício de uma vida.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por clarear e proteger os meus caminhos, por ter preparado para minha vida a oportunidade de chegar a esse dia com sabedoria, amor e coragem.

À Udesc, pelo ensino público e de qualidade, e ao Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias. À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, Professora Dr.<sup>a</sup> Cileide Maria Medeiros Coelho, pela confiança e orientação, por todos os ensinamentos e exemplo profissional.

Aos meus pais, Denilson Francisco Mathias e Genoefa Secchi Mathias, e meu tio Orlando Cezar Mathias, pelo apoio, amor, incentivo, por confiarem em mim, não medindo esforços para que eu chegassem até essa etapa de minha vida.

À minha irmã, Valéria Mathias, pela sua presença em todos os momentos da minha vida, sendo a certeza que jamais estarei sozinha.

Ao meu tesouro Guilherme Mathias Pauletti, por encher a minha vida de alegria, trazendo sorrisos e esperanças que só uma criança é capaz de transmitir.

Ao meu namorado Paulo T. Graeff Junior, por permanecer ao meu lado, pela compreensão, respeito e carinho de todas as horas.

Ao meu amigo Robson Nitsche por disponibilizar sementes e sempre me incentivar.

Ao amigo que o metrado apresentou, Denis Santiago da Costa, pelas horas de conversa e os valiosos conselhos.

À minha amiga Daniele Nerling, pela ajuda indispensável, horas de conversa e discussão.

À Equipe do Laboratório de Análise de Sementes por todos os momentos de aprendizado durante este período.

Aos amigos encontrados e reencontrados durante o mestrado pelas horas de distração e alegrias compartilhadas.

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte dessa caminhada e que contribuíram de alguma forma.



"A vida está cheia de desafios que, se aproveitados de forma criativa, transformam-se em oportunidades." (**Maxwell Maltz**)



## RESUMO

As sementes de soja quando atingem o estádio de maturidade fisiológica, apresentam máximo potencial produtivo e fisiológico, o qual pode decrescer acentuadamente a medida que permanecem no campo, resultando em perdas quantitativas e qualitativas de forma dependente da cultivar. A identificação de cultivares que apresentem maior tolerância na manutenção da qualidade fisiológica e a associação deste fator com a composição bioquímica das sementes é fundamental, para entender os mecanismos de resistência ao atraso da colheita. O presente estudo objetivou avaliar o efeito do atraso de colheita sobre os atributos agronômicos, a produtividade, a qualidade fisiológica e a composição bioquímica de sementes de diferentes cultivares de soja. O experimento foi conduzido na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC, com delineamento experimental de blocos casualizados, parcela subdivididas, 4 repetições. Foram utilizadas as cultivares NA 5909 RG, BMX Ativa RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 5959 IPRO. As colheitas iniciaram na maturidade fisiológica, R7, seguindo de R7 + 5 dias, R7 + 10 dias (R8), R7 + 20 dias. Sendo determinado os atributos agronômicos, a produtividade, a qualidade fisiológica (teste de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e tetrazólio) e composição bioquímica (proteína total, proteína solúvel, amido, açúcar solúvel, fósforo total, fitato, fósforo inorgânico, lipídios). Com a intenção de explicar o efeito da composição bioquímica no vigor, realizou-se a curva de hidratação e avaliou-se a hidrólise e mobilização dos componentes bioquímicos durante a germinação. Para análise estatística utilizou-se os programas Assistat e R, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, 1% de probabilidade de erro. Os atributos agronômicos e a produtividade não sofreram influência das épocas de colheita. A produtividade apresentou média de  $4476,5 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para a qualidade fisiológica avaliada pelo percentual de germinação e vigor, observou-se efeito significativo das épocas de colheita. O percentual médio de germinação apresentou 90%, enquanto de vigor 88%. A composição bioquímica sofreu interferência das épocas de colheita, e ao associar com a qualidade fisiológica observou-se que o conteúdo de proteína solúvel foi o que apresentou maior associação positiva com o vigor das sementes. Com a avaliação dos componentes bioquímicos durante a germinação observou-se o efeito positivo de açúcar solúvel sobre o comprimento da radícula. Todas as cultivares apresentaram desempenho positivo na manutenção da produtividade. A permanência das sementes por 20 dias após a maturidade fisiológica reduziu o percentual de germinação e o vigor. Sementes com maior conteúdo de proteína solúvel apresentam maior vigor. A cultivar NA 5909 RG é superior as demais na manutenção do poder germinativo e vigor com o atraso de colheita.

**Palavras-chave:** Qualidade Fisiológica. Composição Bioquímica. Proteína Solúvel. Açúcar Solúvel.



## ABSTRACT

Soybean seeds when they reach the physiological maturity stage, present maximum productive and physiological potential, which can decrease considerably as they remain in the field, resulting in quantitative and qualitative losses depending on the cultivar. The identification of cultivars that present greater tolerance in the maintenance of the physiological quality and the association of this factor with the biochemical composition of the seeds is fundamental to understand the mechanisms of resistance to the delay of the harvest. The present study aimed to evaluate the effect of harvest delay on the agronomic attributes, productivity, physiological quality and biochemical composition of seeds of different soybean cultivars. The experiment was conducted in the 2015/16 crop in the municipality of Fraiburgo, SC, with a randomized complete block design, subdivided plot, 4 replicates. The cultivars NA 5909 RG, BMX Ativa RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 5959 IPRO were used. Harvests started at physiological maturity, R7, following R7 + 5 days, R7 +10 days (R8), R7 + 20 days. Agronomic attributes, productivity, physiological quality (germination, accelerated aging, electrical conductivity, seedling length and tetrazolium) and biochemical composition (total protein, soluble protein, starch, soluble sugar, total phosphorus, phytate, phosphorus Inorganic, lipids). In order to explain the effect of the biochemical composition on vigor, the hydration curve was performed and the hydrolysis and mobilization of biochemical components during germination was evaluated. For statistical analysis, we used the Assistat and R programs, the averages were compared by the Tukey test, 1% error probability. Agronomic attributes and yield were not influenced by harvesting times. Productivity presented an average of 4476.5 kg ha<sup>-1</sup>. For the physiological quality evaluated by the percentage of germination and vigor, a significant effect of harvest times was observed. The average percentage of germination presented 90%, while of 88% vigor. The biochemical composition was influenced by the harvesting times and, when associated with the physiological quality, it was observed that the soluble protein content was the one with the highest positive association with seed vigor. With the evaluation of the biochemical components during germination the positive effect of soluble sugar on the radicle length was observed. All cultivars presented a positive performance in maintaining productivity. Seed permanence for 20 days after physiological maturity reduced germination percentage and vigor. Seeds with higher soluble protein content present greater vigor. The cultivar NA 5909 RG is superior to the others in the maintenance of the germinative power and vigor with the harvest delay.

**Key-words:** Physiologic quality. Biochemical Composition. Soluble protein. Soluble sugar.



## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Características das sementes das cultivares de soja em função da época de colheita, safra 2015/16, município de Fraiburgo, SC.....	38
Figura 2 - Precipitação pluviométrica e temperatura máxima, média e mínima do ar registradas na safra 2015/16, correspondente ao período de condução do experimento no município de Fraiburgo, SC. ....	41
Figura 3 - Precipitação pluviométrica e temperatura máxima, média e mínima do ar registradas na fase de dessecação das sementes de soja. ....	56
Figura 4 - Correlação entre testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	61
Figura 5 - Correlação entre o percentual de vigor e componentes bioquímicos de sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	67
Figura 6 - Análise dos componentes principais (PCA) para os componentes bioquímicos e qualidade fisiológica em função das épocas de colheita de sementes de soja. ....	68
Figura 7 - Cluster Heatmap (HCA) para os componentes bioquímicos e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja submetidas a épocas de colheita, com correlação cofenética de 83%. ....	69
Figura 8 - PLS-R para associação dos componentes bioquímicos com a qualidade fisiológica de sementes de soja.....	70
Figura 9 - Curva de Hidratação de sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.....	75
Figura 10 - Comprimento da radícula das sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	76
Figura 11 - Mobilização de proteínas solúveis ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	77
Figura 12 - Hidrólise de amido ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	78
Figura 13 - Mobilização de açúcar solúvel ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	79
Figura 14 - Hidrólise de lipídios (%) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	80
Figura 15 - Mobilização de Fósforo Inorgânico ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor. ....	81



## **LISTA DE QUADRO**

Quadro 1 - Descrição da Análise de solo da área experimental no município de Fraiburgo, SC.....	37
--	----



## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Características agronômicas das cultivares de soja utilizadas na condução do experimento na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	36
Tabela 2 - Grau de umidade das sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	39
Tabela 3 - Datas de colheita das sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	39
Tabela 4 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) dos componentes de produtividade e agronômicos para a safra 2015/16 de 4 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC. ....	42
Tabela 5 - Produtividade de sementes, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de mil sementes das cultivares de soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.....	43
Tabela 6 - Altura de plantas, altura da primeira vagem e número de nós das cultivares soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	44
Tabela 7 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) da retenção de peneiras de sementes para a safra 2015/16 de 4 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC. ....	45
Tabela 8 - Retenção de sementes em peneiras (%) das cultivares de soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	46
Tabela 9 – Resultado da análise de variância (quadrado médio) da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC, na safra 2015/16.....	55
Tabela 10 – Germinação e viabilidade pelo teste de tetrazólio de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.....	56
Tabela 11 - Vigor pelo teste de envelhecimento acelerado e pelo teste de tetrazólio de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	58
Tabela 12 - Condutividade Elétrica ( $\mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}$ ) de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	59
Tabela 13 - Comprimento total, da radícula e da parte aérea de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	60
Tabela 14 - Perdas quantitativas (%) no vigor <sup>1</sup> das sementes causadas pelo atraso de colheita de sementes de soja após a maturidade fisiológica. ....	62
Tabela 15 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) da composição bioquímica de sementes de soja para a safra 2015/16 de 04 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC. ....	63
Tabela 16 - Composição bioquímica de sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	64
Tabela 17 - Conteúdo de açúcar solúvel, fósforo inorgânico e lipídios em sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC. ....	65



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>27</b>
2.1	PARÂMETROS PARA A PRODUÇÃO E COLHEITA DE SEMENTES DE SOJA.....	27
1.1	2.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE SOJA.....	29
2.3	HIDRÓLISE E MOBILIZAÇÃO DOS COMPONENTES BIOQUÍMICOS DURANTE A GERMINAÇÃO .....	30
2.4	INTERFERÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS na GERMINAÇÃO DE SEMENTES .....	32
<b>3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLHEITA .....</b>	<b>34</b>
3.1	RESUMO.....	34
3.2	INTRODUÇÃO .....	34
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	36
3.4	RESULTADOS E DISCUÇÃO.....	40
3.5	CONCLUSÕES .....	47
<b>4</b>	<b>QUALIDADE FISIOLÓGICA E COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DAS SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE COLHEITA .....</b>	<b>48</b>
4.1	RESUMO.....	48
4.2	INTRODUÇÃO .....	48
4.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	50
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.5	CONCLUSÕES .....	70
<b>5</b>	<b>HIDRÓLISE E MOBILIZAÇÃO DE COMPONENTES BIOQUÍMICOS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM DIFERENÇAS NO VIGOR .....</b>	<b>71</b>



5.1	RESUMO.....	71
5.2	INTRODUÇÃO .....	71
5.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	73
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
5.5	CONCLUSÕES .....	81
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>



## 2 INTRODUÇÃO

O incremento na produção de soja (*Glycine max*) no Brasil é resultado do aumento da produtividade e consequência da maior qualidade das sementes oferecidas ao produtor. O aumento de 3,4% na área semeada no país quando comparadas as últimas safras, comprovam o elevado nível das cotações da aleuro-oleaginosa no mercado internacional e suas repercussões no mercado interno, além do bom desempenho da comercialização (CONAB, 2016).

O estado de Santa Catarina contou na safra 2015/2016 com uma área de 630 mil hectares. Além disso, destaca-se o potencial que o estado apresenta para a produção de sementes, tornando-se peça importante no cenário nacional, com uso de tecnologias modernas e adequadas, aliado às condições climáticas favoráveis para estabelecimento e desenvolvimento da cultura (ABRASEM, 2016).

Uma vez que ocorram condições desfavoráveis em alguma das fases do desenvolvimento da semente, danos fisiológicos podem resultar em prejuízos à qualidade, sendo a intensidade desses danos, variáveis em função dos fatores genéticos, intrínsecos de cada cultivar (GRIS et al., 2010). Com isso têm-se a necessidade de buscar cultivares que apresentem características de resistência a essas condições, possibilitando menores perdas na qualidade fisiológica e ainda, maior rentabilidade aos produtores de sementes e cooperativas envolvidas na cadeia produtiva.

A identificação de parâmetros relacionados com a manutenção da qualidade das sementes, é possível a partir da caracterização da influência do atraso de colheita sobre os componentes bioquímicos, associando ao vigor das sementes. Essa ferramenta surge como alternativa para elucidar eventos que envolvem a redução do potencial fisiológico, além de caracterizar cultivares com maior vigor.

A caracterização de cultivares com produção de sementes de maior vigor, é possível a partir da avaliação dos componentes bioquímicos durante o processo de germinação de sementes, identificando cultivares que apresentem maior eficiência nesse processo. Considerando que todas essas características são genéticas, a identificação de cultivares surge como ferramenta para programas de melhoramento genético, quando o objetivo é a obtenção de novas cultivares que apresentem como característica intrínseca a qualidade superior de sementes.

O presente trabalho foi fundamentado nas seguintes hipóteses: a) as cultivares respondem de forma diferente ao atraso de colheita, sofrendo interferência nas características agronômicas e na produtividade; b) O atraso de colheita após a maturidade fisiológica causa redução da qualidade fisiológica e da composição bioquímica de sementes de soja, possibilitando identificar a influência da composição bioquímica sobre a qualidade fisiológica; c) a partir da hidrólise e mobilização dos componentes bioquímicos é possível caracterizar lotes de sementes de soja com alto e baixo vigor.

Com base nesta problemática os objetivos do trabalho foram: a) determinar os atributos agronômicos e a produtividade após a maturidade fisiológica de diferentes cultivares de soja (Capítulo 3); b) caracterizar o efeito do atraso de colheita sobre a qualidade fisiológica, e identificar quais os componentes bioquímicos apresentam maior contribuição para a qualidade fisiológica das sementes de soja (Capítulo 4); c) avaliar a hidrólise e mobilização de componentes bioquímicos durante a germinação de sementes de soja de lotes com diferenças no vigor (Capítulo 5).

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 PARÂMETROS PARA A PRODUÇÃO E COLHEITA DE SEMENTES DE SOJA**

O conhecimento das fases de desenvolvimento das sementes (divisão e expansão celular, maturação e dessecação), é importante a ser considerado na produção de sementes, pois apresentam interações estreitas, em termos da regulação da expressão gênica com as condições de cultivos, que determina a qualidade das sementes produzidas (BEWLEY et al., 2013).

Entre os fatores que interferem na qualidade das sementes estão as condições climáticas predominantes em cada fase, principalmente oscilações ocorridas na temperatura média do ar e períodos com déficit ou excesso de precipitação pluviométrica nas fases de maturação e dessecação. Deste modo, o conhecimento, de como se processa o desenvolvimento das sementes é fundamental, para a orientação dos produtores, auxiliando no controle de qualidade, principalmente no que se refere ao planejamento e a definição da época ideal de colheita (PESKE; BARROS; SCHUCH, 2012).

O término de cada fase do desenvolvimento da semente depende de um complexo controle por sinais celulares, tais como hormônios, grau de umidade e eventos bioquímicos, sendo estes influenciados pelas condições de cultivo. A conclusão do processo de desenvolvimento leva à formação de sementes vigorosas, capazes de germinar em ampla gama de condições ambientais, com conteúdo de reservas capaz de permitir o estabelecimento inicial das plântulas (LEHNER; CORBINEAU; BAILLY, 2006).

O máximo potencial de germinação e vigor de sementes ocorre na maturidade fisiológica. No entanto, as sementes apresentam alto grau de umidade neste ponto, o que dificulta a colheita mecanizada (MARCOS FILHO, 2015a). Após a maturidade fisiológica a qualidade das sementes diminui gradativamente ao longo do processo natural de deterioração, sendo esse processo agravado com o atraso da colheita, sofrendo influência das condições climáticas (KRZYZANOWSKI et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015a).

A semente de soja apresenta maturidade fisiológica caracterizada pelo máximo acúmulo de matéria seca, com aproximadamente 45% a 50% de umidade (ANDREWS, 1966) e isto ocorre geralmente quando as sementes (e também a

vagem) tornam-se amarelas ou tenham perdido completamente a cor verde (RITCHIE et al., 1994). As sementes de soja são extremamente sensíveis à deterioração no período em que permanecem no campo até atingirem o grau de umidade adequado para a colheita mecanizada (LIMA et al., 2007).

Os fatores de campo que afetam a qualidade das sementes, são a ocorrência de veranicos associados com altas temperaturas durante a fase de maturação de sementes. Essas condições podem resultar na produção de semente com elevados índices de enrugamento e sementes esverdeadas (DEMIRTA et al., 2010; MARCANDELLI et al., 2011). Khan et al. (2011) afirmam que a ocorrência de altas temperaturas na fase de maturação de sementes de soja reduz a germinação e o vigor, esse problema pode ser evitado mediante o ajuste da época de semeadura associado a utilização de cultivares tolerantes as condições de estresses climáticos.

Entre os fatores que interferem na qualidade das sementes, a colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo, principalmente pelos riscos que está sujeita a lavoura. Para evitar perdas na qualidade do produto, a colheita deve ser iniciada logo que as sementes de soja atinjam o grau de umidade entre 13-15%, onde se dá a minimização dos problemas de danos mecânicos e perdas na colheita (EMBRAPA, 2004).

Para Lima et al. (2007) o atraso de colheita após a maturidade fisiológica, muitas vezes, é considerado responsável pela redução da germinação e do vigor, podendo, desta maneira, ser um método adequado para diferenciar cultivares em função da qualidade de suas sementes. Metodologias, como o atraso de colheita e a determinação do conteúdo de lignina no tegumento de sementes, podem ser utilizadas com sucesso em programas de melhoramento genético para a avaliação da qualidade das sementes de soja, o que tem propiciado o desenvolvimento de linhagens e cultivares com sementes de melhor qualidade fisiológica (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2003; TERASAWA et al., 2009;).

No sistema de produção que visa à otimização de padrões quantitativos e qualitativos, a semente de alta qualidade ocupa papel fundamental (COSTA et al., 2001). O sucesso de um programa de produção sementes de soja depende da utilização de cultivares adequadas. Desta forma, empresas privadas e entidades públicas devem buscar alternativas para esclarecer problemas gerados durante o desenvolvimento das sementes. As condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica podem interferir no processo, sendo que

com o atraso de colheita é possível indicar indiretamente o feito desses fatores sobre a qualidade das sementes.

### 3.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE SOJA

A deterioração das sementes, caracterizada por alterações fisiológicas e bioquímicas que culminam com a morte das sementes, é um processo natural iniciado após a maturidade fisiológica. A velocidade do processo de deterioração é determinada principalmente pela interação entre cultivares, condições climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar, além de ser fortemente afetado pelas condições de cultivo (JYOTI; MALIK, 2013).

Durante o processo de deterioração das sementes, as primeiras manifestações a nível fisiológico referem-se ao vigor, seguido pela perda da capacidade de germinar, e por último a morte da semente (DINIZ et al., 2013; PELÚZIO et al., 2008). Para Gris et al. (2010) uma vez que ocorram condições desfavoráveis em alguma das fases de desenvolvimento das sementes, as consequências resultam em danos fisiológicos que acarretam prejuízos à qualidade, sendo a intensidade desses danos, variável de acordo com fatores genéticos, intrínsecos de cada cultivar.

Um dos principais problemas relacionados com a qualidade das sementes está ligado à deterioração por umidade, dano progressivo e mais acentuado entre os demais danos, como os danos por insetos, patógenos e mecânico. O dano por umidade é influenciado pelo equilíbrio higroscópico que as sementes de soja apresentam (equilíbrio da umidade das sementes com a umidade do ambiente) sendo fortemente influenciado pelas oscilações de temperatura e umidade relativa do ar (FRANÇA NETO et al., 2007).

A deterioração afeta a quantidade e a qualidade das sementes produzidas, influenciando principalmente a composição bioquímica (BORDIGNON, 2006). Os principais componentes bioquímicos são carboidratos, proteínas e lipídios, responsáveis pelo fornecimento de energia para protrusão da radícula e posterior crescimento e desenvolvimento de plântulas (HAN et al., 2013).

A manifestação do vigor da semente depende da eficiência dos processos metabólicos de síntese, apoiados por atividade respiratória eficiente. Para tanto, é fundamental a disponibilidade dos componentes bioquímicos acumulados na maturação. Alterações desses componentes durante a deterioração, resultam em

efeitos diretos sobre a sua utilização em processos de síntese e de liberação de energia na germinação (MARCOS FILHO, 2015a).

As alterações provocadas pelo processo de deterioração no conteúdo de carboidratos, conduzem a limitações na disponibilidade de substrato para respiração, reduzindo o vigor e a germinação. Em lipídios as alterações são devidas a hidrólise enzimática, à peroxidação e à autoxidação. Para as proteínas podem ser destacados como eventos que caracterizam a deterioração, o decréscimo de proteínas e desnaturação provocada por altas temperaturas (MARCOS FILHO, 2015a).

Do ponto de vista bioquímico, o vigor está associado com maiores teores dos componentes bioquímicos, atribuindo a isso maior capacidade de mobilização desses, durante a germinação, resultando em plântulas com melhor desempenho inicial (HENNING et al., 2010). Carvalho; Nakagawa (2012), afirmam que tanto o vigor quanto o potencial de armazenamento das sementes são influenciados pelas quantidade dos compostos bioquímicos.

Em lotes de sementes com menor vigor, há maior variação na sua composição bioquímica, consequentemente maior desuniformidade, e menor velocidade na emergência. As variações nos perfis de proteínas podem fornecer indicadores eficientes para monitorar processos bioquímicos associados ao vigor das sementes (HENNING et al., 2010; MARCOS FILHO, 2015b).

O estudo dos efeitos do vigor das sementes sobre os estádios iniciais do desenvolvimento das plântulas de soja são importantes, já que compreendem o período de estabelecimento da cultura (HENNING et al., 2010). Com a condução do projeto de pesquisa encontra-se a possibilidade de identificação de fatores que reduzem o vigor, buscando a partir das características de cada cultivar identificar quais fatores podem estar associados com a deterioração das sementes e consequentemente redução do vigor.

### 3.3 HIDRÓLISE E MOBILIZAÇÃO DOS COMPONENTES BIOQUÍMICOS DURANTE A GERMINAÇÃO

A germinação de sementes inicia com a absorção de água e subsequente aumento da síntese de proteína e respiração. Enzimas hidrolíticas são sintetizadas ou ativadas para hidrolisar os componentes bioquímicos armazenados, que são

mobilizados para nutrir o embrião e fornecer energia para o crescimento de plântulas (HAGER, 2014).

O processo de germinação de sementes compreende três fases; fase I, caracterizada pela intensa absorção de água; fase II marcada por reduções drásticas na velocidade de hidratação e caracterizada pelas atividades constituintes do processo bioquímico preparatório; fase III caracteriza-se pela retomada do processo de embebição e reinicio do crescimento do embrião, identificada pela protrusão da raiz primária (TEULAT-MERAH et al., 2011; WEITBRECHT et al., 2011; MARCOS FILHO, 2015a).

Durante a fase II, ocorre a hidrólise e mobilização dos componentes bioquímicos para o eixo embrionário, movimentando principalmente a sacarose e aminoácidos, além de compostos fosforados. Enzimas como as lipases hidrolisam os triglicerídeos, formando glicerol e ácidos graxos, parte destes é transformado em açúcares liberando energia para a germinação (MARCOS FILHO, 2015a).

As proteínas são convertidas em aminoácidos, pela atividade das proteases (HAN et al., 2013). A mobilização de proteínas em sementes mediante embebição, é crucial para o estabelecimento inicial das plântulas, pois participam da formação de tecidos, e de reações da cadeia respiratória (KIM et al., 2011; TAN-WILSON; WILSON, 2012; MARCOS FILHO, 2015a).

Os carboidratos de reserva, principalmente amido, são transformados em glicídios, com a ação de amilase. Os produtos finais da hidrólise de carboidratos e de lipídios são sacarose e ATP, utilizados como fonte de energia (MARCOS FILHO, 2015a). A mobilização desses componentes ocorre após a protrusão da raiz primária, caracterizando um evento pós-germinativo (BEWLEY et al., 2013).

Entre os macronutrientes, o teor de fósforo desempenha efeito benéfico sobre a qualidade fisiológica das sementes, principalmente na forma de fitato, sendo que, em condições normais de disponibilidade de fósforo, o fitato representa mais de 80% do fósforo total (BUERKERT et al., 1998; MÖLLERS et al., 1999). Segundo Sachs et al. (2006) os fitatos são reservas secundárias de fósforo usadas subsidiariamente nas funções vitais da semente, principalmente na germinação.

Estudos envolvendo o processo de mobilização de componentes bioquímicos surgem como alternativas para explicar o efeito do vigor sobre o desenvolvimento inicial de plântulas. A melhor compreensão dos mecanismos bioquímicos que determinam o desempenho fisiológico de sementes tem sido associada com a

identificação de marcadores bioquímicos. Os estudos sobre a regulação desses marcadores contribuem para compreender como plantas sintetizam componentes bioquímicos durante o desenvolvimento, para hidrólise e mobilização desses durante a germinação (HE et al., 2007; CORBINEAU, 2012).

### 3.4 INTERFERÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES

A disponibilidade de água, a temperatura e o oxigênio são considerados essenciais e exercem influência direta sobre a germinação das sementes, se alguma dessas três condições não estiver dentro das exigências estabelecidas para cada espécie, as sementes não iniciam o processo de germinação (MARCOS FILHO, 2015a). Como exemplo, em solos inundados o oxigênio torna-se limitado reduzindo o percentual de germinação, uma vez que o mesmo é necessário para a oxidação dos componentes bioquímicos de reserva e o posterior suprimento de energia para o desenvolvimento do eixo embrionário (PURCELL; SALMERON; ASHLOCK, 2014).

Durante a germinação, tanto excesso, quanto a falta de água são prejudiciais ao estabelecimento inicial de plântulas (FARIAS et al., 2001). A redução na germinação e inviabilidade das sementes com o passar dos dias sob estresse hídrico, pode ser explicada pela desnaturação de proteínas (REZENDE et al., 2003) e consequente desestruturação de membranas celulares, quando associado a altas temperaturas do solo, causando a morte embrionária nas sementes (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O estresse hídrico após a semeadura reduz a germinação de sementes de soja, podendo chegar à níveis críticos, dependendo do período de duração. Pode ainda comprometer a inoculação da cultura, reduzindo a formação de nódulos, com isso prejudicando a assimilação de nitrogênio, consequentemente a formação de clorofila e o crescimento vegetativo e reprodutivo da cultura, culminando em danos quantitativos e qualitativos na produção de sementes (PEREIRA et al., 2016).

Para otimização da semeadura de soja, a mesma não deve ser conduzida quando a temperatura do solo estiver inferior a 20°C, garantindo a germinação e emergência de plântulas. O número de dias entre a semeadura e a emergência pode variar de 5 a 15 dias, dependendo da temperatura do solo (SEDIYAMA, 2009). Para Viana et al. (2013) a temperatura é o principal fator que influencia o desenvolvimento

das plantas, onde as temperaturas baixas atrasam a emergência e desenvolvimento, enquanto as altas temperaturas aceleram esse processo.

A redução gradativa da temperatura, apresenta efeitos sobre a velocidade de embebição e de mobilização dos componentes bioquímicos, com decréscimo acentuado na velocidade de germinação. Esse fato contribui significativamente para a maior sensibilidade das sementes aos fatores adversos do ambiente, especialmente a associação com microrganismos prejudiciais ao estabelecimento das plântulas (MARCOS FILHO, 2015a).

A busca de conhecimento sobre as condições ótimas para a germinação das sementes, é fundamental dentro da pesquisa, por fornecer informações sobre a ação dessas condições durante o estabelecimento inicial das plantas (SANTOS; ZONETTI, 2009). O uso destas informações serve de ferramenta para tomadas de decisões quanto ao momento ideal de semeadura, garantindo uma germinação uniforme, não afetando os processos bioquímicos ocorridos durante a germinação.

## 4 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLHEITA

### 4.1 RESUMO

O uso de diferentes cultivares, assim como a utilização de diferentes ciclos de maturação, são opções para seleção de cultivares que apresentem características de manutenção de seus atributos agronômicos e produtividade, surgindo como alternativas para a obtenção de lucros na cadeia produtiva de sementes de soja. Diante disso o objetivo do trabalho foi determinar os atributos agronômicos e a produtividade após a maturidade fisiológica de diferentes cultivares de soja. O experimento foi conduzido no município de Fraiburgo, SC, na safra agrícola 2015/16, com delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, e quatro repetições, nas parcelas foram distribuídas as cultivares NA 5909 RG, BMX Ativa RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 5959 IPRO, enquanto nas subparcelas as épocas de colheitas, que iniciaram na maturidade fisiológica, R7, segundo de R7 + 5 dias, R7 + 10 dias (R8), R7 + 20 dias. Foram determinados a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), os componentes de produtividade, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de mil sementes, e as características agronômicas, altura de planta, altura de primeira vagem, número de nós por planta. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Assitat, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, 1% de probabilidade. A produtividade, os componentes de produtividade e as características agronômicas apresentaram efeito significativo de cultivares. Ao iniciar as colheitas todas as cultivares estavam no estádio de maturidade fisiológica, caracterizado pelo máximo acúmulo de matéria seca, não reduzindo produtividade a partir deste ponto. A produtividade variou de 4051,6  $\text{kg ha}^{-1}$ , cultivar BMX Vanguarda IPRO para 4671,7  $\text{kg ha}^{-1}$  BMX Ativa RR. Todas as cultivares apresentaram desempenho positivo na manutenção da produtividade.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Peso de mil sementes. Rendimento.

### 4.2 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina ocupa posição de destaque no senário nacional de produção de sementes. A adaptação das cultivares às condições climáticas proporciona a produção de sementes de elevada qualidade fisiológica, o que garante a comercialização de sementes com percentual de germinação superior ao mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). A região meio oeste do estado contribui com 50% da produção estadual de sementes de soja, sobressaindo-se perante outras regiões pela qualidade das sementes produzidas, pois apresenta condições climáticas que evitam perdas durante o desenvolvimento da cultura (ABRASEM, 2016).

Perdas quantitativas e qualitativas são fortemente influenciadas pelas condições climáticas da região, sendo intensificada com o atraso de colheita após a maturidade fisiológica. A maturidade fisiológica é caracterizada pelo máximo acúmulo de matéria seca, apresentando grau de umidade de aproximadamente 50%, o que inviabiliza a colheita mecanizada. A partir deste momento as sementes passam a responder as condições climáticas, iniciando a fase de dessecação (MARCOS FILHO, 2015a).

Durante a fase de dessecação de sementes ocorrem perdas significativas de produtividade, em consequência do atraso da colheita, influenciadas principalmente pela precipitação pluviométrica após o estádio R8 e pelas características genéticas de cada cultivar (XAVIER et al., 2015). Além das perdas de produtividade, o atraso da colheita pode acelerar o processo de deterioração, culminado com a redução da qualidade fisiológica das sementes de soja (DINIZ et al., 2013).

Para realização da colheita mecanizada, sem causar danos as sementes é indicado que a umidade esteja entre 12 a 14%. Sementes com umidade superior a 14% podem estar sujeitas à maior incidência de danos mecânicos, durante o processo de colheita, enquanto graus de umidade inferiores a 12% podem resultar em maior sensibilidade à quebra, e em prejuízos à qualidade fisiológica das sementes (FRANÇA NETO et al., 2007).

Com a finalidade de otimizar o processo de colheita, a escolha da cultivar é uma ferramenta eficiente. Cultivares que apresentem altura de inserção de primeira vagem superior a 12 cm, são alternativas para reduções de perdas durante o processo de colheita (Amorim et al., 2011). Outra alternativa para manter a produtividade é a escolha de cultivares com diferentes grupos de maturação, possibilitando ampliar o período de semeadura e consequentemente a colheita, garantindo o escape à estresses climáticos ocorridos durante a safra.

As características agronômicas e os componentes de produtividade são características genéticas, porém fortemente influenciadas pelas condições climáticas. A massa de mil de sementes, por exemplo, apresenta relação direta com a produtividade, além de estar diretamente ligado com o tamanho das sementes (TSUKAHARA et al., 2016). A classificação de sementes de soja por tamanho é recomendada, para atingir melhor uniformidade de distribuição de sementes pelas semeadoras (CAMILO 2003).

O uso de cultivares com diferentes ciclos de maturação, assim como, a identificação de cultivares que apresentem características de manutenção de seus

atributos agronômicos e produtividade, surgem como alternativas para a obtenção de lucros na cadeia produtiva de sementes de soja. Diante disso o objetivo do trabalho foi determinar os atributos agronômicos e a produtividade após a maturidade fisiológica de diferentes cultivares de soja.

#### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2015/16, no município de Fraiburgo, Santa Catarina, com 27° 07' 11" de latitude sul e 50° 59' 13" de longitude oeste, aproximadamente 997 metros (m) de altitude, 15,3°C de temperatura média do ar anual e 1746 milímetros (mm) de precipitação pluviométrica média anual (DUFLOHT, 2005). Foram utilizados quatro cultivares, com diferentes ciclo de maturação, as características estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características agronômicas das cultivares de soja utilizadas na condução do experimento na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.**

	NA 5909 RG	NS 5959 IPRO	BMX Ativa RR	BMX Vanguarda IPRO
Grupo de Maturação	5.9	5.9	5.6	6.0
Hábito de Crescimento	Ind.	Ind.	Det.	Ind.
Massa de 1000 sementes (g) (peneira 6,5)	180	180	174	165
População de plantas (mil plantas ha <sup>-1</sup> )	260 - 340	330 - 350	300 - 350	200 - 280

Ind.: Indeterminado; Det.: Determinado. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A semeadura mecanizada com semeadora da marca Stara Sfil – Export 406, foi realizada no dia 01 de novembro de 2015, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. O tratamento de sementes utilizado para as cultivares NA 5909 RG, NS 5959 IPRO foi com o ingrediente ativo a base de piraclostrobina, metil tiofanato e fipronil. Já as cultivares BMX Ativa RR e BMX Vanguarda IPRO foram tratadas com imidacloprido, tiodicarbe, carbendazim e tiram. Ambos foram tratamento de sementes industrial (TSI). A população de plantas seguiu a recomendada para cada cultivar, sendo, 355 mil plantas por hectares para as cultivares NA 5909 RG, NS 5959 IPRO, BMX Vanguarda IPRO, e 422 mil plantas por hectares para BMX Ativa RR.

A adubação seguiu a recomendação pela análise de solo (Quadro 1) de acordo com as recomendações descritas em publicações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004), sendo utilizado 250 Kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-28-08 (Marca YARA Absoluto Industria Brasileira) na semeadura e aplicado a lanço dia 02 de novembro de 2015 Cloreto de Potássio 60% K<sub>2</sub>O sol. água na dose de 100 Kg ha<sup>-1</sup>. A inoculação das sementes foi realizada no momento da semeadura utilizando 4 doses (100 mL para cada 50 kg de sementes) do produto comercial Gelfix 5, onde contém a bactéria *Bradyrhizobium elkanii*.

Quadro 1 - Descrição da análise química de solo<sup>1</sup> da área experimental no município de Fraiburgo, SC.

Argila (%)	Ph H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O (%)	Al <sub>troc.</sub> cmol dm <sup>-3</sup>	Ca <sub>troc.</sub> cmol dm <sup>-3</sup>	Mg <sub>troc.</sub> cmol dm <sup>-3</sup>
62	6,5	6,3	4,6	75	3,3	0,0	14,0	2,5
Al + H cmol dm <sup>-3</sup>		CTC cmol dm <sup>-3</sup>		% Sat da CTC		RELAÇÕES		
				BASES	AL	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
3,1		19,8		84	0,0	5,6	73,2	13,1

<sup>1</sup>Análise realizada pelo laboratório de análise de solo da Universidade do Oeste de Santa Catarina.

O controle fitossanitário foi realizado nos estádios V6 (sexto nó, quinta folha trifoliada completamente desenvolvida), aplicando trifloxistrobina + proticonazol, profenofós + lufenuron, óleo metílico de soja e adubo foliar, R1 (início do florescimento, uma flor aberta em qualquer nó da haste principal) fluxapiroxade + piraclostrobina, profenofós + lufenuron, óleo mineral e R5 (início do enchimento de sementes, sementes com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós da haste com folha completamente desenvolvida) fluxapiroxade + piraclostrobina, profenofós + lufenuron, lambda-cialotrina + clorantraniliprole, óleo mineral e adubo foliar, segundo a escala fenológica de Fehr; Caviness (1977).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, e quatro repetições (parcelas: cultivares, subparcelas: épocas de colheita). A área útil das parcelas foi de 4,05 m<sup>2</sup> (3 linhas de 3 metros de comprimento), os tratamentos foram compostos por quatro épocas de colheita de sementes sendo realizadas a partir da maturidade fisiológica, R7; R7 + 5 dias; R7 + 10 dias (R8); R7 + 20 dias, com isso as sementes foram submetidas a condições adversas de estresses

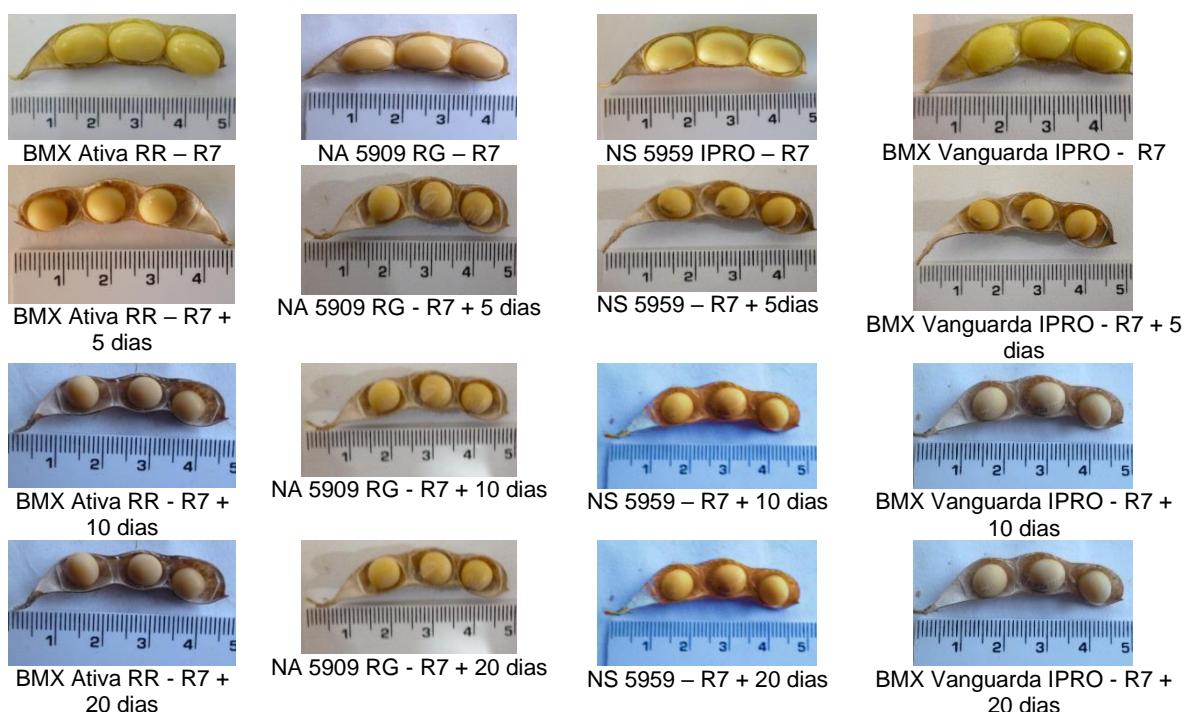
climáticos, como variação da umidade relativa do ar, temperatura e precipitação pluviométrica.

As sementes colhidas em R7 e R7 + 5 dias foram deixadas nas vagens, secadas em estufas com circulação de ar com temperatura de 35°C, até atingirem o grau de umidade entre 13-15%, o objetivo deste procedimento é avaliar a deterioração e perda de vigor das sementes após a maturidade fisiológica.

O ponto de maturidade fisiológica foi identificado a partir da escala fenológica descrita por Fehr; Caviness (1977), onde o estádio R7 é caracterizado pela mudança de coloração de verde para amarelo, ou quando 75% das folhas e vagens atende esta coloração, também pelo grau de umidade das sementes, sendo 50% (MARCOS FILHO, 2015a). O estádio R8 é caracterizado pela maturidade de colheita, onde 95% das vagens apresentavam-se maduras, com grau de umidade entre 13-15%.

De acordo com o Figura 1 é possível observar as características das sementes no momento de cada colheita. A partir da Tabela 2 observa-se a umidade que as sementes apresentavam na colheita, sendo o controle de umidade realizado pelo método de estufa até as sementes atingirem o grau de umidade de 20% após essa umidade foi possível utilizar o medidor de umidade portátil, modelo Stara As" para controle de umidade.

Figura 1 - Características das sementes das cultivares de soja em função da época de colheita, safra 2015/16, município de Fraiburgo, SC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Tabela 2 - Grau de umidade das sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	R7	R7 + 5 dias	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
	Umidade da Colheita (%)			
NA 5909 RG	49	17	15	12
BMX Ativa RR	53	18	13	15
NS 5959 IPRO	53	17	15	15
BMX Vanguarda IPRO	56	18	13	15

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Durante o período de condução do experimento foi realizado o controle da precipitação pluviométrica e das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar para o local do experimento (ACCUWEATHER, 2016).

As colheitas foram iniciadas no dia 09 de março de 2016 e finalizadas no dia 16 de abril de 2016, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Datas de colheita das sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	R7	R7 + 5 dias	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
NA 5909 RG	19/03/2016	24/03/2016	29/03/2016	08/04/2016
BMX Ativa RR	09/03/2016	15/03/2016	19/03/2016	29/03/2016
NS 5959 IPRO	15/03/2016	19/03/2016	24/03/2016	03/04/2016
BMX Vanguarda IPRO	29/03/2016	02/04/2016	06/04/2016	16/04/2016

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Antes da colheita realizou-se a coleta de 10 plantas da área útil de cada parcela de forma aleatória para a determinação dos atributos agronômicos. Os quais foram: altura de planta (cm): sendo medido altura a partir do nó cotiledonar; altura inserção da primeira vagem (cm): medido a partir do nó cotiledonar até a primeira vagem; números de nós: sendo contado o número de nós da haste principal. Sendo determinado também os componentes de rendimento: número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de mil sementes.

O peso de mil sementes foi obtido a partir da pesagem de 100 sementes de cada repetição, provenientes da área útil das parcelas, sendo corrigida a umidade para 13%.

Rendimento de sementes: foi estimado em Kg. ha<sup>-1</sup>, em função do rendimento de sementes na área útil de cada parcela, com umidade corrigida para 13%.

Determinação do grau de umidade das sementes: foi utilizado método da estufa a 105°C, e o resultado final foi obtido pela média das percentagens de cada repetição (BRASIL, 2009).

Teste de retenção de peneira: foram utilizadas as peneiras de 4,0 a 8,0 mm, com o intervalo de 0,5 mm (EMBRAPA, 2003). Foram usados para discutir os resultados as peneiras de 5,0 a 6,5, sendo as mais utilizadas na comercialização de sementes.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Assistat® versão 7.7 beta (SILVA, 2011).

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUÇÃO

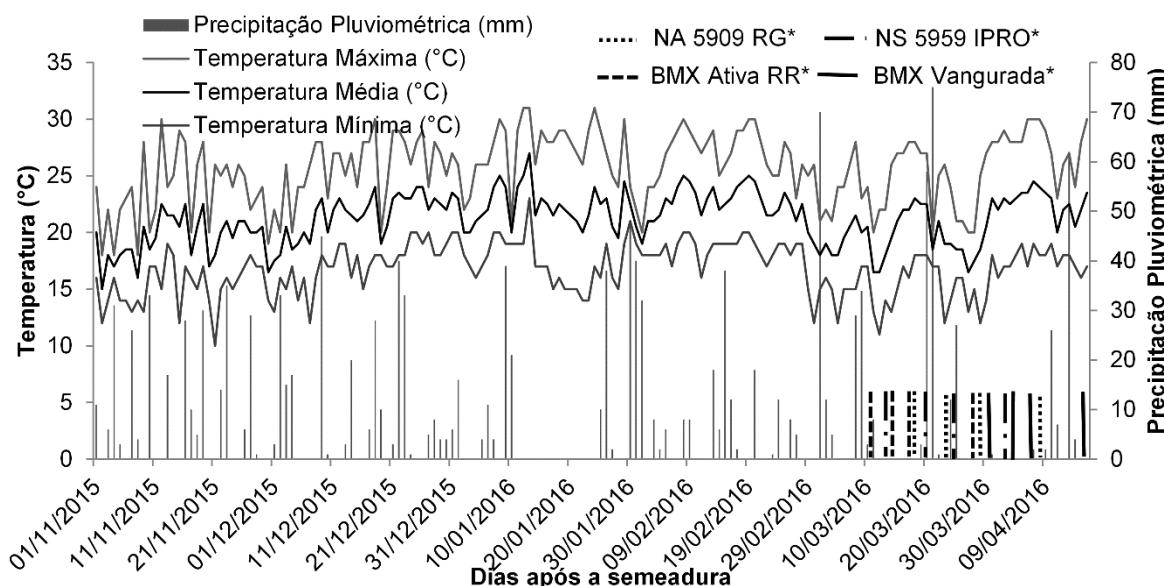
A safra agrícola 2015/16 apresentou precipitação pluviométrica de 1432 mm, com a média acima da exigida para o estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja, com temperatura mínima de 16°C e máxima de 25°C (Figura 2). A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura está entre 20 a 30°C, garantindo a germinação das sementes e o estabelecimento do estande inicial de plântulas, temperaturas inferiores a 10°C limitam esse desenvolvimento. Para obtenção de produtividades ótimas e sem restringir a qualidade das sementes produzidas, a precipitação pluviométrica, para ciclo da cultura varia de 450 a 850 mm (EMBRAPA, 2011). Levando em consideração a safra agrícola 2015/16 como sendo um ano atípico, contando com precipitações pluviométricas acima da média, a produtividade de soja (Tabela 6) para região de condução do experimento superou as expectativas e a média nacional ( $2.988 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

As cultivares eram de diferentes grupos de maturação, com isso, as condições climáticas predominantes durante o ciclo foram determinantes na obtenção da produtividade. Ao avaliar o período de déficit hídrico ocorrido em meados de janeiro (Figura 2), nota-se que foi prejudicial para a cultivar BMX Vanguarda IPRO, culminando com redução de produtividade. Neste período a cultivar estava no estádio fenológico R2 (florescimento pleno), enquanto as demais cultivares estavam finalizando o estádio R5 (enchimento de sementes).

Observa-se na Figura 2 que o ponto de maturidade fisiológica para a cultivar BMX Ativa RR, grupo de maturação 5.6 foi no dia 19/03 enquanto para a cultivar BMX

Vanguarda IPRO grupo de maturação 6.0 foi no dia 29/03. Obteve-se uma diferença de 10 dias entre o ponto de maturidade fisiológica das cultivares mais contrastantes quanto aos grupos de maturação. Esses resultados são indicativos para as diferenças de produtividade, discutidos a seguir.

Figura 2 - Precipitação pluviométrica e temperatura máxima, média e mínima do ar registradas na safra 2015/16, correspondente ao período de condução do experimento no município de Fraiburgo, SC.



\*Épocas de colheita. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Com base na análise de variância (Tabela 4) observou-se efeito significativo para os componentes de rendimento apenas entre as cultivares, não sofrendo interferência da época de colheita. A partir da primeira época de colheita ambas as cultivares estavam na maturidade fisiológica, atingido a máximo acúmulo de matéria seca, estando definidos os componentes de rendimento, portanto os gastos de energia não foram significativos para culminar com a redução de produtividade. As condições climáticas (precipitação pluviométrica e temperaturas amenas) apresentadas no decorrer da safra, principalmente nas fases finais do ciclo da cultura, evitaram a senescência natural das vagens, e mesmo o excesso de precipitação pluviométrica, não foi suficiente para causar aberturas de vagens, observando que as cultivares mostraram-se resistentes ao atraso de colheita.

Tabela 4 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) dos componentes de produtividade e agronômicos para a safra 2015/16 de 4 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC.

FV	G.L	Quadrado Médio						
		P	PMS	AP	AV	NN	NV	NSV
Bloco	3	226364.6	14.9	8.9	0.9	0.03	23.5	0.01
Cultivar (C)	3	1324805.3*	7192.6*	1928.9*	11.0**	45.1*	371.0	0.30**
Resíduo <sub>1</sub>	9	121525.6	32.4	10.9	3.4	0.56	78.8	0.004
Épocas Colheita (EC)	3	509888.8	11.5	2.9	3.9	0.8	112.5	0.01
C x EC	9	1531814.5	18.8	9.0	2.6	0.3	66.3	0.01
Resíduo <sub>2</sub>	36	248192.1	28.1	13.1	2.4	0.13	49.3	0.005
Média	-	4476.5	173.5	92.4	17.3	17.2	53.4	2.64
CV (%) <sub>1</sub>	-	7.79	3.29	3.58	10.7	4.3	16.6	2.5
CV (%) <sub>2</sub>	-	11.13	3.06	3.92	9.0	2.1	13.1	2.8

P: Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); PMS: Peso de mil sementes (g); AP: Altura de Planta (cm); AV: Altura 1<sup>a</sup> Vagem (cm); NN: Número de Nós; NV: Número de Vagens; NSV: Número de Sementes por Vagem. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A produtividade é definida pela associação do número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de sementes, com base nos resultados apresentados pela cultivar BMX Ativa RR observou-se menor número de vagens, quando comparado com as demais cultivares, porém o número de sementes por vagem e o peso de sementes compensaram este componente, mantendo a produtividade por hectare igual aos obtidos pelas cultivares NA 5909 RG e NS 5959 IPRO, superior significativamente a cultivar BMX Vanguarda IPRO (Tabela 5). O comportamento similar entre cultivares sobre a variável produtividade de sementes em nível experimental foi observado em trabalhos conduzidos por Pelúcio et al. (2008), o autor salienta que isso ocorre pelo fato de não haver limitações hídricas, térmicas e fotoperiódicas no desenvolvimento da planta durante as fases vegetativa e reprodutiva, garantindo altos valores de produtividade. Trabalhos realizados com épocas de semeadura na cultura de soja ressaltam a importância desses fatores e seu efeito sobre o rendimento de sementes, uma vez que podem resultar em redução de até 80% na produção (BARBOSA et al., 2011).

Tabela 5 - Produtividade de sementes, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de mil sementes das cultivares de soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	P (Kg ha <sup>-1</sup> )	NVP	NSV	PMS (g)
NA 5909 RG	4632,4a	60,0a	2,4d	183,6b
BMX Ativa RR	4671,7a	48,5b	2,6c	175,7c
NS 5959 IPRO	4550,2a	53,2ab	2,7b	191,5a
BMX Vanguarda IPRO	4051,6b	51,9ab	2,8a	143,2d

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. P: Produtividade; NVP: Número de Vagens por Plantas; NSV: Número de Sementes por Vagem; PMS: Peso de Mil Sementes. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A cultivar NA 5909 RG apresentou diferença significativa para o número de vagens por planta (60,0), sendo superior as demais cultivares, porém apresentou menor média para o número de sementes por vagem (2,4) (Tabela 5). Neste caso pelo menos um dos componentes de produção quando associado com o peso de mil sementes são capazes de compensar a produtividade da lavoura.

Variáveis como o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem são componentes de produtividade que apresentam correlação significativa com o rendimento de sementes na cultura da soja. O número de sementes/vagem dentre os componentes de produção é o componente primário que possui menor influência das técnicas de manejo e condições climáticas durante o cultivo (SOUZA et al., 2010; PEREIRA et al., 2015a).

O número de sementes por vagem (Tabela 5) é definido por características genéticas, observou-se que a cultivar BMX Vanguarda IPRO (2,8) a qual apresentou diferença significativa para essa variável, sendo superior as demais, apresenta um número significativo de vagens com 4 sementes, característica essa não observada na NA 5909 RG onde a maior parte das vagens apresentaram 2 sementes (Tabela 5).

O peso de mil sementes é definido na fase de maturação das sementes, sendo uma característica genética, porém fortemente influenciada pelas condições climáticas e de manejo da cultura. A cultivar NS 5959 IPRO (191,5 g) apresentou-se superior as demais cultivares para essa variável, com 48,3 gramas a mais que o peso apresentado pela cultivar BMX Vanguarda IPRO (143,2 g) (Tabela 5). Para Carvalho; Nakagawa (2012) as sementes de soja de maiores tamanhos por apresentarem maior quantidade de reservas, também apresentam melhor qualidade fisiológica como vigor e germinação.

A altura de planta, altura da primeira vagem, número de nós (Tabela 6) são características genéticas, podendo sofrer interferência das condições de cultivos e safras agrícolas. Para a safra 2015/16 foi observado apenas efeito significativo de cultivares. Essas características auxiliam na definição da produtividade, espera-se que cultivares que apresentem maior altura e consequentemente maior número de nós, apresentem maior ramos férteis possibilitando elevar o número de vagens garantindo maior produção. A altura da primeira vagem é uma característica importante, considerando a colheita mecanizada, visando o melhor rendimento da colheita, evitando perdas durante o processo.

A cultivar BMX Ativa RR apresentou menor valor médio de altura de planta quando comparada com as demais cultivares, o mesmo foi observado para variável número de nós (Tabela 6). Isso é justificado pela cultivar apresentar hábito de crescimento determinado, onde seu crescimento vegetativo é finalizado quando inicia-se o florescimento das plantas, característica essa não observada nas demais cultivares de hábito de crescimento indeterminado.

Tabela 6 - Altura de plantas, altura da primeira vagem e número de nós das cultivares soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	AP (cm)	AV (cm)	NN
NA 5909 RG	100,0a	17,2ab	17,4b
BMX Ativa RR	78,0c	16,2b	14,8c
NS 5959 IPRO	101,9a	18,2a	18,7 <sup>a</sup>
<u>BMX Vanguarda IPRO</u>	<u>89,9b</u>	<u>17,5ab</u>	<u>17,9b</u>

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. AP: Altura de Plantas; AV: Altura Primeira Vagem; NN: Número de Nós. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A altura da planta, inserção da primeira vagem e número nós na haste principal, sofrem interferência principalmente da época de semeadura, podendo acarretar reduções no rendimento e alterações das características relacionadas com a produção (PEIXOTO et al., 2000). Essas mudanças fisiológicas e morfológicas são ocasionadas quando as necessidades térmicas e fotoperiódicas não são atendidas, estando possivelmente relacionadas com a redução no ciclo da planta. Essa redução se dá principalmente no período reprodutivo (MOTTA et al., 2002).

Atualmente os programas de melhoramento visam cultivares que apresentem precocidade associada a altos rendimentos. Essas características são possíveis com a utilização de cultivares de hábitos de crescimento indeterminado, onde seu

crescimento vegetativo continua após o florescimento, produzindo maior número de nós e ramos viáveis, o qual está atrelado a altos rendimentos.

Porém esse crescimento vegetativo pode acarretar prejuízos a lavoura como o acamamento das plantas. Característica observada na condução no experimento na safra 2015/16 para a cultivar NA 5909 RG, que apresentou plantas vigorosas e maior produção de matéria verde, o que favorece e proporciona o acamamento de plantas.

As características da cultivar BMX Ativa RR associadas com o rendimento obtido em nível experimental para a cultivar, comprovam algumas vantagens na utilização de cultivares de hábitos de crescimento determinado, a mesma apresentou rendimento acima da média nacional ( $2.988 \text{ kg ha}^{-1}$ ), e estrutura de plantas eretas, sem apresentar acamamento, não favorecendo microclima para proliferação de doenças.

Com o objetivo de facilitar a comercialização e a semeadura, as sementes de soja são normalmente classificadas em diferentes tamanhos. Um lote de sementes classificado apresenta menos falhas e duplos no momento da semeadura, bem como uma menor variação em seu peso de mil sementes. Ao analisar a tabela de análise de variância (Tabela 7) para o teste de retenção de peneiras observou-se efeito significativo apenas para as cultivares. Respeitado o intervalo de 0,5 mm foram avaliadas as peneiras 5.0, 5.5, 6.0 e 6.5, por serem as mais utilizadas a nível comercial de sementes de soja.

Tabela 7 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) da retenção de peneiras de sementes para a safra 2015/16 de 4 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC.

	Quadrado Médio				
FV	G.L	P 5.0	P 5.5	P 6.0	P 6.5
Bloco	3	1.8	1.4	23.1	42.2
Cultivar (C)	3	76.1**	1090.5**	4088.9**	7278.0**
Resíduo <sub>1</sub>	9	2.1	2.3	29.9	56.5
Épocas Colheita (EC)	3	2.2	26.4	69.3	59.4
C x EC	9	3.4	21.6	29.3	115.9
Resíduo <sub>2</sub>	36	2.2	6.1	25.3	36.5
Média	-	1.5	7.0	28.19	55.9
CV (%) <sub>1</sub>	-	9.39	21.44	19.41	13.44
CV (%) <sub>2</sub>	-	9.53	35.07	17.84	10.80

P 5.0: Peneira 5.0 mm (%);P 5.5: Peneira 5.5 mm (%);P 6.0: Peneira 6.0 mm (%);P 6.5: Peneira 6.5 mm (%); \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Empresas produtoras de sementes no momento de beneficiamento geralmente padronizam 2 peneiras para posterior comercialização das sementes, isso deve proporcionar um rendimento de 60%. Essa prática está diretamente associada a comercialização, tendo em vista que no ato da semeadura os produtores utilizam peneiras com a diferença entre si de 1.0 mm.

Observando a Tabela 8, verificou-se que a cultivar BMX Vanguarda IPRO produziu maior rendimento em peneiras de menor tamanho, 5.0, 5.5 e 6.0, e menor quantidade na peneira 6.5, quando comparada com as demais cultivares, confirmado que o tamanho das sementes é definido em maior proporção por características genéticas.

Levando em consideração a regra utilizada pelas empresas como controle interno para padronização das sementes, as cultivares NA 5909 RG, BMX Ativa RR e NS 5959 IPRO comercializariam sementes das peneiras 5.5 e 6.5, com rendimento de sementes superior a 70%, garantindo com isso maior rentabilidade aos produtores de sementes, superando a margem mínima de 60%, já a cultivar BMX Vanguarda IPRO comercializaria as peneiras 5.0 e 6.0 com um rendimento de 50%, não atingindo margem mínima, reduzindo os rendimentos e a rentabilidade da lavoura que foi destinada a produção de sementes (Tabela 8).

Trabalho realizado por Camilo (2003), corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho, onde ao avaliar o comportamento de três cultivares de soja, quanto ao teste de retenção de peneiras verificou que cada cultivar apresenta um comportamento. O autor enfatiza a importância da seleção das peneiras quanto ao tamanho da perfuração para cada cultivar, ressaltando que o tamanho da semente é determinado pelo genótipo, mas influenciado, com maior ou menor intensidade, pelas condições climáticas prevalecentes durante o desenvolvimento.

Tabela 8 - Retenção de sementes em peneiras (%) das cultivares de soja produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	P 5.0	P 5.5	P 6.0	P 6.5
NA 5909 RG	0,4 b	3,64 b	27,0 b	65,7 a
BMX Ativa RR	0,6 b	4,01 b	25,1 b	64,7 a
NS 5959 IPRO	0,3 b	1,3 c	10,9 c	69 a
BMX Vanguarda IPRO	4,8 a	19,3 a	49,5 a	24 b

P 5.0: Peneira 5.0 mm (%); P 5.5: Peneira 5.5 mm (%); P 6.0: Peneira 6.0 mm (%); P 6.5: Peneira 6.5 mm (%). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

#### 4.5 CONCLUSÕES

Todas as cultivares apresentaram desempenho positivo na manutenção da produtividade, após a maturidade fisiológica.

## 5 QUALIDADE FISIOLÓGICA E COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DAS SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE COLHEITA

### 5.1 RESUMO

As sementes de soja quando atingem o estádio de maturidade fisiológica, apresentam máximo potencial fisiológico, o qual pode decrescer acentuadamente a medida que permanecem no campo, resultando em perdas quantitativas e qualitativas de forma dependente da cultivar. O trabalho objetivou caracterizar o efeito do atraso de colheita sobre a qualidade fisiológica, e identificar quais os componentes bioquímicos apresentam maior contribuição para a qualidade fisiológica das sementes de soja. O experimento foi conduzido no município de Fraiburgo, SC, na safra agrícola 2015/16, com delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, e quatro repetições, nas parcelas foram distribuídas as cultivares NA 5909 RG, BMX Ativa RR, BMX Vanguarda IPRO, NS 5959 IPRO, enquanto nas subparcelas as épocas de colheitas, que iniciaram na maturidade fisiológica, R7, segundo de R7 + 5 dias, R7 + 10 dias (R8), R7 + 20 dias. Foram determinadas a viabilidade (germinação, teste de tetrazólio), vigor (envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e tetrazólio) e composição bioquímica (proteína total, proteína solúvel, amido, açúcar solúvel, fósforo total, fitato, fósforo inorgânico, lipídios). A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Assitat, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, 1% de probabilidade. Análises multivariadas foram realizadas com o auxílio do programa R. Para a qualidade fisiológica avaliada pelo percentual de germinação e vigor, observou-se efeito significativo das épocas de colheita. A composição bioquímica sofreu interferência das épocas de colheita, e ao associar com a qualidade fisiológica observou-se que o conteúdo de proteína solúvel foi o que apresentou maior associação positiva com o vigor das sementes. A permanência das sementes por 20 dias após a maturidade fisiológica reduziu a germinação e o vigor. Sementes com maior conteúdo de proteína solúvel apresentam maior vigor. A cultivar NA 5909 RG é superior as demais na manutenção do poder germinativo e vigor com o atraso de colheita.

**Palavras-chave:** Germinação. Vigor. Proteína Solúvel.

### 5.2 INTRODUÇÃO

A qualidade da semente é definida pelo somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo fundamentais na determinação do sucesso de uma cultura. A qualidade fisiológica e a composição bioquímica das sementes de soja estão relacionadas com fatores genéticos intrínsecos de cada cultivar, porém sofrem interferências das condições climáticas (SANTOS et al., 2007).

Os processos fisiológicos de germinação e vigor são influenciados pelo teor de proteína, lipídio, amido e açúcares solúveis, de forma que sementes com baixo vigor

podem estar sujeitas a redução da velocidade de emergência (ZIMMER 2012; GAZOLLA et al., 2012). De acordo com Henning et al. (2010) sementes de soja de alto vigor possuem maiores teores de proteínas solúveis, amido e açúcares solúveis, e maior capacidade de mobilização de reservas na germinação, resultando em plântulas de soja com melhor desempenho inicial.

A máxima qualidade das sementes é atingida na maturidade fisiológica. No entanto, as sementes apresentam alto grau de umidade neste ponto, o que dificulta a colheita mecanizada (MARCOS FILHO, 2015a). Após a maturidade fisiológica a qualidade das sementes diminui gradativamente ao longo do processo natural de deterioração, sendo esse processo agravado com o atraso da colheita (KRZYZANOWSKI et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015a).

Para Lima et al. (2007) o atraso de colheita após a maturidade fisiológica, muitas vezes, é considerado responsável pela redução da germinação e do vigor, podendo, desta maneira, ser um método adequado para diferenciar cultivares em função da qualidade de suas sementes. Metodologias, como o atraso de colheita e a determinação do conteúdo de lignina no tegumento de sementes, podem ser utilizadas com sucesso em programas de melhoramento genético para a avaliação da qualidade das sementes de soja, o que tem propiciado o desenvolvimento de linhagens e cultivares com sementes de melhor qualidade fisiológica (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2003; TERASAWA et al., 2009;).

No sistema de produção que visa à otimização de padrões quantitativos e qualitativos, a semente de alta qualidade ocupa papel fundamental (COSTA et al., 2001). O sucesso de um programa de produção sementes de soja depende da utilização de cultivares adequadas. Desta forma, empresas privadas e entidades públicas devem buscar alternativas para esclarecer problemas gerados durante o desenvolvimento das sementes. As condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica podem interferir no processo, sendo que com o atraso de colheita é possível indicar indiretamente o efeito desses fatores sobre a qualidade das sementes.

O trabalho objetivou caracterizar o efeito do atraso de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, e identificar quais os componentes bioquímicos apresentam maior contribuição para a qualidade fisiológica das sementes de soja.

### 5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2015/16, no município de Fraiburgo, Santa Catarina, com 27° 07' 11" de latitude sul e 50° 59' 13" de longitude oeste, aproximadamente 997 metros (m) de altitude, 15,3°C de temperatura média do ar anual e 1746 milímetros (mm) de precipitação pluviométrica média anual (DUFLOHT, 2005).

Foram utilizadas quatro cultivares, NA 5909 RG, NS 5959 IPRO, BMX Ativa RR e BMX Vanguarda IPRO. A semeadura mecanizada, foi realizada no dia 01 de novembro de 2015, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. O tratamento de sementes utilizado para as cultivares NA 5909 RG, NS 5959 IPRO foi com o ingrediente ativo a base de piraclostrobina, metil tiofanato e fipronil. Já as cultivares BMX Ativa RR e BMX Vanguarda IPRO foram tratadas com imidacloprido, tiocarbe, carbendazim e tiram. Ambos foram tratamento de sementes industrial (TSI). A população de plantas seguiu a recomendada para cada cultivar, sendo, 355 mil plantas por hectares para as cultivares NA 5909 RG, NS 5959 IPRO, BMX Vanguarda IPRO, e 422 mil plantas por hectares para BMX Ativa RR.

A adubação seguiu a recomenda pela análise de solo, de acordo com as recomendações descritas em publicações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004), sendo utilizado 250 Kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-28-08 (Marca YARA Absoluto Industria Brasileira) na semeadura e aplicado a lanço dia 02 de novembro de 2015 Cloreto de Potássio 60% K<sub>2</sub>O sol. água na dose de 100 Kg ha<sup>-1</sup>. A inoculação das sementes foi realizada no momento da semeadura utilizando 4 doses (100 mL para cada 50 kg de sementes) do produto comercial Gelfix 5, onde contém a bactéria *Bradyrhizobium elkanii*.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições (parcelas: cultivares, subparcelas: épocas de colheita). A área útil das parcelas foi de 4,05 m<sup>2</sup> (3 linhas de 3 metros de comprimento), os tratamentos foram compostos por quatro épocas de colheita de sementes sendo realizadas a partir da maturidade fisiológica, R7; R7 + 5 dias; R7 + 10 dias (R8); R7 + 20 dias, com isso as sementes foram submetidas a condições adversas de estresses climáticos, como variação da umidade relativa do ar, temperatura e precipitação pluviométrica.

As sementes colhidas em R7 e R7 + 5 dias foram deixadas nas vagens, secadas em estufas com circulação de ar com temperatura de 35°C, até atingirem o grau de umidade entre 13-15%, o objetivo deste procedimento é avaliar a deterioração e perda de vigor das sementes após a maturidade fisiológica.

Após as colheitas e a secagem das sementes, as sementes foram armazenadas em câmera seca com controle de temperatura (10°C) e umidade (40%), para iniciar as avaliações da viabilidade, vigor e dos componentes bioquímicos. As sementes de cada parcela foram homogeneizadas, utilizando um divisor de amostras (BRASIL, 2009), em seguida foram conduzidos os testes laboratoriais.

Teste de germinação: foi conduzido de acordo com as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009), com quatro repetições de 50 sementes, em rolo de papel germitest, e germinador regulado a 25°C, durante todo o período do teste. O volume de água, para a embebição das sementes foi o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As contagens foram realizadas aos cinco dias, após a semeadura. Ao final do teste foi registrado o número de plântulas normais, plântulas anormais e de sementes mortas. O percentual de germinação foi o resultado do número de plântulas normais.

Teste de envelhecimento acelerado: foram utilizadas 200 sementes por tratamento, sendo quatro amostras de 50 sementes, distribuídas em camada única sobre uma tela de aço e colocada no interior de caixas plásticas (gerbox) contendo 40 mL de água destilada, com distância entre o nível de água e as sementes de aproximadamente 2 cm. As caixas foram fechadas e levadas a uma câmara de envelhecimento acelerado, regulada a temperatura de 42°C, por 48 horas. Posteriormente, foi realizado o teste de germinação, avaliando-se as percentagens de plântulas normais no quinto dia após a semeadura (KRYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Condutividade elétrica: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, previamente pesadas em balança, posteriormente foram imersas em um recipiente com 75 mL de água destilada e mantidas em câmara a 25°C. As leituras foram realizadas após 24 horas de embebição em um condutivímetro Digimed CD-21, com a expressão dos resultados em  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  de semente (KRYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Teste de tetrazólio: foi realizado utilizando-se quatro repetições contendo 50 sementes, as quais foram acondicionadas entre papel de germitest, umedecido e mantido nestas condições por 16 horas (BRASIL, 2009). Após o acondicionamento,

as sementes foram submersas na solução de tetrazólio (0,075%), em bécher, durante 3 horas a temperatura de 35°C. A avaliação foi realizada de acordo com os padrões de coloração dos tecidos, sendo os resultados expressos em porcentagem (FRANÇA NETO et al., 1998).

Comprimento de plântula: foi realizado em rolos de papéis, onde foram dispostas 20 sementes por repetição, seguindo as recomendações realizadas para o teste de germinação, sendo que ao quinto dia foi medido o comprimento total de plântulas, radícula, parte aérea (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Após as avaliações da qualidade fisiológica nos diferentes momentos de colheita, foram selecionadas as condições mais contrastantes quanto a qualidade fisiológica (germinação e vigor) para a determinação dos componentes bioquímicos, sendo R7 + 10 dias (pois não diferenciou-se das 2 primeiras épocas de colheita) e R7 + 20 dias.

Proteína total: foi determinada a partir do conteúdo de nitrogênio total da amostra, onde a porcentagem de proteína é igual o conteúdo de nitrogênio x 6,25. O teor de nitrogênio foi determinado utilizando o método Kjeldahl, que se baseia no aquecimento das amostras com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. Para determinação do nitrogênio as alíquotas foram destiladas, após adicionado hidróxido de sódio, coletando-se o destilado em indicador ácido bórico e titulando com ácido sulfúrico diluído, o resultado é expresso em percentual (TEDESCO et al., 1995).

Proteína Solúvel: foi determinado em amostras de 1 grama (g) de sementes secas e moídas (farinha). Para a extração foi utilizado 4 mL de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (fosfato de potássio monobásico) pH 6,8, com posterior agitação e centrifugação a 3600 giros por 30 minutos. Após coletar o sobrenadante, foi retirado uma alíquota de 20 uL do extrato e adicionado 1 mL do reagente de cor Bradford. As proteínas solúveis foram determinadas espectrofotometricamente com absorbância de 595 nm, conforme método descrito por Bradford (1976) e os resultados expressos em mg g<sup>-1</sup>.

Açúcares solúveis: foi quantificado em 250 mg de sementes secas e moídas, homogeneizadas em 25 mL de etanol quente (85%), com posterior agitação e centrifugação por 7 minutos a 3000 giros, esse procedimento repitido por duas vezes, totalizando ao final da extração 55 mL. Sendo determinados pelo método de Antrona (CLEGG, 1956), onde as alíquotas de 30 µL dos sobrenadantes foram transferidos para tubos de ensaio, os quais tiveram seu volume completados com água destilada para 1000 µL. Em seguida foram adicionados 2 mL da solução de antrona, após os

tubos foram, então, agitados por dois minutos em turbilhador e transferidos para um banho-maria a 96°C, finalizando com a leitura em espectrofotômetro com absorbância de 620 nm. Os resultados foram expressos em mg g<sup>-1</sup>.

Amido: do resíduo proveniente da extração de açúcares solúveis, foi feita a determinação do amido, seguindo-se metodologia descrita por McCready et al. (1950), onde foram adicionados 20 mL de ácido sulfúrico 0,2 N, deixado em banho-maria por 2 horas a temperatura de 100°C. Do sobrenadante uma amostra de 30 uL foi completada para 1000 uL de água destilada para a quantificação do teor de amido, foi utilizado o método de Antrona descrito anteriormente na quantificação de açúcares solúveis. Os resultados foram expressos em mg g<sup>-1</sup>.

Fósforo Total: a partir da digestão sulfúrica, completado as alíquotas para 20 mL, sendo utilizado um 1 mL da amostra, 3 mL de solução PB (molibdato de amônio) e 3 gotas de solução PC (1-amino-2-naftol-4-sulfônico), realizando leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 620 nm. Os resultados foram expressos em mg g<sup>-1</sup> (TEDESCO et al., 1995).

Fitato: o método utilizado foi segundo Latta; Eskin (1980) o qual se baseia na formação de um composto ferro-ácido-sulfassalissilico de coloração azul escuro denominado de reagente de Wade. Na presença de fitato o ferro é deslocado, reduzindo a intensidade de coloração. A partir de uma amostra de 250 mg, adicionou-se 10 mL de HCl 2,4 %, agitado por 3 horas e centrifugado em 4000 giros por 20 minutos. Para a quantificação, adicionou-se a amostra, água destilada, resina tratada, em seguida sendo adicionada a cada fase NaCl, na última fase da determinação foi adicionada 2 mL do reagente de Wade, centrifugado e a leitura realizada em espectrofotômetro a 500 nm. Os resultados expressos em mg g<sup>-1</sup>.

Fósforo Inorgânico: a metodologia utilizada foi de Raboy; Dickinson (1984) a partir de 100 mg de amostras secas, foi extraído o fósforo inorgânico com 4 mL de 12,5 % de TCA em 0,025M de MgCl<sub>2</sub>, homogeneizado e centrifugado em 4000 giros por 10 minutos, filtrado o sobrenadante e completado para 12,5 mL com água destilada, para a quantificação em colorimetria segundo Chen et al. (1956) foram utilizados 300 uL de amostra e 700 uL de MIX, com leitura em comprimento de onda de 820 nm. Os resultados foram expressos em mg g<sup>-1</sup>.

Teor de lipídios: foi realizada a determinação de lipídios pelo método de Bligh-Dyer, utilizou 1,5 g de amostra seca, adicionando 5 mL de clorofórmio, 10 mL de metanol e 4 mL de água destilada, agitando por 30 minutos, em seguida adicionou-se

exatamente 5 mL de clorofórmio e 5 mL da solução de sulfato de sódio 1,5%. Agitou-se por mais 2 minutos. Deixou separar as camadas de forma natural, descartando a camada superior e retirando cerca de 10 mL da camada inferior (clorofórmio), adicionou-se aproximadamente 1 g de sulfato de sódio anidro, e agitou para remover traços de água que são arrastados na pipetagem da camada inferior. Filtrou-se rapidamente num funil pequeno com papel filtro. Após mediu-se exatamente 5 mL do filtrado e colocado em bêquer de 50 mL previamente tarado. Colocou-se o bêquer em estufa a 80°C até evaporar o solvente (15-20 minutos). Resfriou em dessecador e pesou-se em balança analítica. O resultado foi expresso em percentual (BLIGH-DYER, 1959).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Assistat ® versão 7.7 beta (SILVA, 2011). Com o intuito de relacionar a resposta bioquímica sobre a qualidade fisiológica, foram utilizados os testes de correlação de Pearson  $p<0,05$ , análise dos componentes principais (PCA), análise de agrupamento hierárquica, Cluster heatmap (HCA) e regressão dos quadrados mínimos parciais (PLS-R) realizados com o Software R (R Core Team, 2016), versão 3.3.1.

#### 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na tabela de análise de variância para a qualidade fisiológica (Tabela 9), observou-se que a variável germinação apresentou efeito significativo para cultivares e épocas de colheita, a viabilidade pelo teste de tetrazólio apresentou efeito apenas de épocas de colheita. As demais variáveis apresentaram efeito entre cultivares, épocas de colheita e interação das mesmas.

Tabela 9 – Resultado da análise de variância (quadrado médio) da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC, na safra 2015/16.

FV	G.L	Quadrados Médios							
		G	EA	CE	VG	VB	CT	CR	CPA
Bloco	3	5.5	2.5	2.5	18.0	3.7	4.5	1.6	0.93
Cultivar	3	64.6** *	125.8 **	394.1 *	344.9* **	9.4	55.9* *	11.8* *	19.5**
Resíduo <sub>1</sub>	9	7.3	29.8	3.4	18.5	3.3	1.2	0.39	0.39
Épocas (EC)	Colheita	3	217.1** **	8.2** *	204.9 *	843.4* *	24.0* *	16.3* *	9.03* *
C x EC	9	17.9	45.1* *	45.9** *	103.8* *	9.6	2.4** *	1.2* *	0.47**
Resíduo <sub>2</sub>	36	11.2	17.8	12.5	32.4	5.5	0.72	0.59	0.14
Média	-	90.3	88	58.4	88.3	97.4	17.5	11.0	6.4
CV(%) <sub>1</sub>	-	3.01	6.21	3.20	4.87	1.88	6.45	5.66	9.78
CV (%) <sub>2</sub>	-	3.71	4.80	6.07	6.45	2.41	4.88	6.96	5.84

G: Germinação (%); EA: Vigor por Envelhecimento Acelerado (%); CE: Condutividade Elétrica; VG: Vigor Tetrazólio (%); Viabilidade Tetrazólio (%); CT: Comprimento total; CR: Comprimento Radícula; CPA: Comprimento Parte Aérea. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

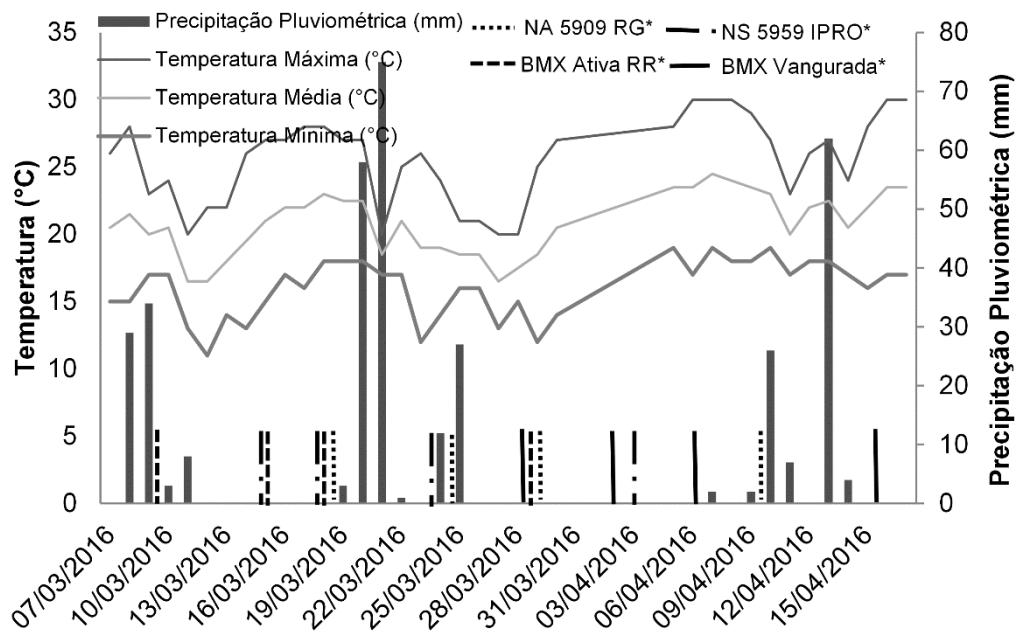
Ao atingir a maturidade fisiológica as sementes apresentam o máximo potencial fisiológico, percentual de germinação e vigor. Considerando o perfil das cultivares para variável germinação observou-se variação de 87% (BMX Ativa RR) a 92% (NA 5909 RG) (Tabela 10), ficando acima do mínimo exigido pela legislação vigente para a comercialização de sementes de soja. Ao considerar as épocas de colheita para a mesma variável (Tabela 10) observou-se que as três primeiras épocas não foram diferentes significativamente, diferenciando-se da última época. O período entre a maturidade fisiológica e a última época de colheita foi de aproximadamente 20 dias, caracterizando a fase de dessecação das sementes, onde os principais fatores responsáveis pela redução da germinação são as condições climáticas, temperatura média do ar e precipitação pluviométrica, ocorridos neste período (Figura 3).

Tabela 10 – Germinação e viabilidade pelo teste de tetrazólio de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

	Tratamentos	Germinação (%)	Viabilidade TZ (%)
Cultivares	NA 5909 RG	92 a	98 <sup>ns</sup>
	BMX Ativa RR	87 b	96
	NS 5959 IPRO	91 a	96
	BMX Vanguarda IPRO	89 ab	97
Épocas de Colheita	R7	91 a	98 a
	R7 + 5 dias	93 a	97 ab
	R7 + 10 dias	91 a	97 ab
	R7 + 20 dias	85 b	96 b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, 1% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> não significativo. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Figura 3 - Precipitação pluviométrica e temperatura máxima, média e mínima do ar registradas na fase de dessecação das sementes de soja.



\*Épocas de colheita. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O atraso da colheita a partir da maturidade fisiológica, acarreta sérios inconvenientes, determinados pela exposição das sementes a condições desfavoráveis (excesso de precipitação, alternância de temperatura), resultando em redução do potencial fisiológico, por causar primeiramente injurias ao tegumento, como consequência de expansões e contrações após uma série de ciclos de

umedeecimento e secagem natural, podendo acarretar no enrugamento e ruptura do tegumento (MARCOS FILHO, 2015a).

Trabalhos realizados por Terasawa et al. (2009) corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho, ao avaliar a interferência das épocas de colheita sobre o percentual de germinação das sementes. Os autores observaram que a faixa de umidade com entre 14,0% e 16,9% apresentou melhor desempenho, diferenciando das demais épocas de colheita, e salientam ainda que o atraso da colheita a partir da maturidade fisiológica pode influenciar negativamente a qualidade da semente devido a sua exposição a condições menos favoráveis do ambiente.

O atraso de colheita resulta na redução da qualidade fisiológica de sementes, como observado por Diniz et al. (2013) onde encontraram uma redução média de 16% na germinação e 19% em emergência em areia com atraso de colheita de 30 dias após o estádio R8 (maturidade de colheita), o que demonstra que a permanência das sementes de soja no campo favorece o processo de deterioração, culminando com a redução da sua qualidade.

Ao estudar a resposta de 15 genótipos de soja ao atraso de colheita, Braccini et al. (2003) observaram redução significativa na germinação e vigor das sementes, quando as mesmas foram submetidas à colheita 30 dias após o estádio R8. Resultados semelhantes foram encontrados por Gris et al. (2010), com atraso de colheita de 20 dias após R8 observou redução de até 15% para germinação e 29% para o vigor, esse resultado foi dependente da cultivar avaliada, pois assim como no presente trabalho, algumas cultivares avaliadas apresentaram como característica manutenção da qualidade fisiológica a partir do estádio R7.

O vigor das sementes é definido por um conjunto de atributos que juntos garantem a emergência e desenvolvimento de plântulas, mesmo em condições de estresse. Por isso a garantia do resultado depende da associação de testes de vigor já estabelecidos, como envelhecimento acelerado e vigor pelo teste de tetrazólio, essas variáveis apresentaram interação entre cultivares e épocas de colheita.

A cultivar NA 5909 RG manteve o vigor ao longo das épocas de colheita (Tabela 11), tanto para o vigor pelo teste de envelhecimento acelerado quanto pelo teste de tetrazólio, característica não observada para as demais cultivares que reduziram o percentual de vigor, sendo mais acentuado para as cultivares, NS 5959 IPRO e BMX Vanguarda RR, a cultivar NS 5959 IPRO para todas as épocas de colheita foi a que apresentou menores valores para essas variáveis (Tabela 11).

Resultados obtidos por Pereira et al. (2015b) corroboram com os resultados observados para o percentual de vigor pelo teste de envelhecimento acelerado, onde a cultivar NA 5909 RG manteve a sua qualidade fisiológica independentemente da colheita antecipada proporcionada pelo uso de dessecantes, ou pela permanência das sementes no campo (controle) na safra 2011/12, demonstrando maior potencial de manutenção do vigor. Os autores salientam ainda que a manutenção do vigor é depende das características das cultivares utilizadas, reforçando os resultados obtidos no presente trabalho. Giurizatto et al. (2003) observaram que a cultivar Embrapa 4 diminuiu 34% o percentual de vigor com 14 dias de atraso após o estádio R8, mostrando-se suscetível a perda da qualidade fisiológica, quando comparada com as demais cultivares utilizadas no experimento.

Tabela 11 - Vigor pelo teste de envelhecimento acelerado e pelo teste de tetrazólio de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	Épocas de Colheita			
	R7	R7 + 5 dias	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
Envelhecimento Acelerado (%)				
NA 5909 RG	92aAB	84aB	93abA	90aAB
BMX Ativa RR	92aA	88aAB	87abAB	83abB
NS 5959 IPRO	84aA	87aA	85bA	79bB
BMX Vanguarda IPRO	91aA	91aA	95aA	82abB
Vigor TZ (%)				
NA 5909 RG	99aA	91aA	95aA	95aA
BMX Ativa RR	95aA	92aA	87aAB	78bB
NS 5959 IPRO	93aA	88aA	87aA	73bB
BMX Vanguarda IPRO	92aA	90aA	88aA	75bB

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Com base nos resultados obtidos pelo teste de condutividade elétrica, pode-se afirmar que apenas um teste para avaliação do vigor, torna-se uma prática inviável, necessitando ser estabelecidos parâmetros que garantam a confiança no resultado. O teste de condutividade elétrica tem como objetivo avaliar a integridade das membranas celulares, quanto menor os valores obtidos no teste, menores os danos e consequentemente maior a qualidade fisiológica das sementes. Porém a partir dos resultados obtidos com a condução do experimento (Tabela 12) observou-se que a cultivar NA 5909 RG que apresentou maiores valores para essa variável, mostrou-se com qualidade superior as demais cultivares com base nos outros testes. Efeito inverso foi observado para a cultivar NS 5959 IPRO, onde avaliando os resultados

para o teste de condutividade elétrica, verificou-se os menores valores, o que atribuiria melhor qualidade, porém não observou-se essa associação.

Vale ressaltar que os valores de condutividade elétrica observados neste trabalho situam-se inferiores aos encontrados na literatura, onde observa-se valores entre 77,01 - 98,15  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  (GRIS et al., 2010), 90  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  (PAIVA AGUERRO 1995) e 70 - 80  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999) para lotes de sementes de soja de alto vigor (vigor acima de 80%). Assumindo que mesmo a cultivar NA 5909 RG apresentando maiores valores para condutividade elétrica quando comparado com as demais cultivares do experimento, ela se enquadra em cultivar de alto vigor quando comparado com os valores da literatura.

Tabela 12 - Condutividade Elétrica ( $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}$ ) de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	Épocas de Colheita			
	R7	R7 + 5 dias	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}$ ) 24 horas				
NA 5909 RG	55,9 abAB	54,3 bB	52,5 bB	61,1 ab A
BMX Ativa RR	53,8 bB	64,8 aA	64,2 aA	63,7 aA
NS 5959 IPRO	44,4 cB	55,3 bA	54,3 bA	56,6 bA
BMX Vanguarda IPRO	60,1 aB	67,8 aA	60,4 aB	64,9 a AB

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O comprimento de plântulas é parâmetro promissor para diferenciar cultivares quanto ao vigor, devido ao conjunto de resultados que o mesmo apresenta. O comprimento de radícula e parte área são características que garantem o estabelecimento das plântulas e estão diretamente relacionadas ao vigor das sementes. Com base nisso, avaliando os resultados obtidos para o comprimento total, radícula e parte área (Tabela 13) observou-se que a cultivar NA 5909 RG manteve seus valores a partir da colheita na maturidade fisiológica (R7) apresentando como média para comprimento total 19,6 cm, e quando comparada com as demais cultivares foi superior e diferente significativamente. A cultivar NS 5959 IPRO apresentou os menores valores para essa variável (comprimento total 15,2 cm).

Vanzolini et al. (2007) obtiveram em diferentes lotes de sementes uma média de 20,2 cm para comprimento total de plântulas com vigor pelo teste de envelhecimento acelerado de 83%. Os autores salientam que o comprimento da raiz

de soja é uma variável sensível para diferenciar lotes, apresentando correlação positiva com a emergência das plântulas em campo. Para Silva et al. (2016) sementes de alto vigor produzem plântulas com maior velocidade de emergência, resultando em plantas maiores e mais vigorosas.

Tabela 13 - Comprimento total, da radícula e da parte aérea de sementes de soja em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	Épocas de Colheita			
	R7	R7 + 5 dias	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
Comprimento Total (cm)				
NA 5909 RG	19,5 aA	19,7 aA	20,3 aA	19 aA
BMX Ativa RR	17,4 bA	18,7 aA	17,2 bA	14,2 cB
NS 5959 IPRO	15,6 cA	16,0 bA	15,5 bA	13,9 cB
BMX Vanguarda IPRO	17,3 bcBC	18,8 aAB	19,4 aA	17,1 bC
Comprimento Radícula (cm)				
NA 5909 RG	12,2 aA	12,4 aA	12,3 aA	11,7 aA
BMX Ativa RR	10,8 abA	11,6 aA	10,6 bA	8,5 bB
NS 5959 IPRO	9,9 bAB	11,1 aA	11,1 abA	9,2 bB
BMX Vanguarda IPRO	10,6 bA	11,7 aA	11,9 abA	10,7 aA
Comprimento Parte Aérea (cm)				
NA 5909 RG	7,3 aA	7,3 aA	8,0 aA	7,3 aA
BMX Ativa RR	6,5 aA	7,0 aA	6,6 bA	5,6 bB
NS 5959 IPRO	5,2 bA	4,8 bA	4,9 cA	4,7 cA
BMX Vanguarda IPRO	6,6 aBC	7,1 aAB	7,5 aA	6,4 bC

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

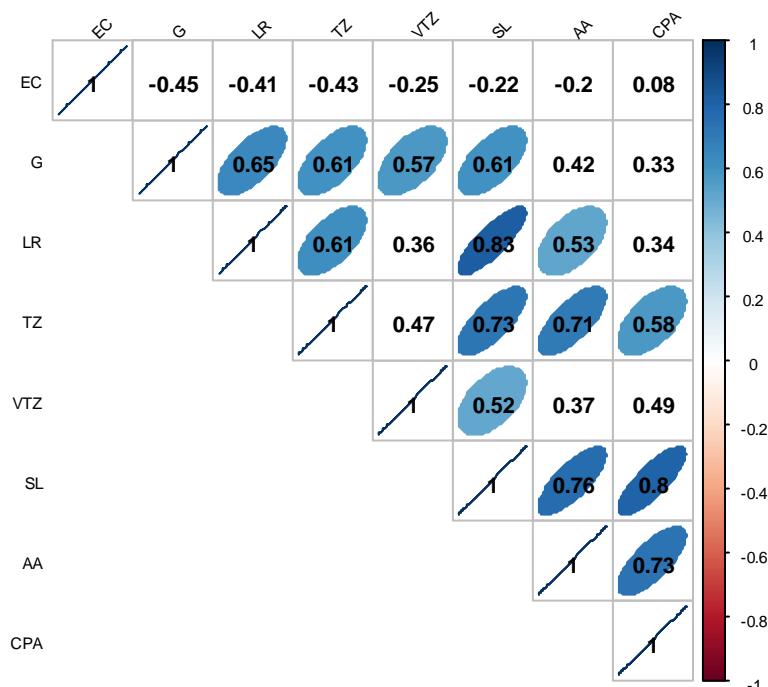
O vigor de sementes é um fator importante para obtenção de uma germinação uniforme, garantindo um estande ideal de plantas em condições de estresse. Por isso tem-se a necessidade de aprimorar os testes de vigor, tendo em vista que o vigor reflete a manifestação de um conjunto e características que determinam o potencial de uma semente. Alguns testes avaliam aspectos bioquímicos, enquanto outros procuram identificar diferenças fisiológicas ou detectar a tolerância a estresses específicos, a união dessas informações pode garantir a confiabilidade dos resultados obtidos para vigor (MARCOS FILHO, 2015a).

Com base nisso avaliando a correlação dos testes de vigor utilizados no presente trabalho (Figura 4), observou-se alta correlação entre os teste de vigor e o percentual de germinação, exceto condutividade elétrica. As maiores correlações foram obtidas entre, comprimento de plântula e comprimento de parte aérea (0,80),

comprimento de plântula e comprimento de radícula (0,61), comprimento de plântula e vigor pelo envelhecimento acelerado (0,76), comprimento de plântula e vigor pelo teste de tetrazólio (0,73), e os resultados obtidos pelos testes de tetrazólio e envelhecimento acelerado (0,71).

As correlações menores e negativas foram observadas com os resultados do teste de condutividade elétrica. Evidenciando a importância da realização de dois os mais testes de vigor, como padrão para obter valores condizentes com o vigor das sementes. Esta correlação justifica o fato, que mesmo a cultivar NA 5909 RG apresentando maiores valores para a condutividade elétrica, não significa que tenha menor qualidade, quando comparada com as demais cultivares.

Figura 4 - Correlação entre testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes em função de cultivares e épocas de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.



EC: Condutividade elétrica; G: Germinação; LR: Comprimento radícula; TZ: Vigor pelo teste de tetrazólio; VTZ: Vabilidade pelo teste de tetrazólio; SL: Comprimento de plântulas; AA: Envelhecimento acelerado; CPA: Comprimento parte aérea. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A redução do vigor, causada pelo atraso de colheita após a maturidade fisiológica, é consequência da exposição das sementes a condições adversas do ambiente (MARCOS FILHO, 2015a), o período de 20 dias após a maturidade fisiológica resultou na redução de até 13% do vigor das sementes (Tabela 14). Um

dos problemas determinantes da redução na qualidade das sementes é causado pelo excesso de precipitação pluviométrica, aliada a variações da temperatura média do ar durante a fase de dessecação (Figura 4). Essa redução foi dependente da cultivar utilizada, sendo que cada cultivar apresentou comportamento diferente para o atraso de colheita.

Tabela 14 - Perdas quantitativas (%) no vigor<sup>1</sup> das sementes causadas pelo atraso de colheita de sementes de soja após a maturidade fisiológica.

	Perdas de vigor (%)		
	5 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>
NA 5909 RG	2,5	2,5	3,0
BMX Ativa RR	3,5	6,5	13
NS 5959 IPRO	1,5	2,5	12,5
BMX Vanguarda IPRO	1,5	1,5	13

<sup>1</sup>Vigor pelos testes de envelhecimento acelerado e tetrazólio. <sup>2</sup>Dias após a maturidade. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A partir dos resultados obtidos nos testes de germinação e vigor, observou-se que as três primeiras épocas não diferiram, selecionando-se com isso apenas duas épocas de colheita para avaliar a composição bioquímica das sementes, sendo R7 + 10 dias e R7 + 20 dias.

Com base na análise de variância para os componentes bioquímicos (Tabela 15) observou-se que houve efeito significativo de cultivares para os componentes proteína total, amido, fósforo total e fitato; de épocas de colheita para proteína solúvel e fitato. Os demais componentes apresentaram interação entre cultivares e épocas de colheita.

Tabela 15 - Resultado da análise de variância (quadrado médio) da composição bioquímica de sementes de soja para a safra 2015/16 de 04 cultivares de soja produzidas no município de Fraiburgo, SC.

	Quadrado Médio									
FV	G.L	P	PS	AM	AS	PT	PI	FA	LI	
Cultivar (C)	3	92.2* *	0.98	9,62**	139.38**	0.98 *	0.044* *	0.40**	3.11**	
Resíduo <sub>1</sub>	8	2.72	3.34	0,18	10.2	0.13	0.002	0.041	0.55	
Épocas Colheita (EC)	1	1.43	9.13* *	0,57	702.9**	0.20	0.052* *	0.644*	10.6**	
C x EC	3	17.29	0.49	1,43	315.48**	0.26	0.022* *	0.14	15.5**	
Resíduo <sub>2</sub>	18	4.73	0.32	0,64	5.42	0.10	0.001 0	0.09	0.77	
Média	-	38.9	29.5	7,8	90.9	4.0	0.67	4.99	20.3	
CV (%) <sub>1</sub>	-	4.24	2.19	5,48	3.52	9.06	7.09	4.09	3.67	
CV (%) <sub>2</sub>	-	5.59	1.92	10,24	2.56	8.09	4.82	6.27	4.34	

P: Proteína Total (%); PS: Proteína Solúvel ( $\text{mg g}^{-1}$ ); AS: Açúcar Solúvel ( $\text{mg g}^{-1}$ ); AM: Amido ( $\text{mg g}^{-1}$ ); PT: Fósforo Total ( $\text{mg g}^{-1}$ ); PI: Fósforo Inorgânico ( $\text{mg g}^{-1}$ ); FA: Fitato ( $\text{mg g}^{-1}$ ); Lipídios (%). \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. \* significativo ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A proteína total pode ser considerada como parâmetro para diferenciar cultivares, quanto a sua qualidade fisiológica. Ao avaliar os resultados obtidos no presente trabalho observou-se diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 16), sendo que a cultivar com maior teor foi a BMX Ativa RR (42,5%), diferenciando-se apenas da cultivar NS 5959 IPRO (35,3%) com menor teor.

A cultivar NS 5959 IPRO apresentou os menores percentuais de vigor pelos teste de envelhecimento acelerado e tetrazólio, corroborando com Henning et al. (2010) que afirmam que o conteúdo de proteína total está relacionado com a qualidade fisiológica das sementes, e além dos fatores genéticos, os teores de proteínas das sementes de soja também são fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de maturação.

Tabela 16 - Composição bioquímica de sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	P (%)	PS (mg g <sup>-1</sup> )	AM (mg g <sup>-1</sup> )	PT (mg g <sup>-1</sup> )	FA (mg g <sup>-1</sup> )
NA 5909 RG	38,6 ab	30,1 <sup>ns</sup>	7,96 b	3,4 c	4,8 b
BMX Ativa RR	42,5 a	29,6	6,04 c	4,2 ab	4,7 b
NS 5959 IPRO	35,3 b	29,5	8,6 ab	3,7 bc	5,1 a
BMX Vanguarda IPRO	38,8 ab	29,7	8,83 a	4,5 a	5,1 a
<b>Épocas de Colheita</b>					
R7 + 10 dias		39,1 <sup>ns</sup>	30,5 a	8,02 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>
R 7 + 20 dias		38,6	28,9 b	7,71	4,0
					4,8 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>não significativo. P: Proteína Total (%); PS: Proteína Solúvel (mg g<sup>-1</sup>); AM: Amido (mg g<sup>-1</sup>); PT: Fósforo Total (mg g<sup>-1</sup>); FA: Fitato (mg g<sup>-1</sup>). Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O período de permanência das sementes no campo proporcionou redução dos teores de proteína solúvel de 30,5 mg g<sup>-1</sup> para 28,9 mg g<sup>-1</sup> (Tabela 16), justificados pelo processo de deterioração das sementes. Durante o processo de deterioração de sementes ocorre decréscimo do teor e da síntese de proteínas, acréscimo do teor de aminoácidos, decréscimo do conteúdo de proteínas solúveis e desnaturação provocada por temperaturas altas (MARCOS FILHO, 2015a).

O conteúdo de amido diferiu entre as cultivares, variando de 6,04 mg g<sup>-1</sup> (BMX Ativa RR) à 8,83 mg g<sup>-1</sup> (BMX Vanguarda IPRO) (Tabela 16). O amido presente nas sementes é uma substância metabolicamente inativa, formado a partir de açúcares, sendo utilizado principalmente para o fornecimento de energia durante a germinação (MARCOS FILHO, 2015a).

Nas sementes, aproximadamente 80% do fósforo total está na forma de fitato, o qual fornece fósforo durante a germinação (RABOY, 2009). O conteúdo de fósforo total diferiu entre as cultivares, porém não possibilitou a associação com o vigor. A cultivar que apresentou menores teores foi a cultivar NA 5909 RG (3,4 mg g<sup>-1</sup> igual à 0,34%), sendo que os maiores valores para vigor de sementes foram apresentados pela mesma cultivar (NA 5909 RG) quando comparada com as demais. Resultados semelhantes para o teor de fósforo total em sementes de soja, foi obtido por Pazzin (2015) ao avaliar cinco cultivares de soja, as mesmas apresentaram teor de 0,30% de fósforo nas sementes.

Com relação ao conteúdo de fitato (Tabela 16) nas sementes, o mesmo apresentou diferenças significativas entre as cultivares e épocas de colheita (4,8 à 5,1 mg g<sup>-1</sup>), com redução no teor durante o período que as sementes permaneceram no

campo, sob condições climáticas adversas. Os fitatos são reservas usadas subsidiariamente nas funções vitais da semente, principalmente durante a germinação (SACHS et al., 2006; SILVA et al., 2011).

As variáveis açúcar solúvel, fósforo inorgânico e lipídios apresentaram interação entre cultivares e épocas de colheita (Tabela 17). Para açúcar solúvel observou-se que entre as cultivares a que apresentou maior valor foi a NS 5959 IPRO ( $103,0 \text{ mg g}^{-1}$  ou 10,3%) na colheita R7 + 10 dias, quando submetida ao estresse do atraso de colheita foi que apresentou menor valor diferenciando-se significativamente das demais cultivares ( $77 \text{ mg g}^{-1}$  ou 7,7%). As cultivares NA 5909 RG e BMX Ativa RR mantiveram seu conteúdo de açúcar solúvel. Os resultados obtidos para açúcar solúvel corroboram com os obtidos por Oliveira, et al. (2010) onde os teores variaram de 6,4 a 10,5%.

Tabela 17 - Conteúdo de açúcar solúvel, fósforo inorgânico e lipídios em sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

Cultivares	Açúcar Solúvel ( $\text{mg g}^{-1}$ );	
	R7 + 10 dias	R7 + 20 dias
NA 5909 RG	85,1 cA	84,3 bA
BMX Ativa RR	94,4 bA	98,2 aA
NS 5959 IPRO	103,0 aA	77,5 cB
BMX Vanguarda IPRO	102,7 aA	81,8 bcB
Fósforo Inorgânico ( $\text{mg g}^{-1}$ )		
Cultivares		
NA 5909 RG	0,55 bA	0,57 bA
BMX Ativa RR	0,67 aA	0,63 aA
NS 5959 IPRO	0,62 abB	0,81 aA
BMX Vanguarda IPRO	0,65 aB	0,86 aA
Lipídios (%)		
Cultivares		
NA 5909 RG	20,6 bA	20,6 aA
BMX Ativa RR	21,3 bA	20,6 aA
NS 5959 IPRO	23,3 aA	17,3 bB
BMX Vanguarda IPRO	18,6 cA	20,0 aA

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A redução do conteúdo de açúcar solúvel, está associada ao processo de deterioração das sementes. Durante este processo, ocorre decréscimo no conteúdo de açúcar solúvel e no teor de açúcares totais, onde açúcares como sacarose estão diretamente relacionadas com a proteção da integridade das membranas, sendo essas as primeiras a serem afetadas durante a deterioração, também conduzem a

limitações de substrato para a respiração, provocando redução do vigor e germinação de sementes (MARCOS FILHO, 2015a).

O teor de fosforo inorgânico (Tabela 17) aumentou entre as épocas de colheita, para as cultivares NS 5959 IPRO e a BMX Vanguarda IPRO, e esse aumento está envolvido com o processo de respiração das sementes. O fósforo inorgânico é consumido durante o processo de respiração, resultando em maiores gastos energéticos, o mesmo quando presente no citoplasma tem uma função regulatória (FURTINI NETO et al., 1998).

O conteúdo de lipídeo é o primeiro componente bioquímico a deteriorar durante o processo de deterioração, devido a sua instabilidade química (MARCOS FILHO, 2015a). Com o resultado obtido no presente trabalho observou-se que essa é uma característica dependente da cultivar pois apenas a NS 5959 IPRO (Tabela 17) apresentou redução no seu teor, diferenciando-se significativamente entre as épocas de colheita.

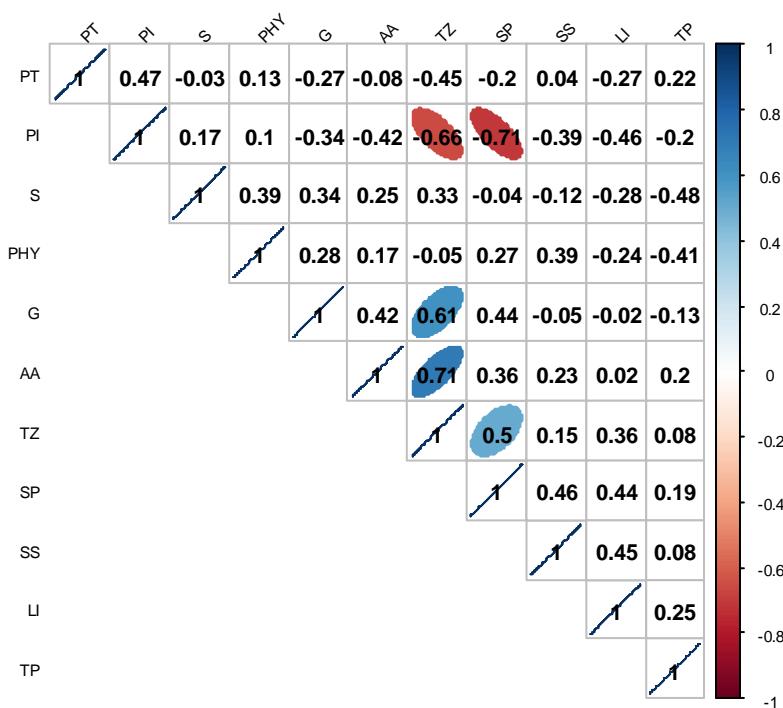
As principais manifestações da deterioração de lipídios, não refere-se apenas a destruição dos mesmos, mas a ocorrência de uma série de reações que originam produtos tóxicos, caracterizando a peroxidação de lipídios, que consiste na oxidação de cadeias de ácidos graxos, produzindo radicais livres e hidroperóxidos (MARCOS FILHO, 2015a).

Com a finalidade de avaliar o efeito dos componentes bioquímicos sobre a qualidade fisiológica das sementes, principalmente o vigor, aplicou-se a análise de correlação. Ao correlacionar os componentes bioquímicos com os testes de vigor comumente utilizados para análise de sementes de soja, observou-se maiores correlações entre o vigor pelo teste de tetrazólio e o teor de proteína solúvel (0,50). Para o teste de envelhecimento acelerado a maior correlação foi obtida com proteína solúvel (0,36). Correlações negativas foram observadas entre o vigor pelo teste de tetrazólio e o conteúdo de fósforo inorgânico (-0,66), e entre o fósforo inorgânico e o conteúdo de proteína solúvel (-0,71) (Figura 5).

A correlação positiva de proteína solúvel com os testes de vigor, é justificada pelo papel que a proteína desempenha, atuando na formação de novos tecidos no ponto de crescimento do embrião durante a germinação, monitorando reações químicas e ainda atua como reguladora do processo fisiológico (MARCOS FILHO, 2015a). As correlações negativas entre o vigor pelo teste de tetrazólio e o teor de

fósforo inorgânico estão associadas as pequenas quantidades deste componente, sendo reforçada pela correlação negativa com proteína solúvel.

Figura 5 - Correlação entre o percentual de vigor e componentes bioquímicos de sementes das cultivares soja em função da época de colheita, produzidas na safra 2015/16 no município de Fraiburgo, SC.

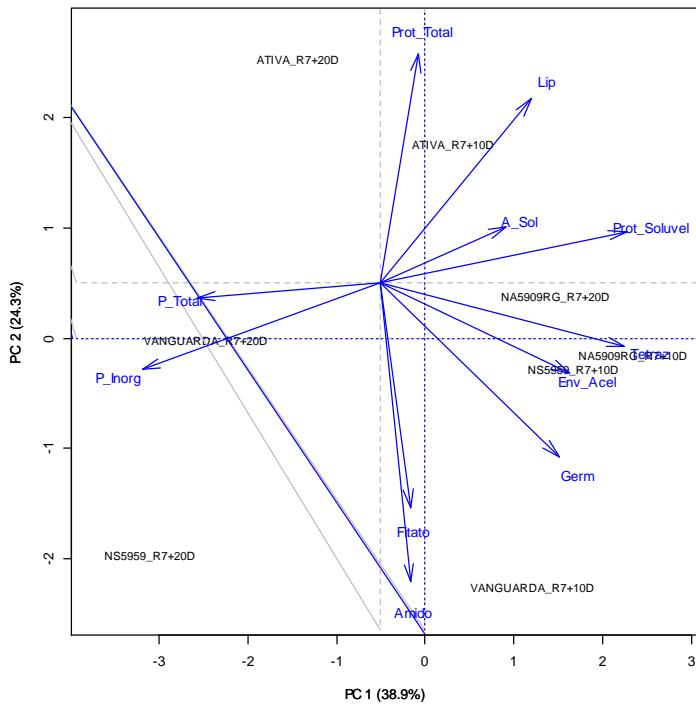


PT: Fósforo total; PI: Fósforo Inorgânico; S: Amido; PHY: Fitato; G: Germinação (%); AA: Envelhecimento acelerado (%); TZ: Vigor pelo teste de tetrazólio; SP: Proteína Solúvel; SS: Açúcar Solúvel; LI: Lipídios (%); TP: Proteína Total (%). Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Com a intenção de compreender as relações entre os componentes bioquímicos e a resposta fisiológica que não tenham sido identificadas na análise de correlação, aplicou-se a análise de componentes principais (PCA). A variância explicada pelos dois primeiros componentes foi de 63,2%, sendo 38,9% no primeiro componente (PC1) e 24,3% no segundo componente (PC2) (Figura 6).

Observou-se com a PCA que os valores obtidos pelo teste de germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio foram alocados no quadrante PC1+/PC2-, os componentes bioquímicos proteína total, proteína solúvel, açúcar solúvel e lipídios estão presente no PC1+/PC2+, fósforo inorgânico, amido no PC1-/PC2-, e fósforo total no PC1-/PC2+, não sendo possível estabelecer parâmetros para associar os componentes bioquímicos com a qualidade fisiológica das sementes, necessitando análises mais detalhadas.

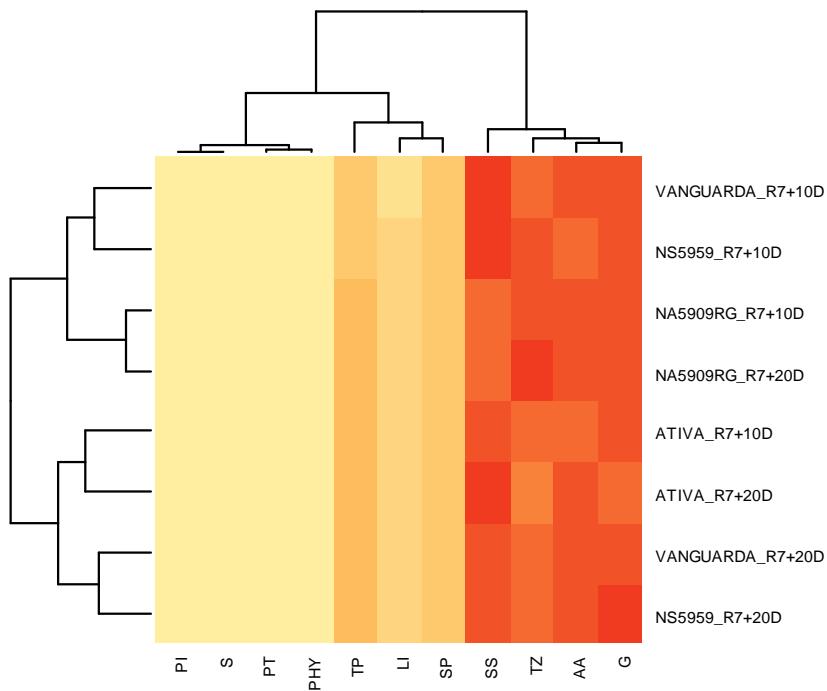
Figura 6 - Análise dos componentes principais (PCA) para os componentes bioquímicos e qualidade fisiológica em função das épocas de colheita de sementes de soja.



Prot\_Total: proteína total; Lip: Lipídios; A\_Sol: Açúcar solúvel; Prot\_Soluvel: Proteína solúvel; Tetraz: Vigor pelo teste de tetrazólio; Env\_Acel: Envelhecimento acelerado; Germ: Germinação; Amido: Amido; Frato: Fitato; P\_Inorg: Fósforo Inorgânico; P\_Total: Fósforo total. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Para isso aplicou-se a análise de agrupamento hierárquica, que consiste em um método para definir a semelhança entre dois objetos baseados na distância euclidiana (UARROTA et al., 2014). O cluster heatmap foi aplicado às variáveis bioquímicas e fisiológicas, possibilitando a identificação de 4 grupos de importância quanto as cultivares (Figura 7). Pelo método as cultivares foram agrupadas de maneira distintas, sendo que os tratamentos provenientes da cultivar NA 5909 RG formaram um grupo, o mesmo comportamento foi observado para a cultivar BMX Ativa RR. Os tratamentos provenientes das cultivares NS 5959 R7 + 10D e Vanguarda R7 + 10D foram similares e formaram um grupo, o último grupo foi formado por NS 5959 R7 + 20D e Vanguarda R7 + 20 D. O agrupamento das cultivares são indicativos de apresentarem características similares. A correlação cofenética encontrada pelo método foi de 83%.

Figura 7 - Cluster Heatmap (HCA) para os componentes bioquímicos e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja submetidas a épocas de colheita, com correlação cofenética de 83%.

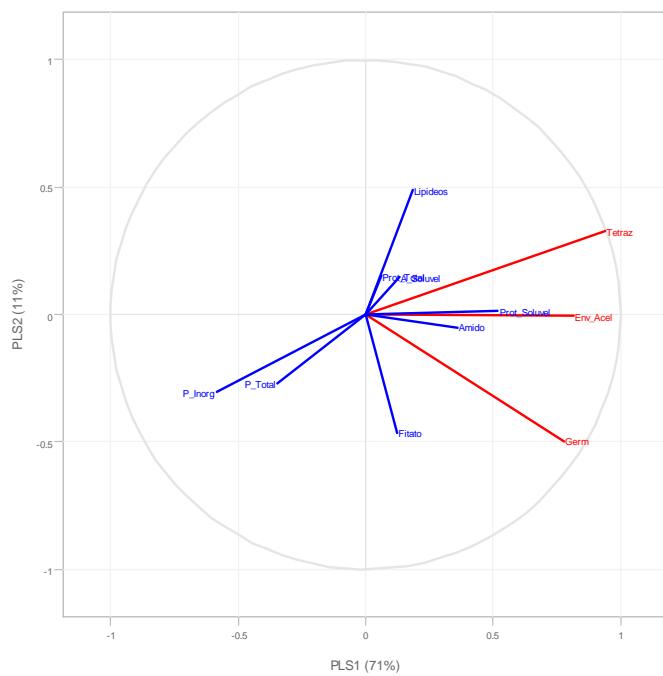


PI: Fósforo Inorgânico; S: Amido; PT: Fósforo total; PHY: Fitato; TP: Proteína Total; LI: Lipídios; SP: Proteína solúvel; SS: Açúcar Solúvel; TZ: Vigor pelo teste de tetrazólio; AA: Envelhecimento acelerado; G: Germinação. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Ao avaliar o comportamento dos componentes bioquímicos e sua resposta sobre o conjunto de dados, a análise do cluster heatmap, revelou que o conteúdo de açúcar solúvel foi a variável bioquímica que mais contribuiu para a formação dos agrupamentos. Em menor grau os teores de proteína total, lipídios e proteína solúvel também contribuíram para os agrupamentos. O conteúdo de açúcar solúvel juntamente com a qualidade fisiológica foi o que apresentou maior similaridade para agrupar as cultivares, porém não possibilitou observar a resposta dos componentes bioquímicos sobre a qualidade fisiológica.

Para complementar a análise de cluster heatmap, aplicou-se a análise de regressão dos quadrados mínimos parciais (PLS-R) para confirmar a existência do grau de associação de açúcar solúvel com a qualidade fisiológica, além disso, buscou-se verificar a existência de outras relações de causa e efeito envolvendo os componentes bioquímicos e a qualidade fisiológica das sementes de soja (Figura 8).

Figura 8 - PLS-R para associação dos componentes bioquímicos com a qualidade fisiológica de sementes de soja.



Prot\_Total: proteína total; Lipideos: Lipídeos; A\_Soluvel: Açúcar solúvel; Prot\_Soluvel: Proteína solúvel; Tetraz: Vigor pelo teste de tetrazólio; Env\_Acel: Envelhecimento acelerado; Germ: Germinação; Amido: Amido; Fitato: Fitato; P\_Inorg: Fósforo Inorgânico; P\_Total: Fósforo total. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

De acordo com o modelo da PLS-R, além do teor de açúcar solúvel o teor de proteína solúvel, está entre os componentes bioquímicos que influenciam o vigor, pelo teste envelhecimento acelerado e pelo teste de tetrazólio (Figura 8), reforçando os resultados obtidos com a análise de correlação.

## 5.5 CONCLUSÕES

A permanência das sementes por 20 dias após a maturidade fisiológica reduz a germinação e o vigor.

Sementes com maior conteúdo de proteína solúvel apresentam maior vigor.

A cultivar NA 5909 RG é superior as demais na manutenção do poder germinativo e vigor com o atraso de colheita.

## 6 HIDRÓLISE E MOBILIZAÇÃO DE COMPONENTES BIOQUÍMICOS DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM DIFERENÇAS NO VIGOR

### 6.1 RESUMO

Estudos envolvendo o processo de hidrólise e mobilização de componentes bioquímicos surgem como alternativas para explicar o efeito do vigor sobre o desenvolvimento inicial de plântulas, porém não estão claramente conhecidas. Com isso o objetivo do trabalho é avaliar a hidrólise e mobilização de componentes bioquímicos durante a germinação de sementes de soja de lotes com diferenças no vigor. O experimento foi conduzido com sementes provenientes da safra 2015/16, que apresentavam diferenças no vigor. A caracterização da qualidade fisiológica foi a partir dos testes de germinação e envelhecimento acelerado. O delineamento experimental utilizado foi fatorial  $2 \times 4 \times 6$ , dois níveis de vigor, 4 lotes de sementes e 6 tempos de hidratação durante o processo de germinação. O padrão de hidratação foi estabelecido das 0 às 42 horas de germinação, para avaliação da hidrólise e mobilização dos componentes bioquímicos foram avaliados as 0, 6, 18, 27, 36 e 42 horas de germinação, os componentes proteína solúvel, amido, açúcar solúvel, fósforo inorgânico e lipídios. A análise de regressão foi realizada com o auxílio do software Assitat. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Com o comportamento dos componentes bioquímicos durante a germinação observou-se o efeito positivo de açúcar solúvel sobre o comprimento da radícula. O conteúdo de proteína solúvel e açúcar solúvel são os principais componentes bioquímicos com efeito direto sobre a qualidade das sementes.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Vigor. Proteína Solúvel. Açúcar Solúvel.

### 6.2 INTRODUÇÃO

O sucesso de uma lavoura depende da utilização de sementes de qualidade, garantida pela soma dos atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos. Dentre as características fisiológicas, o vigor das sementes garante a emergência e estabelecimento inicial da cultura, mesmo em condições desfavoráveis. Em sementes com baixo vigor pode haver reduções na velocidade de emergência, na produção de biomassa seca e nas taxas de crescimento das plantas, podendo afetar o estabelecimento da cultura, seu desempenho ao longo do ciclo e produtividade final (SCHUCH et al., 2000).

Germinação é um processo complexo, altamente dependente de fatores climáticos, incluindo a temperatura do solo e disponibilidade de água (SWIGONSKA;

WEIDNER, 2013). De acordo com Bewley et al. (2013) o processo de absorção de água pelas sementes evolui de acordo com o padrão trifásico, caracterizado por eventos metabólicos que resultam no reinicio do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula.

De acordo com Ehrhardt-Brocardo; Coelho (2016) o padrão de hidratação das sementes de feijão mostrou relação positiva com a qualidade fisiológica observada entre os genótipos. Os mais vigorosos apresentaram maiores taxas de hidratação, podendo fornecer uma visão sobre qual processo fisiológico está ocorrendo na semente, proporcionando assim uma ferramenta para entender a qualidade fisiológica de diferentes genótipos.

Uma melhor compreensão dos processos que determinam o desempenho fisiológico de sementes tem sido associada com a identificação de diferentes marcadores, estudos sobre a regulação desses marcadores contribuem para compreender como ocorre a hidrólise dos componentes bioquímicos durante a germinação, sendo responsável pelo fornecimento de subsídio para o desenvolvimento de plântulas (FANGLIAN HE, et al. 2007; CORBINEAU, 2012).

Estudos envolvendo o processo de hidrólise e mobilização de componentes bioquímicos surgem como alternativas para explicar o efeito do vigor sobre o desenvolvimento inicial de plântulas. Uma melhor compreensão dos mecanismos bioquímicos que determinam o desempenho fisiológico de sementes tem sido associada com a identificação de marcadores bioquímicos. Os estudos sobre a regulação desses marcadores contribuem para compreender como plantas sintetizam componentes bioquímicos durante o desenvolvimento, para hidrólise e mobilização desses durante a germinação (HE et al., 2007; CORBINEAU, 2012).

A hidrolise e mobilização de componentes bioquímicos nas sementes durante a germinação e crescimento inicial de plântulas não estão claramente estabelecidos. Com isso o objetivo do trabalho é avaliar a hidrólise e mobilização de componentes bioquímicos durante a germinação de sementes de soja de lotes com diferenças no vigor. Enfatizando a importância dessa mobilização durante a germinação, sendo uma alternativa para diferenciar lotes de sementes, além de definir um padrão para mobilização de componentes bioquímicos de sementes de soja.

### 6.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido com sementes de duas cultivares de soja, NA 5909 RG e NS 5959 IPRO, provenientes de lotes com diferenças no vigor. As sementes são proveniente da safra agrícola 2015/16. O delineamento utilizado foi fatorial 2 x 4 x 6, dois níveis de vigor, 4 lotes de sementes e 6 tempos de hidratação. A caracterização da qualidade fisiológica foi realizada a partir dos resultados obtidos pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado (metodologia descrita no capítulo anterior). A capacidade de hidrólise e mobilização dos componentes bioquímicos foi determinada a partir de seleção de pontos durante a germinação de sementes, com base na curva de hidratação, sendo determinado a proteína solúvel, amido, açúcar solúvel, lipídeos e fósforo inorgânico.

Curva de hidratação: para cada tempo de hidratação foram utilizadas 2 repetições com 50 sementes em rolo de papel, o qual foi formado utilizando-se três folhas de papel germitest por repetição. O papel foi umedecido com a água destilada (2,5 vezes o peso do papel) e os rolos levados para o germinador na posição vertical, a 25°C, permanecendo por 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h, 21h, 24h, 27h, 30h, 33h, 36h, 39h e 42h. Em cada tempo, foi retirada uma amostra de 5 g de sementes e levadas a estufa a 105°C durante 24 h para a determinação do grau de umidade. Através da diferença de umidade entre os tempos, obteve-se a curva de hidratação. Foi considerado final da fase II e início da fase III, o momento em que a protrusão radicular atingiu 50%+1, sendo as 27 horas para ambas as cultivares. Após a protrusão radicular, em cada ponto avaliado foi retirado o eixo embrionário, com intuito e verificar a mobilização dos componentes bioquímicos para os pontos de crescimento.

Em cada ponto após a protrusão radicular foi medido a radícula, com base nesse resultado, foram selecionados pontos para determinação dos componentes bioquímicos, esses pontos caracterizaram a primeira, segunda e com maior ênfase a terceira fase da germinação, sendo que as maiores diferenças entre os tratamentos utilizados estão a partir da protrusão radicular. Os pontos selecionadas foram: 0h, 6h, 18h, 27h, 36h e 42h. Para a determinação dos componentes bioquímicos foram seguidas as mesmas metodologias descritas anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para análise da mobilização dos componentes bioquímicos ao longo do tempo foi utilizado análise de

regressão. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Assistat® versão 7.7 beta (SILVA, 2011).

#### 6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados dos testes de germinação e envelhecimento acelerado (Tabela 18), foi possível classificar os lotes quanto as diferenças de vigor. Os lotes I e II apresentaram vigor igual e superior a 90%, enquanto os lotes III e IV, apresentaram vigor igual e inferior à 85%. Resultados semelhante foram obtidos por Henning et al. (2010), onde os autores classificaram lotes de alto vigor, sementes que apresentaram percentual médio de vigor de 94%, já lotes de baixo vigor apresentaram média de 77%.

Tabela 18 - Caracterização da qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de soja.

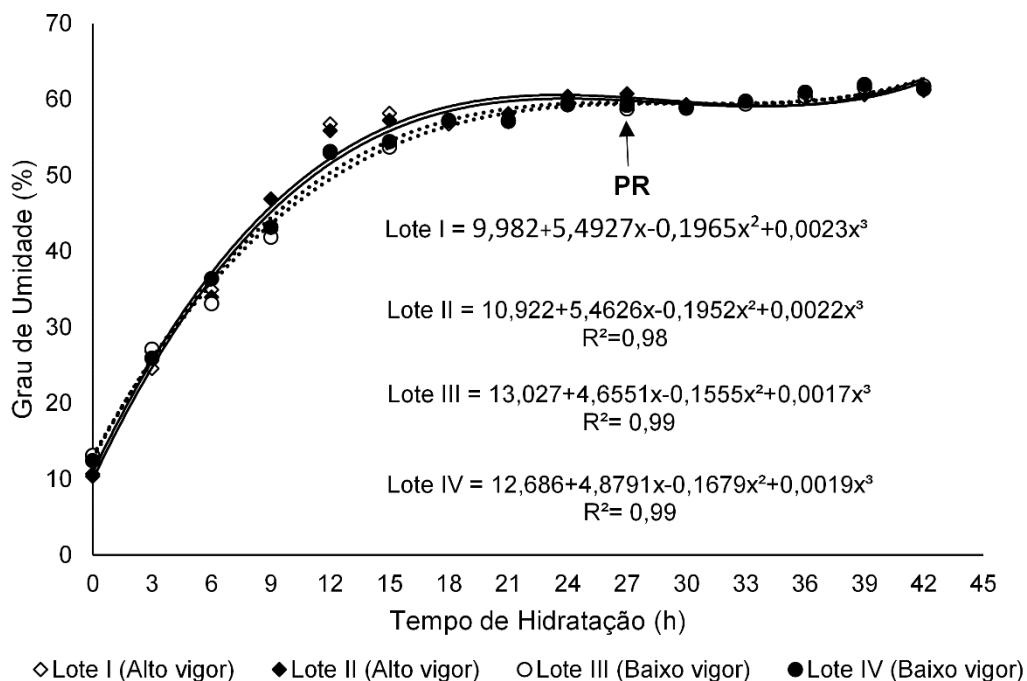
Identificação	Germinação (%)	Envelhecimento
		Acelerado (%)
Lote I	92 a	93 <sup>a</sup>
Lote II	89a	90 <sup>a</sup>
Lote III	90a	85b
Lote IV	89a	79c
Média	90	86
CV (%)	2,52	3,44

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Com a finalidade de avaliar a contribuição dos componentes bioquímicos durante o processo de germinação de lotes de sementes com diferenças de vigor, avaliou-se a hidrólise e mobilização desses componentes, para isso foi realizada da curva de hidratação das sementes.

Durante o processo de germinação não observou-se diferença entre os tratamentos para as curvas de hidratação (Figura 9), sendo a fase I compreendida das 0 às 12 horas após o início da hidratação; fase II das 12 às 27 horas (50%+1 das sementes com radícula maior que 2 mm); fase III iniciada a partir das 27 horas. A fase II foi finalizada 33 horas após o início da hidratação, com aproximadamente 60% de umidade, caracterizada por 100% de protrusão radicular.

Figura 9 - Curva de Hidratação de sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.



PR: Protrusão Radicular. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

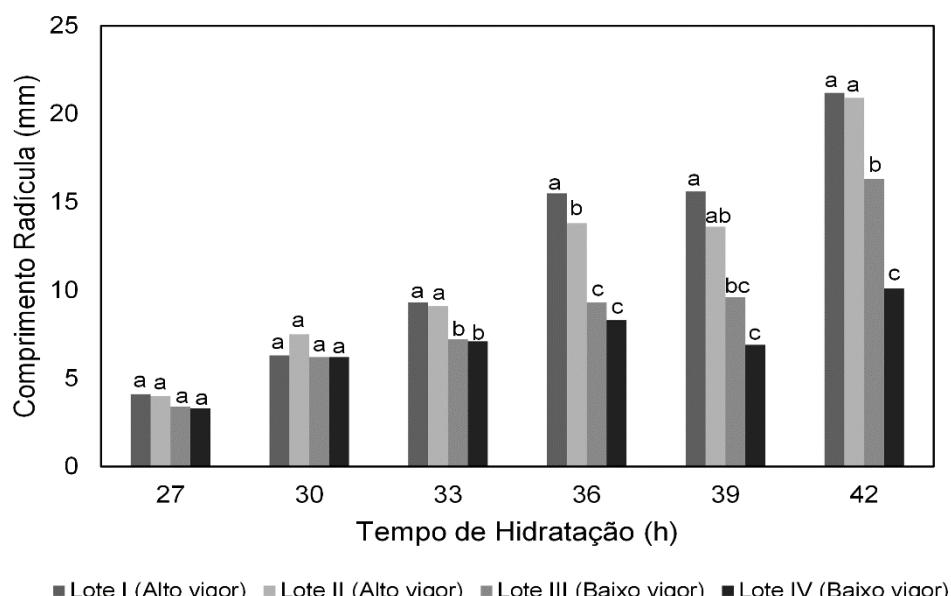
O padrão de hidratação observado não explicou as diferenças fisiológicas entre os tratamentos. Mas outros autores, como Delgado et al. (2015) observaram que com 48 horas cultivares submetidas à dessecação com glifosinato de amônio completaram a fase II, necessitando mais tempo para reparo das estruturas celulares e alocação de suas reservas, quando comparado com a testemunha sem aplicação de dessecantes. Em trabalhos realizados por Han et al. (2013) a fase II em sementes de soja foi definida entre 12 - 24 horas, sendo finalizado com 100% da protrusão radicular.

O acompanhamento da hidrólise e mobilização dos componentes de reserva devem estar estreitamente relacionado com as diferenças na germinação e vigor das sementes, pois segundo Carvalho; Nakagawa, (2012) o processo de germinação da semente é iniciada com o consumo das reservas próprias do embrião e depois mantida com o conteúdo dos componentes bioquímicos, que são degradados pela atividade enzimática e mobilizados para às regiões de crescimento onde há rápido consumo. A fase II da germinação, é caracterizada pela mobilização dos componentes

bioquímicos hidrolisados para o eixo embrionário, sendo o conteúdo de amido e açúcares solúveis presentes nas sementes, utilizados inicialmente como fontes de energia (HAGER, 2014).

O comprimento da radícula foi utilizado como base na definição dos pontos para a determinação dos componentes bioquímicos durante a germinação das sementes. Observou-se na Figura 10, diferença estatística entre os tratamentos a partir das 33 horas, enfatizando que as principais diferenças existentes entre as cultivares estão na fase III de germinação, culminando em menor ou maior vigor das plântulas. Para todos os tempos avaliados observou-se que a cultivar NA 5909 RG foi a que apresentou maiores valores para o comprimento da radícula, corroborando com resultados prévios de vigor pelos testes de envelhecimento acelerado e tetrazólio, o que resultou em maior vigor.

Figura 10 - Comprimento da radícula das sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.



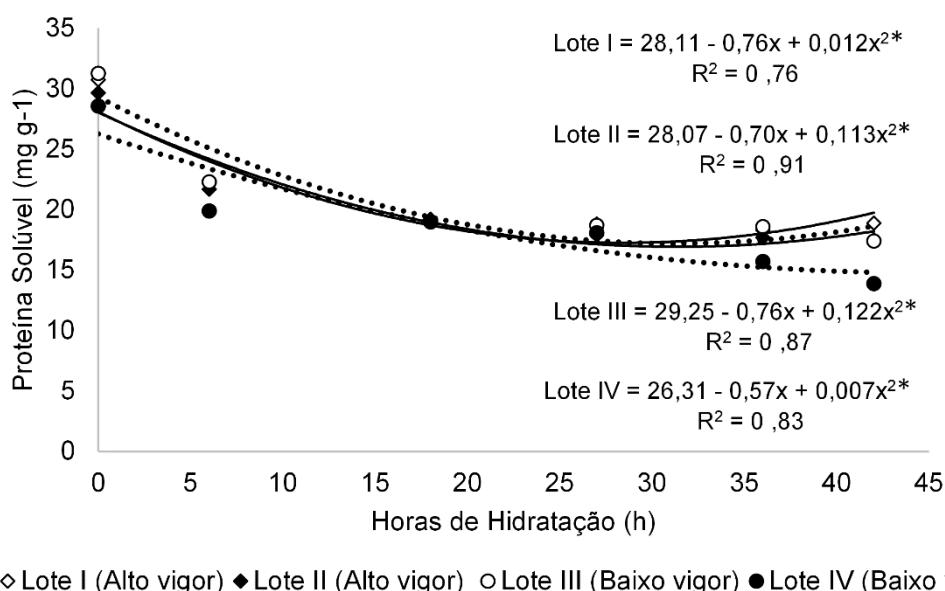
Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Ao analizar os tratamentos quanto a mobilização da proteína solúvel (Figura 11), observou-se redução quadrática dos teores quando comparados com o teor inicial, indicando a utilização deste componente para o fornecimento de energia durante o processo de germinação. De acordo com Delgado et al. (2015) a

mobilização de proteína solúvel ao longo do tempo pode ser refletida na síntese de aminoácidos e subsequente fornecimento de energia para os pontos de crescimento.

Ao avaliar os valores obtidos pelos lotes durante o processo de germinação para proteína solúvel, observou-se que as sementes do Lote III, apresentaram os menores teores ao longo do processo de germinação, ao final das 42 horas haviam utilizado 51,2% do seu conteúdo inicial, enquanto as sementes dos Lotes I e II utilizaram 38,4%, mostrando-se eficiente na utilização deste componente, estes resultados corroboram com os obtidos por Henning et al. (2010) onde as sementes mais vigorosas resultaram em maior capacidade de mobilização durante a germinação, originando plântulas de soja com melhor desempenho inicial.

Figura 11 - Mobilização de proteínas solúveis ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.



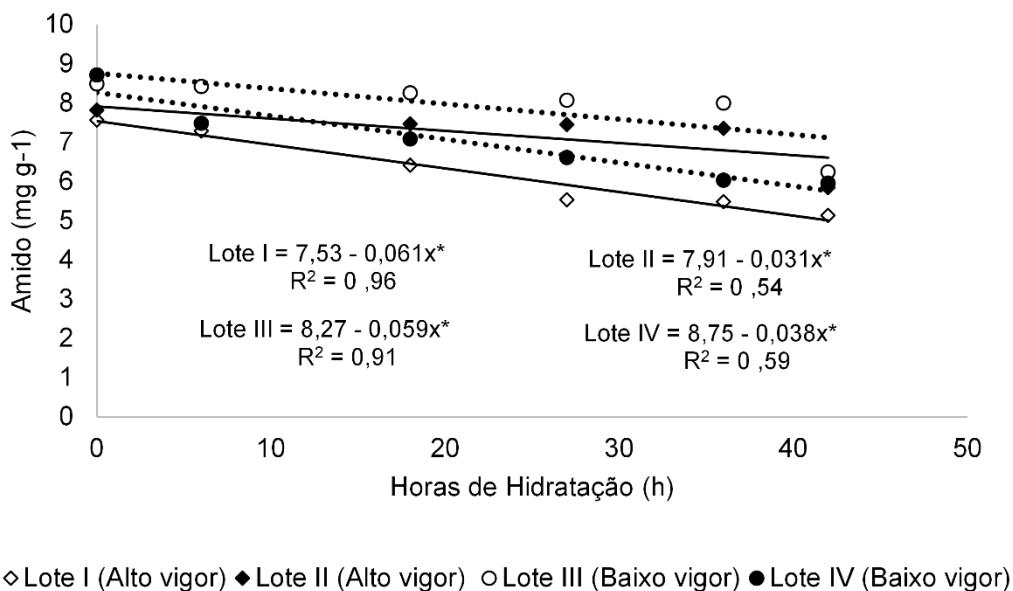
\*Valor significativo ( $P < 0,05$ ) teste Tukey. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O conteúdo de amido (Figura 12) apresentou redução linear durante o processo de germinação, o que coincidiu com o aumento no teor de açúcar solúvel, esses resultados confirmam os obtidos por Hanger (2014) onde o conteúdo de amido começou a diminuir após o início da embebição.

Observou-se eficiência na hidrólise de amido durante o processo de germinação para as sementes dos Lotes I e II, onde ao final das 42 horas haviam hidrolisado 32,0% do seu conteúdo inicial, enquanto os lotes de baixo vigor (Lotes III

e IV) precisaram hidrolisar 42,5%, para atingir níveis semelhantes de energia, disponibilizados aos pontos de crescimentos.

Figura 12 - Hidrólise de amido ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.



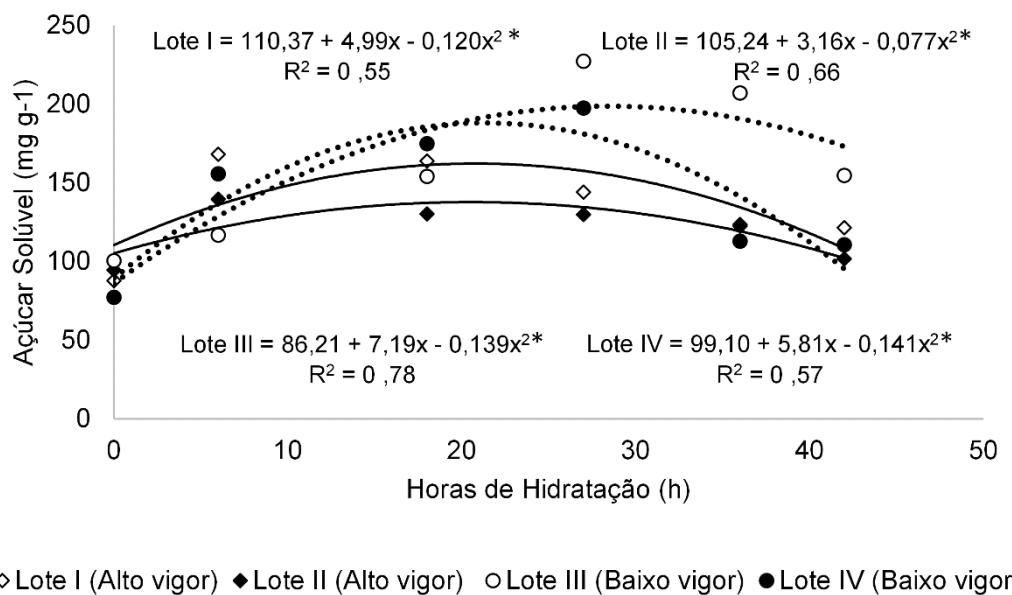
\*Valor significativo ( $P < 0,05$ ) teste Tukey. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O conteúdo de açúcar solúvel (Figura 13) durante a germinação apresentou incremento quadrático. As sementes dos lotes de alto vigor apresentaram as 18 horas após o início do processo de germinação um aumento de 53,6%, enquanto as de baixo vigor apresentaram 44,1%, quando comparados com o conteúdo inicial. A partir das 18 horas o conteúdo de açúcar solúvel começou a ser mobilizados para os pontos de crescimentos nas sementes de alto vigor. Para as sementes de baixo vigor essa mobilização iniciou a partir das 27 horas, necessitando mais tempo para reparo de suas estruturas. Os resultados mostram a maior utilização deste componente pelas sementes provenientes dos lotes de alto vigor. Com esse resultado é possível indicar o envolvimento deste componentes com o vigor das sementes e consequentemente com o maior comprimento de radícula (Figura 12), nos lotes de alto vigor.

Os conteúdos de carboidratos são responsáveis pelo fornecimento de energia durante a germinação, garantindo a formação de plântulas vigorosas, sendo os primeiros componentes utilizados (MARCOS FILHO, 2015a). Segundo Corte et al. (2006), a grande quantidade de carboidratos solúveis observada nas sementes resulta

no fornecimento de energia para a germinação, e subsequente crescimento das plântulas.

Figura 13 - Mobilização de açúcar solúvel ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.

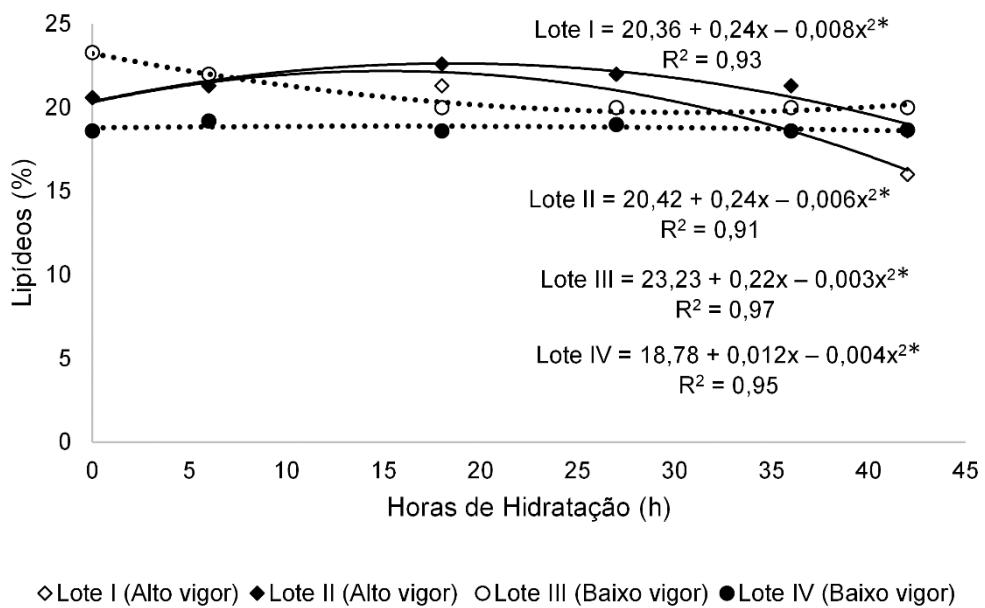


\*Valor significativo ( $P < 0,05$ ) teste Tukey. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O teor de lipídios (Figura 14) apresentou redução quadrática ao longo do processo de germinação, os menores teores para esse componente foram observados nas sementes do lote IV, em todos os pontos avaliados. Observou-se que ao término das 42 horas de germinação as sementes de alto vigor haviam utilizado 9,7% do seu conteúdo inicial, enquanto as de baixo vigor utilizaram 14,1%, não sendo eficiente na utilização deste componente.

Corte et al. (2010) observaram correlação entre perda de qualidade das sementes com o decréscimo no teor de lipídios. Dessa forma, supõem-se que as alterações nos teores de lipídios estejam relacionadas com o processo de deterioração das sementes, acarretando em danos ao vigor e consequentemente, reduzindo o potencial de utilização desse componente durante a germinação, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho para o teor de lipídios.

Figura 14 - Hidrólise de lipídios (%) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.

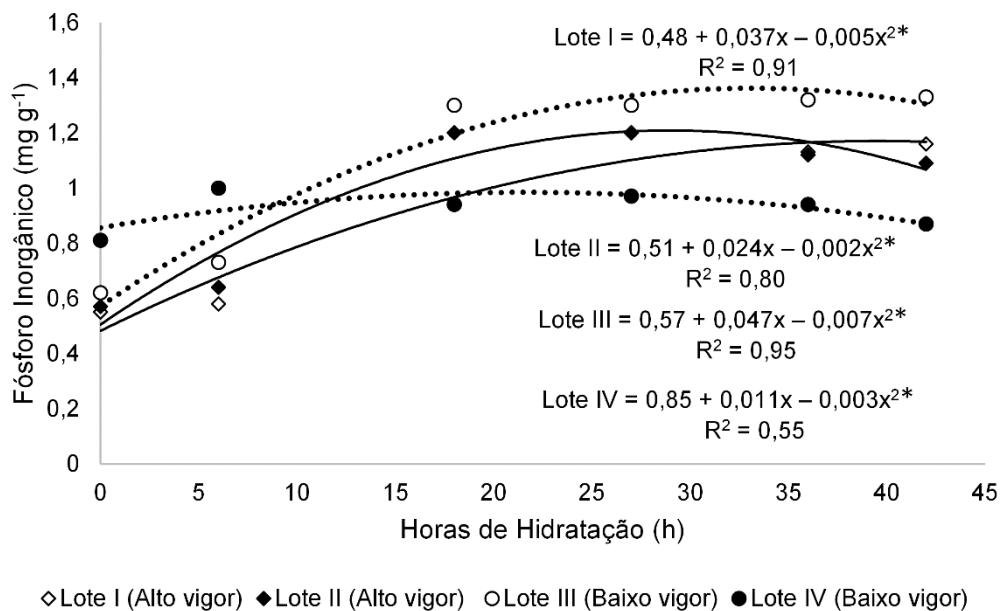


◊ Lote I (Alto vigor) ◆ Lote II (Alto vigor) ○ Lote III (Baixo vigor) ● Lote IV (Baixo vigor)

\*Valor significativo ( $P<0,05$ ) teste Tukey. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Ao avaliar o comportamento de fósforo inorgânico (Figura 15) observou-se incremento quadrático no conteúdo para as sementes provenientes dos lotes I, II e III esse aumento correspondeu a 52,5% e 53,3%, respectivamente, nas 42 horas de germinação, em relação ao conteúdo inicial, para as sementes do lote IV esse aumento correspondeu em apenas 6,8% demonstrando a ineficiência deste tratamento na liberação de fósforo inorgânico. Durante o processo de germinação o fósforo inorgânico é caracterizado como subproduto do processo de respiração, a menor liberação do mesmo confere menor atividade respiratória.

Figura 15 - Mobilização de Fósforo Inorgânico ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas sementes soja, produzidas na safra 2015/16 em função dos níveis de vigor.



\*Valor significativo ( $P < 0,05$ ) teste Tukey. Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

A menor da taxa de mobilização dos componentes bioquímicos, principalmente açúcar solúvel, nas sementes provenientes da cultivar NS 5959 IPRO foi a causa da diminuição do crescimento das plântulas, estes resultados corroboram com os obtidos por Mohammadi et al. (2011) trabalhando com sementes de soja, ou autores salientam que os esforços para melhorar a germinação e o crescimento de plântulas em programas de melhoramento devem focar na eficiência no processo de mobilização dos componentes bioquímicos.

O conhecimento da composição bioquímica das sementes bem como sua mobilização durante o processo de germinação é fundamental para o estabelecimento de parâmetros visando a utilização dessas informações para estabelecimento de práticas de manejo da semeadura. Sendo que esses componentes são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e energia necessários para o sucesso da germinação de sementes.

## 6.5 CONCLUSÕES

A diferença no vigor dos lotes de sementes está na fase III de germinação.

O componente bioquímico açúcar solúvel está diretamente ligado com o menor comprimento de radícula das lotes de menor vigor de sementes de soja.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas determinantes para a queda da qualidade das sementes após a maturidade fisiológica são causados pela alternância de temperatura média do ar, aliados com a ocorrência de períodos secos e úmidos, uma alternativa para evitar a exposição das sementes a esses fatores é a colheita antecipada, porém no caso de sementes de soja essa prática não é recomendada, devido ao elevado grau de umidade que as sementes apresentam, causando injúrias mecânicas no ato da colheita.

Uma alternativa para redução desses problemas é a utilização de cultivares resistentes a essas intempéries, possibilitando ganhos na qualidade das sementes produzidas, garantindo produtividade e rentabilidade ao setor envolvido.

A identificação de componentes que permita a associação da resistência das cultivares a fatores externos é de extrema importância, sendo os componentes bioquímicos alternativas para elucidar esses problemas.

O presente trabalho apresentou formas de abordar esses fatores, porém tém-se a necessidade de repeti-lo em outras safras, possibilitando a exposição das sementes a diferentes intempéries ambientais.

## REFERÊNCIAS

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudas. **Estatísticas**. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/> >. Acesso em: 24 jan. 2016.

ACCUWEATHER. Condições meteorológicas em Fraiburgo. Disponível em: <<http://www.accuweather.com/pt/br/fraiburgo/2308824/weather-forecast/2308824/>>, Acesso em 06 maio 2016.

Amorim, f. a.; Hamawaki, o. t.; Sousa, I. b.; Lana, r. m. q.; Hamawaki, c. d. I. Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1793-1802, 2011

ANDREWS, C. H. **Some aspects of pod and seed development in Lee soybeans**. 1966. 75 f. Tese (Ph.D.) - Mississippi State University, State College, 1966.

BARBOSA, V. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S.; SIQUEIRA, G. B. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de biocombustível. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 742-749, jul./set. 2011.

BEWLEY, J. D.;BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **SEEDS: Physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. Springer Science, New York, 2013. 392 p.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Nova Escócia, v. 37, n. 8, p. 911 – 917, ago. 1959.

BORDIGNON, J. R.; LONG, S. P.; ENGESETH, N. J. Influência da composição atmosférica no comportamento da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, p. 70-73. 2006.

BRACCINI, A. L., REIS, M. S.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A.; MOTTA, A. S. Germinação e sanidade de sementes de soja (*Glycine max (L.) Merril*) colhidas em diferentes épocas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1017-1022, 2000.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

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

BUERKERT, A.; HAAKE, C.; RUCKWIED, M.; MARSCHNER, H. Phosphorus application effects the nutritional quality of millet grain in the Sahel. **Field Crops Research**, v.57, p.223-235, 1998.

CAMILO, P. C. **Classificação de sementes de soja em peneiras planas de perfuração redonda**. 2003. 28 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

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

CLEGG, K. M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.3, p.40-44, 1956.

CHEN, P. S.; TORIBARA, J. R. T. Y.; WARNER, H. Microdetermination of Phosphorus. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 11, 1956.

CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v. 2, n. 7, abr. 2015. 109 p.

CORBINEAU, F. Markers of seed quality: from present to future. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 22, n. 6, p.61-68, 2012.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; BORDIGNON, 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**, Londrina, v.23, n.1, p.140-145, 2001.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; LEITE, H. G.; PEREIRA, B. L. C.; GONÇALVES, J. F. C. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 83-91, 2010.

DELGADO, C. M. L.; COELHO, C. M. M.; BUBA, G. P. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.37, n.2, p.154-161, 2015.

DEMIRTA, C.; YAZGAN, S.; CANDOGAN, B. N.; SINCIK, M.; BÜYÜKCANGAZ, H.; GÖKSOY, A. T. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to drought stress in sub-humid environment. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 41. p. 6873-6881, out. 2010.

DINIZ, F. O.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.35, n.2, p.147-152, 2013.

DUFLOTH, J. H. **Estudos Básicos Regionais de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2005. 101p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecúaria. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/tecnologia.htm>>. Acesso em: 14/09/2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecúaria. Tecnologias de Produção de Soja. Paraná, 2005. **Sistemas de Produção 5**. out. 2004. 242 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecúaria. **Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2011. 216 p.

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

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stage of soybean development**. Iowa State University. Special report 80, p. 25-26, mar. 1977.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1998. 72 p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Estratégias do melhoramento para produção de sementes de soja no Brasil. In: simpósio sobre atualização em genética e melhoramento de plantas – melhoramento de plantas e produção de sementes no Brasil, 7., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade** - Série Sementes. Londrina: EMBRAPA-Soja, 2007. 12 p.

FURTINI NETO, A. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA M. F. G. Frações fosfatadas em mudas de Eucalyptus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 267-274, 1998.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Níveis de umidade do solo de várzea e seus efeitos sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja. **Informativo ABRATES**, v.22, n.2, p.28-31, 2012.

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. **Revista Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2010.

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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n.4, p.771-779, 2003.

HAGER, A. S.; MÄKINEN, O. E.; ARENDT, E. L. Amylolytic activities and starch reserve mobilization during the germination of quinoa. **European Food Research and Technology**, v. 239, p. 621–627, 2014.

HAN, C.; YIN, X.; HE, D.; YANG, P. Analysis of Proteome Profile in Germinating Soybean Seed, and Its Comparison with Rice Showing the Styles of Reserves Mobilization in Different Crops. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, p. 1-9, fev. 2013.

HE, F.; HUANG, F.; WILSON, K. A.; TAN-WILSON, A. Protein storage vacuole acidification as a control of storage protein mobilization in soybeans. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 5, p. 1059-1070, 2007.

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**, Campinas, v. 69, n. 3, p727-734, 2010.

KHAN, A. Z.; SHAH, P.; KHAN, H.; NIGAR, S.; PERVEEN, S.; SHAH, M. K.; AMANULLAH, S. K.; KHALIL, S.; ZUBAIR, M. Seed quality and vigor of soybean cultivars as influenced by canopy temperature. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 1, p. 643-648, 2011.

KIM, H.T.; CHOI, U.K.; RYU, H.S.; LEE, S.J.; KWON, O. S. Mobilization of storage proteins in soybean seed (*Glycine max* L.) during germination and seedling growth. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1814, n.9, p.1178-1187, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR, 1999.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **O controle de qualidade agregando valor à semente de soja – Série Sementes**. (Embrapa Soja.Circular Técnica, 54), Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12p.

JYOTI; MALIK, C. P. Seed deterioration: a review. **International Journal of Life Sciences Biotchnology and Pharma Reserch**, v 2. n. 3, 2013.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid method for phytate determination. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.28, p.313-315, 1980.

LEHNER, A.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. Changes in Lipid Status and Glass Properties in Cotyledons of Developing Sunflower Seeds. **Plant Cell Physiol**, v. 47, n. 7, p. 818-828, 2006.

LIMA, W. A. A.; BORÉM, A.; DIAS, D. C. F. S.; MOREIRA, M. A.; DIAS, L. A. S.; PIOVESAN, N. D. Retardamento de colheita como método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p.186-192, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015a. 495p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.72, n.4, p.363-374, jul./ago. 2015b.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.2, p.241-250, 2011.

McCREADY, R. M.; GUGGOOLZ, J.; WENS, H. S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 22, p. 1156- 1158, 1950.

MOHAMMADIA, H.; SOLTANIB, A.; SADEGHIPOURC, H. R.; ZEINALI, E. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2011.

MÖLLERS, C.; LICKFETT, T.; MATTHÄUS, B.; VELASC, L. Influence of P-fertilizer on phytic acid content in seeds of *Brassica napus* L. and development of a NIRS calibration. In: INTERNATIONAL RAPESED CONGRESS, 10., 1999, Canberra. **Anais...** Canberra: The Regional Institute, 1999. Mohammadi.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1281-1286, 2002.

OLIVEIRA, M. A.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; CAMPOS FILHO, P. J.; VICENTINI, M. B. Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/ cultivares de soja (*Glycine max (L) Merrill*) especiais utilizados para alimentação humana. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 23-29, jan./mar. 2010.

PAIVA AGUERO, J. A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja no campo**. 1995. 145 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

PAZZIN, D. **Produção e qualidade de sementes de soja em função do Teor de fósforo na semente e da adubação fosfatada.** 2015. 45 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PEIXOTO, C. P. CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; PATRÍCIA MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57 n.1, jan./mar. 2000.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRRI, F. S.; CASTRO NETO, M. D.; CORREIA, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

PEREIRA, T., COELHO, C. M. M; SOUZA, C. A.; MANTOVANI. A.; MATHIAS, V. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2383-2394, 2015a.

PEREIRA, T., COELHO, C. M. M; SOBIECKI, M.; SOUZA, C. A. Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 441-450, 2015b.

PEREIRA, C. S.; SERAFIM, R. C.; ZANATTO, I. B.; FIORINI, I. V. Germinação e crescimento inicial de plantas de soja submetidas ao déficit hídrico. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 1, p.33 – 40, jan./abr. 2016.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. **Produção de sementes.** In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Eds.). Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 13-103.

PURCELL, L. C.; SALMERON, M.; ASHLOCK, L. Soybean Growth and Development. **Division of Agriculture Research & Extension University of Arkansas System.** 2014.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RABOY, V.; DICKINSON, D. B. Effect of phosphorus and zinc nutrition na soybean seed phytie acid and zinc. **Plant Physiol**, v. 75. n. 4, p. ago. 1984.

RABOY, V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. **Plant Science**, v. 177, p. 281-296, 2009.

REZENDE, P. M.; MACHADO, J. C.; GRIS, C. F.; GOMES, L.L.; BOTREL, E. P. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja (*Glycine max* (L.) (Merrill). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.76-83, 2003.

RITCHIE, S. W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.

SACHS, L. G.; PORTUGAL, A. P.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; IDA, E. L.; SACHS, P. J. D.; SACHS, J. P. D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, p.533-546, 2006. 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**, vol. 29, nº 1, p.20-26, 2007.

SANTOS, G. A.; ZONETTI, P. C. Influência da temperatura na germinação e desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Iniciação Científica CESUMAR**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 23-27, jan./jun. 2009.

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

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de Produção e Usos da Soja**, 1. ed. Londrina: Mecenas, 2009, p.314.

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

SILVA, H. P.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; NEVES, J. M. G.; SAMPAIO, R. A.; DUARTE, R. F.; OLIVEIRA, A. S. Qualidade de sementes de *Helianthus annuus* L. em função da adubação fosfatada e da localização na inflorescência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1160-1165, jul. 2011.

SILVA, T. A.; SILVA, P. B.; SILVA, E. A. A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.2, p.227-232, fev. 2016.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR. P. R. relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundup ready™. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

SWIGONSKA, S.; WEIDNER, S. Proteomic analysis of response to long-term continuous stress in roots of germinating soybean seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, n. 1, p. 470 – 479, fev. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 918 p.

TAN-WILSON, A. L. WILSON, K. A. Mobilization of seed protein reserves. **Physiologia Plantarum**, v. 145, n. 1, p.140–153, 2012

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 1 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

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

TEULAT-MERAH, B.; MORERE-LE PAVEN, M.C.; RICOULT, C.; AUBRY, C.; PELTIER, D. cDNA-AFLP profiling in the embryo axes during common bean germination. **Biologia Plantarum**, v.55, n. 3, p. 437-447, 2011.

TSUKAHARA, R. Y.; FONSECA, I. C. B.; SILVA, M. A. A.; KOCHINSKI, E. G.; PRESTES NETO, J.; SUYAMA, J. T. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 905-915, ago. 2016.

UARROTA, V.G.; MORESCO, R.; COELHO, B.; NUNES, E.C.; PERUCH, L.A.M.; NEUBERT, E.O.; ROCHA, M.; MARASCHIN, M. Metabolomics combined with chemometric tools (PCA, HCA, PLS-DA and SVM) for screening cassava (*Manihot esculenta* Crantz roots during postharvest physiological deterioration. **Food Chemistry**, v. 161, p.67-78, 2014.

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

VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; SILVA, A. C.; MATOS, V. P. **Climatic Conditions and Production of Soybean in Northeastern Brazil.** 2013.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Teste de condutividade elétrica.** In: KRZYANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. 26 p.

XAVIER, T. S.; DARONCH, D.J.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRI, F.S.; CARVALHO, E.V. de; SANTOS, W.F. dos. Época de colheita na qualidade de sementes de genótipos de soja. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.241-245, 2015.

ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E (Orgs.). Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012. p.106-160.

WEITBRECHT, K.; MÜLLER, K.; LEUBNER-METZGER, G. First off the mark: early seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n.10, p. 3289-3309, 2011.