

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/02/2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



CAROLINA PEREIRA CARDOSO

**CONTRIBUIÇÃO DOS OLIGOSSACARÍDEOS DA FAMÍLIA RAFINOSE PARA A
AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE SOJA**

Botucatu

2020

CAROLINA PEREIRA CARDOSO

**CONTRIBUIÇÃO DOS OLIGOSSACARÍDEOS DA FAMÍLIA RAFINOSE PARA A
AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE SOJA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Botucatu

2020

C268c

Cardoso, Carolina Pereira

Contribuição dos oligossacarídeos da família rafinose para a aquisição da qualidade fisiológica em sementes de soja / Carolina Pereira Cardoso. -- Botucatu, 2020

130 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

1. Sementes. 2. Longevidade de Sementes. 3. Raffinose. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTRIBUIÇÃO DOS OLIGOSSACARÍDEOS DA FAMÍLIA RAFINOSE PARA A AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

AUTORA: CAROLINA PEREIRA CARDOSO

ORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Voluntário Livre-Docente JOÃO NAKAGAWA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Pesquisador Dr. OLIVIER HENRI LEON LEPRINCE
Research Institute on Horticulture and Seeds / Agrocampus Ouest - Angers - França

Botucatu, 17 de fevereiro de 2020

*À minha amada família,
Magali, Jorge e Mariana,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pela sua doce presença em minha vida e pela sua infinita graça que me sustenta a cada dia.

Ao meu orientador, Dr. Evaldo Aparecido Amaral da Silva, que atenciosamente me aconselhou durante o curso, por todo direcionamento e pela excelência sempre pacientemente exigida. Sou grata por todas as oportunidades que foram proporcionadas a mim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Dr. Olivier Leprince, Dra. Julia Buitink, Sra. Martine Neveu e toda equipe do Conserto, por toda a disponibilidade a compartilhar o conhecimento, paciência e atenção com meus questionamentos e hospitalidade. Fui extremamente bem recebida por todos e agradeço imensamente por esta oportunidade. Agradeço a instituição Agrocampus Ovest pela infraestrutura oferecida e suporte para a realização do experimento.

A todos do laboratório de sementes da Unesp-Botucatu, os quais juntamente construímos este trabalho: Samara, Larissa, Natalia, Maurício, Thiago Batista, Dennis Souza, Amanda Rithieli, Girlanio, Iago, Ana Carolina, Brunna, Michelane, Keyse e Denise e Daiani. Agradeço imensamente o empenho, disponibilidade, ajuda e sugestões. Aos estagiários do laboratório, com carinho especial: Gabriel, João, Priscilla e Lais. Aos amigos Vinicius e Laryssa. Em especial, agradeço a Valéria Giandoni não somente pelo excelente apoio técnico, mas também pela amizade.

A todos os professores, técnicos e funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/Botucatu. Em especial ao Prof^o. João Nakagawa e Prof^a. Marcia Sartori.

Aos meus pais, Jorge e Magali, por todo amor, sustento, orientação, amizade e pela maior herança que poderia receber, a fé no nosso Criador.

À minha irmã Mariana, minha fiel defensora, presente em cada decisão, exemplo de parceria e cuidado. Me alegro em saber que sempre a terei ao meu lado.

À minha Avó Leila e amiga por opção, meu maior exemplo de integridade, força e alegria.

Aos meus familiares, sou grata a Deus por uma família tão unida e tão presente em minha vida. Amo muito cada um.

Ao Fernando, por se alegrar nas minhas conquistas e chorar nas minhas derrotas. Que a nossa parceria cresça a cada ano juntos.

Às minhas amigas por todos esses anos caminhando juntas, presentes em todas as dificuldades e conquistas, por todo carinho e motivação.

A todos que contribuíram para minha formação pessoal e profissional nesses anos vividos.

Muito obrigada!

RESUMO

Os oligossacarídeos da família rafinose (OFR), presentes nas sementes/grãos de soja, são açúcares solúveis considerados fatores antinutricionais para humanos e animais monogástricos, e por isso, limitam o uso da cultura para estes. Entretanto, estes compostos aparentam exercer um papel fundamental na aquisição da qualidade fisiológica das sementes de soja. Diante disso, genótipos mutantes que expressam o fenótipo de baixo ou ultrabaixo teor de OFR têm sido estudados visando à eficiência da alimentação humana e animal. Portanto, é preciso elucidar as funções dos OFR sobre as propriedades da qualidade fisiológica de sementes, a fim de preconizar materiais genéticos de alta qualidade, com capacidade de armazenamento e propagação. Todavia, a qualidade fisiológica e os teores de açúcares solúveis podem ser alterados em função da genética do genótipo ou do ambiente. Por isso, genótipos mutantes em OFR podem apresentar a aquisição da qualidade fisiológica distinta quando produzidos em diferentes ambientes. Objetivou-se com este trabalho elucidar a contribuição dos OFR na aquisição da qualidade fisiológica de sementes de soja em genótipos que expressam teores contrastantes destes. Para tal, foram utilizadas sementes com fenótipos para baixo e ultrabaixo teor de OFR, mutantes nas enzimas rafinose sintase (rs) 2 e rs2 rs3, respectivamente, em comparação a genótipos com alelos funcionais para RS2 (teores normais de OFR), produzidos em três safras. As sementes foram colhidas em diferentes estádios fenológicos durante a fase de maturação destas. Posteriormente, foi avaliado para todos os genótipos estudados em todos estádios colhidos, a germinação, a tolerância à dessecação, o vigor, a longevidade de sementes e a quantificação de açúcares solúveis (OFR, sacarose e galactinol). Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As diferenças encontradas entre as safras experimentais foram avaliadas por meio de análise conjunta. Para todas as safras experimentais, genótipos com teores baixos e ultrabaixos de OFR apresentaram deficiência na aquisição da longevidade, mas não houve diferenças na aquisição do vigor, germinação e tolerância à dessecação quando comparados com genótipos com teores normais destes açúcares. A aquisição da qualidade fisiológica em genótipos com alelos distintos para RS2 e/ou RS3 não se distingue quando cultivados em diferentes condições ambientais, com exceção da longevidade. Ambientes de cultivo favoráveis a aquisição da longevidade diminuí a deficiência da característica observada em genótipos com baixo e ultrabaixos teores de OFR.

Palavras-chave: Rafinose. Estaquiose. Verbascose. Germinação. Vigor. Longevidade.

ABSTRACT

The raffinose family of oligosaccharides (OFR), present in soybean seeds/grains, are soluble sugars considered as antinutritional factors for humans and monogastric animals, and therefore, they limit the use of the crop. However, these compounds seem to play a fundamental role in the acquisition of physiological quality of soybean seeds. Thus, mutant genotypes expressing phenotype of low or ultralow content of OFR have been studied aiming at the efficiency of human and animal feeding. Therefore, it is necessary to elucidate the functions of OFR on the properties of physiological seed quality, in order to recommend materials of high-quality genetic material with storability and propagation capacity. The physiological quality and soluble sugar content may be altered in genetic or environmental function. Therefore, mutant OFR genotypes may acquire distinct physiological quality when grown in different environments. The aim of this research was to elucidate the contribution of OFR in the acquisition of the physiological quality of soybean seeds in genotypes that express contrasting contents for these in three experimental crops. For this, seeds with low and ultralow OFR phenotypes, mutants in raffinose synthase (rs) 2 and rs2 rs3, respectively, were used in comparison to genotypes with RS2 functional alleles (normal OFR levels). The seeds were harvested at different phenological stages during their maturation. Subsequently, it was evaluated for all genotypes studied in all harvested stages, germination, desiccation tolerance, vigor, seed longevity and quantification of soluble sugars (OFR, sucrose and galactinol). Experimental data were submitted to analysis of variance with means being compared by Tukey test at 5% probability. The differences between the experimental crops were evaluated by joint analysis. For all experimental crops, low and ultra-low OFR genotypes showed deficiency in longevity acquisition, but there was not observed differences in vigor, germination and desiccation tolerance when compared to genotypes with normal levels of these sugars. The physiological quality acquisition in genotypes with distinct alleles for RS2 and / or RS3 did not change when grown under different environmental conditions, except for longevity. Favorable crop environments for longevity acquisition reduces the deficiency of the characteristic observed in genotypes with low and ultra-low levels of OFR.

Keywords: Raffinose. Stachyose. Verbascose. Germination. Vigor. Longevity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caminho proposto para síntese de OFR	39
Figura 2 - Imagens aéreas das safras experimentais, conduzidas no mesmo local em Botucatu -SP	43
Figura 3 - Variações diárias desde a semeadura à colheita da precipitação e temperatura máxima, média e mínima durante as safras experimentais .	44
Figura 4 - Vagens e sementes de soja em diferentes estádios de desenvolvimento para W82.....	48
Figura 5 - Vagens e sementes de soja em diferentes estádios de desenvolvimento para W82 397	49
Figura 6 - Vagens e sementes de soja em diferentes estádios de desenvolvimento para J RS2 RS3	50
Figura 7 - Vagens e sementes de soja em diferentes estádios de desenvolvimento para J rs2 rs3 mt	51
Figura 8 - Caixas herméticas a 75% UR contendo solução saturada de NaCl usadas para a avaliação da longevidade de sementes	56
Figura 9 - Massa da matéria seca, fresca e conteúdo de água durante o desenvolvimento das sementes do grupo genético Jack	61
Figura 10 - Massa da matéria seca, fresca e conteúdo de água durante o desenvolvimento das sementes do grupo genético Willians	63
Figura 11 - Alterações no conteúdo de sacarose e galactinol durante a maturação de sementes de soja dos genótipos Jack	66
Figura 12 - Acúmulo de OFR durante o desenvolvimento de sementes dos genótipos Jack.....	67
Figura 13 - Esquema para a biossíntese de OFR	68
Figura 14 - Aquisição da germinação de sementes frescas de soja em genótipos que expressam conteúdos diferentes de RFO.....	78
Figura 15 - Tolerância a dessecação representada pela comparação da germinação de sementes frescas entre as de sementes secas para os genótipos Jack, safra de 2018/2019	82
Figura 16 - Tolerância a dessecação representada pela comparação da germinação de sementes frescas entre as de sementes secas para os genótipos Willians, safra de 2018/2019	83

Figura 17 - T50 durante a maturação e maturação tardia de sementes dos genótipos J rs2 rs3 mt e J RS2 RS3 WT em três safras experimentais.....	95
Figura 18 - T50 durante a maturação e maturação tardia de sementes dos genótipos W82 397 mt e W82 WT em três safras experimentais	96
Figura 19 - Longevidade em P50 (dias) durante a maturação e maturação tardia de	101
Figura 20 - Longevidade em P50 (dias) durante a maturação e maturação tardia de	102
Figura 21 - Porcentagem de germinação das sementes coletadas de J RS2 RS3 WT durante o armazenamento destas a 35°C e 75% de umidade relativa ...	104
Figura 22 - Porcentagem de germinação das sementes coletadas de J rs2 rs3 mt durante o armazenamento destas a 35°C e 75% de umidade relativa ...	105
Figura 23 - Porcentagem de germinação das sementes coletadas de W82 WT durante o armazenamento destas a 35°C e 75% de umidade relativa	106
Figura 24 - Porcentagem de germinação das sementes coletadas de W82 397 mt durante o armazenamento destas a 35°C e 75% de umidade relativa ...	107
Figura 25 - Acúmulo de rafinose, estaquiose e verbascose no eixo embrionário e cotilédones e aquisição progressiva de longevidade durante a maturação e maturação tardia de sementes de soja do genótipo Jack, safra de 2017/2018.....	109
Figura 26 - Aquisição da longevidade (P50) entre as safras experimentais pra genótipos Willians (A) e genótipos Jack (B)	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média das condições ambientais (temperatura e precipitação) e duração em dias do período vegetativo e reprodutivo para todas as safras experimentais.....	45
Tabela 2 - Características físicas e químicas do solo a 0-20 cm de profundidade antes da semeadura	45
Tabela 3 - Descrição dos estádios reprodutivos das sementes de soja baseados em Ritchie et al. (1994), Lima et. al. (2017) e Puntel Basso et al. (2018)	47
Tabela 4 - Massa de matéria seca (mg/semente) das sementes dos genótipos Jack em diferentes safras experimentais.....	61
Tabela 5 - Médias para açúcares solúveis em sementes maduras para W82 WT e W82 397 – Safras 2017/2018 e 2018/2019	70
Tabela 6 - Médias para açúcares solúveis em sementes maduras para J RS2 RS3 WT e J rs2 rs3 mt para as safras experimentais de 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2019	71
Tabela 7 - Diferenças entre as safras experimentais para o conteúdo de açúcares solúveis no eixo embrionário e cotilédones para sementes de soja dos genótipos Jack	72
Tabela 8 - Efeito de safra experimental para conteúdo de sacarose no eixo embrionário de sementes de soja para genótipos Jack.....	72
Tabela 9 - Mudanças no acúmulo de rafinose e verbascose entre safras experimentais no eixo embrionário de sementes dos genótipos Willians	72
Tabela 10 - Efeito de safra experimental sobre conteúdo de rafinose nos cotilédones de sementes dos genótipos Willians	73
Tabela 11 - Correlação de Pearson entre as médias de temperatura (°C) e os diferentes açúcares avaliados no eixo embrionário e cotilédones das sementes dos genótipos Jack	74
Tabela 12 - Tolerância a dessecação representada pela porcentagem de germinação de sementes frescas em comparação com as de sementes secas para cada estágio reprodutivo nas safras de 2018/2019 e 2019/2019.....	80
Tabela 13 - Porcentagens de plântulas normais de sementes secas em comparação de sementes frescas para as safras de 2018/2019 e 2019/2019.....	81

Tabela 14 - Efeito do estágio de desenvolvimento das sementes sobre a capacidade de desenvolvimento de plântulas normais por sementes secas para genótipos Jack e Willians, safra de 2017/2018	85
Tabela 15 - Efeito de estágio reprodutivo na primeira contagem de plântulas normais originadas por sementes secas dos genótipos Jack, safra 2018/2019..	85
Tabela 16 - Valores de plântulas normais originadas por sementes secas dos genótipos Jack. Safras de 2018/2019 e 2019/2019	86
Tabela 17 - Valores de plântulas normais originadas por sementes secas dos genótipos Willians. Safras de 2018/2019 e 2019/2019	86
Tabela 18 - Valores para plântulas normais de sementes produzidas em diferentes safras experimentais, para genótipos Jack e Willians	88
Tabela 19 - Efeito de safra experimental para a capacidade de desenvolvimento de plântulas normais originadas por sementes dos genótipos Jack.....	88
Tabela 20 - Efeito principal de estágio reprodutivo para comprimento de hipocótilo dos genótipos Jack, safra de 2019/2019	89
Tabela 21 - Valores para comprimento e massa de matéria seca de hipocótilo das plântulas originadas por sementes frescas dos genótipos Jack. Safras de 2018/2019 e 2019/2019.....	90
Tabela 22 - Efeito de estágio reprodutivo observado sobre o comprimento e massa de matéria seca de hipocótilo. Safra de 2018/2019 e 2019/2019.....	90
Tabela 23 - Valores para comprimento de hipocótilo e massa de matéria seca de raiz das plântulas originadas por sementes dos genótipos Willians. Safra de – 2018/2019 e 2019/2019	91
Tabela 24 - Efeito principal de safra experimental para massa de matéria seca de hipocótilo (MSH) no estágio R7.2 dos genótipos Jack	91
Tabela 25 - Valores de comprimento e massa de matéria seca de plântulas originadas por sementes dos genótipos Jack entre as safras experimentais	92
Tabela 26 - Médias para comprimento de hipocótilo e massa de matéria seca de raiz entre as safras experimentais para os genótipos Willians.....	93
Tabela 27 - Efeito principal de safra experimental para comprimento de hipocótilo no estágio R7.3 de sementes dos genótipos Willians	93
Tabela 28 - Diferenças entre as safras experimentais dos valores de T50 (horas) – genótipos Jack.....	97

Tabela 29 - Diferenças entre as safras experimentais dos valores de T50 (horas) – genótipos Willians	97
Tabela 30 - Valores de K_i e σ obtidos para o cálculo do P50 (dias) dos genótipos Jack e Willians.....	103
Tabela 31 - Correlação de Pearson da média do P50 de R7.1.1 a R9 entre os açúcares avaliados no eixo embrionário e cotilédone	110
Tabela 32 - Diferenças entre as safras experimentais para os valores de P50 (dias) – Genótipos Jack	112
Tabela 33 - Diferenças entre as safras experimentais para os valores de P50 (dias) – Genótipos Willians.....	112
Tabela 34 - Efeito principal de safra experimental para a longevidade (P50 dias) no estádio R7.3 para os genótipos Jack e R9 para os genótipos Willians	113
Tabela 35 - Correlação de Pearson entre média de temperatura (°C) com o P50 em diferentes períodos de cultivo.....	114

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	A cultura soja	23
2.1.1	Produção e importância econômica da soja	24
2.2	Qualidade de sementes	25
2.2.1	Qualidade fisiológica de sementes	26
2.3	Desenvolvimento e aquisição da qualidade fisiológica de sementes de soja	28
2.3.1	Embriogênese	29
2.3.2	Maturação	30
2.3.3	Maturação tardia	33
2.4	Os oligossacarídeos da família rafinose (OFR)	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	Caracterização da área experimental e produção sementes de soja ...	41
3.2	Descrição dos genótipos de soja e estádios reprodutivos	46
3.2.1	Genótipos Willians.....	46
3.2.2	Genótipos Jack	46
3.2.3	Estádios reprodutivos	46
3.3	Avaliações	52
3.3.1	Determinação do teor de água	52
3.3.2	Massa da matéria seca e fresca de sementes.....	52
3.3.3	Secagem de sementes.....	53
3.3.4	Aquisição da qualidade fisiológica de sementes.....	53
3.3.4.1	<i>Germinação</i>	53
3.3.4.2	<i>Tolerância a dessecação</i>	54

3.3.4.3	<i>Capacidade da semente em desenvolver plântulas normais</i>	54
3.3.4.4	<i>Tempo médio para ocorrência de 50% de germinação (T50)</i>	54
3.3.4.5	<i>Comprimento e massa de matéria seca de raiz e hipocótilo de plântulas</i>	55
3.3.4.6	<i>Longevidade de sementes</i>	55
3.4	Análise estatística	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	Prováveis interações entre OFR, qualidade fisiológica e ambiente de cultivo	59
4.2	Conteúdo de água e massa da matéria fresca e seca das sementes ...	59
4.3	Quantificação de açúcares solúveis	64
4.3.1	Perfil de acúmulo de açúcares solúveis ao final da maturação e durante a maturação tardia de sementes de soja do grupo Jack (Safrade 2017/2018)	64
4.3.2	Quantificação de açúcares solúveis ao final da maturação de sementes de soja do grupo Jack e Willians.....	69
4.4	Envolvimento dos OFR na aquisição da qualidade fisiológica	76
4.4.1	Envolvimento dos OFR na aquisição da germinação.....	77
4.4.2	Envolvimento dos OFR na aquisição da tolerância à dessecação	78
4.3.3	Envolvimento dos OFR na aquisição do vigor de sementes	84
4.3.3.2	<i>Comprimento e massa da matéria seca de raiz e parte aérea das plântulas germinadas</i>	88
4.3.3.3	<i>Tempo médio para que estas atinjam 50% de protrusão (T50)</i>	94
4.4.4	Envolvimento dos OFR na aquisição da longevidade	99
5	CONCLUSÕES	117
	REFERÊNCIAS	119

1 INTRODUÇÃO

Os carboidratos solúveis predominantes em sementes/grãos de soja são a sacarose e os oligossacarídeos da família rafinose (OFR), do tipo rafinose, verbascose e estaquiose (OBENDORF; GÓRECKI, 2012; HOU et al. 2009). A sacarose é uma fonte importante de energia para humanos e animais, entretanto, sabe-se que a presença de OFR para animais monogástricos é indesejável, devido a estes serem incapazes de converter os OFR em energia metabolizável, resultando em baixa eficiência energética (CROMWELL, 2012; KAR-LILIENTHAL et al., 2005). Semelhantemente, em humanos, o consumo do grão resulta em desconforto digestivo (SUAREZ et al., 1999).

O aumento dos teores de sacarose juntamente com a redução ou a eliminação dos OFR nas sementes/grãos de soja é alvo atraente para o mercado da cultura (SEBASTIAN et al., 2000). Por outra perspectiva, os OFR aparentam exercer um papel importante na fisiologia de sementes de soja, sendo sugerido como um dos fatores envolvidos na aquisição dos atributos da qualidade fisiológica de sementes (LIMA et al., 2017; SALVI et. al, 2016). Apesar da variedade de estudos que relacionam o acúmulo de OFR durante o desenvolvimento de sementes soja, a associação destes com a aquisição da qualidade fisiológica destas ainda não é totalmente entendido.

A qualidade fisiológica de sementes é determinada, dentre outros aspectos, pelo seu potencial fisiológico, o qual pode ser definido pela capacidade da semente em realizar suas funções vitais para sua sobrevivência (FINCHSAVAGE; BASSEL, 2016; MUGNOL; EICHELBERGER, 2008). Sementes de alta qualidade fisiológica apresentam maior velocidade de germinação, vigor e longevidade. Desse modo, demonstram estabelecimento superior da cultura, refletindo, portanto, na produtividade da lavoura (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010; SCHUCH et al., 2009).

Genótipos mutantes que expressam o fenótipo para baixo ou ultrabaixo teor de OFR têm sido estudados visando à eficiência da alimentação humana e animal (VALENTINE, et al., 2017; BILYEU; WIEBOLD, 2016), mas as alterações nas constituições genéticas que envolvem a síntese destes açúcares podem alterar todo o padrão de acúmulo destes. Uma das estratégias para a diminuição destes açúcares é por meio da mutação na enzima rafinose sintase (RS) (OBENDORF et al., 2009;

HITZ et al., 2002), que resulta em aumento no teor de sacarose e diminuição nos teores de rafinose, estaquiose e verbascose.

Assim como a qualidade fisiológica, o padrão de acúmulo de açúcares solúveis responde a características genéticas com a interação ambiental, pois em genótipos de soja quando cultivados em ambientes de temperaturas amenas há favorecimento da produção de sacarose em detrimento de OFR (BILYEU; WIEBOLD, 2016). Por outra perspectiva, genótipos mutantes para RS podem apresentar alterações no seu fenótipo apresentando acréscimo na produção de OFR quando produzidos em condições ambientais favoráveis. Até o momento não há um consenso sobre a influência do ambiente no acúmulo desses açúcares (HAGELY; PALMQUIST; BILYEU, 2013).

Genótipos de soja com fenótipo para baixos teores de OFR podem apresentar qualidade fisiológica inferior em suas sementes produzidas, tornando inviável a sua propagação. Quando estes materiais são cultivados em ambientes favoráveis para o acúmulo de açúcares solúveis, as deficiências fisiológicas em suas sementes podem ser atenuadas. Portanto, em função da influência ambiental e genética, a aquisição da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja com alelos distintos de RS pode apresentar variações quando estes são cultivados em diferentes ambientes.

Por isso, é preciso aprofundar as relações dos OFR com as propriedades da qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes condições ambientais para que seja possível o avanço no desenvolvimento de materiais de alta qualidade nutricional, mas com alta qualidade fisiológica de suas sementes.

Neste contexto, objetiva-se o entendimento da contribuição dos oligossacarídeos da família rafinose para a aquisição dos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja.

5 CONCLUSÕES

1) Genótipos com teores baixos e ultrabaixos de OFR apresentam deficiência na aquisição da longevidade, mas não há diferenças na aquisição do vigor, germinação e tolerância a dessecação quando comparados com genótipos com teores normais destes açúcares.

2) A aquisição da qualidade fisiológica em genótipos com alelos distintos para RS2 e/ou RS3 não se distinguem quando cultivados em diferentes condições ambientais, com exceção da longevidade. Ambientes de cultivo favoráveis a aquisição da longevidade diminuem a deficiência da característica observada em genótipos com baixo e ultrabaixos teores de OFR.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-Carioca. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 393-399, 1999.
- ARRUDA, M.H. et al. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com diferentes percentuais de sementes esverdeadas. **Magistra**, Bahia, v. 28, n. 2, p. 194-200, 2016.
- BAILLY, C. et al. Changes in oligosaccharide content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to acquisition of drying tolerance and seed quality. **Journal of experimental botany**, v. 52, n. 357, p. 701-708, 2001.
- BALLESTEROS, D.; WALTERS, C. Detailed characterization of mechanical properties and molecular mobility within dry seed glasses: relevance to the physiology of dry biological systems. **The Plant Journal**, v. 68, n. 4, p. 607–619, 2011.
- BASSO, P. D. **Contribution to the characterization of the acquisition of the emergency vigor during seed maturation**. 2018. 267 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.
- BAUD, S. et al. An integrated overview of seed development in *Arabidopsis thaliana* ecotype WS. **Plant Physiological Biochemistry**, v. 40, p. 151-160, 2002.
- BENTSINK, L.C. et al. Genetic analysis of seed-soluble oligosaccharides in relation to seed storability of *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 124, p. 1595-1604, 2000.
- BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, C. A. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, v. 98, n. 3, p. 1207–1210, 1992.
- BERNARD, R.L.; CREMEENS, C.R. Registration of 'Williams 82' soybean. **Crop Science**, v. 28, n. 6, p. 8, 1988.
- BEWLEY J. D. et al. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013, 408 p.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum press, 1994, 445 p.
- BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 3, p. 1055-1066, 1997.
- BILYEU, K. D.; WIEBOLD, W. J. Environmental Stability of Seed Carbohydrate Profiles in Soybeans Containing Different Alleles of the Raffinose Synthase 2 (RS2) Gene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 5, p. 1071–1078, 2016.

BLACK, M. et al. Water content, raffinose, and dehydrins in the induction of desiccation tolerance in immature wheat embryos. **Plant Physiology**, v. 120, n. 2, p. 463–471, 1999.

BLACKMAN, S. A.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. **Plant Physiology**, v. 100, n. 1, p. 225–230, 1992.

BLÖCHL, A. et al. Enzymatic breakdown of raffinose oligosaccharides in pea seeds. **Planta**, v. 228, n. 1, p. 99–110, 2008.

BLÖCHL, A.; PETERBAUER, T.; RICHTER, A. Inhibition of raffinose oligosaccharide breakdown delays germination of pea seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 8, p. 1093–1096, 2007.

BONETTI, L.P. **Distribuição da soja no mundo: origem histórica e distribuição.** In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed) A soja no Brasil. Campinas: ITAL, 1981.181 p.

BORNHOFEN, E. et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 398 p.

BUITINK, J. et al. Molecular mobility in the cytoplasm: An approach to describe and predict lifespan of dry germplasm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 5, p. 2385–2390, 2000.

BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Glass formation in plant anhydrobiotes: Survival in the dry state. **Cryobiology**, v. 45 n. 3, p. 215-228, 2004.

BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Intracellular glasses and seed survival in the dry state, 2008. **Comptes rendus biologies**, v. 331, n. 10, p. 788-795, 2008.

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

CHATELAIN, E. et al. Temporal profiling of the heat-stable proteome during late maturation of *Medicago truncatula* seeds identifies a restricted subset of late embryogenesis abundant proteins associated with longevity. **Plant, Cell & Environment**, v. 35, n. 8, p. 1440–1455, 2012.

CHENG, X. et al. Dynamic Quantitative Trait Loci Analysis of Seed Reserve Utilization during Three Germination Stages in Rice. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, 2013.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CLERKX, E. J. M. et al. Characterization of green seed, an enhancer of *abi3-1* in *Arabidopsis* that affects seed longevity. **Plant Physiology**, v. 132, n. 2, p. 1077–1084, 2003.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**. Disponível em:

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BoletimZGraosZjunhoZ2018%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BoletimZGraosZjunhoZ2018%20(1).pdf).

Acessado em 27, dez. 2019

CONTRERAS, S.; BENNETT, MA.; METZGER, J.D. Maternal light environment during seed development affects lettuce seed weight, germinability and storability. **Hort Science**, v. 43, p. 845–852. 2008.

COPELAND, L.O.; MC DONALD, M.B. **Principles of Seed Science and Technology** Chapman and Hall. New York. 1995. 181 p.

CROMWELL, G. L. **Soybean Meal – An Exceptional Protein Source**. University of Kentucky. 2012. Disponível: <http://www.soymeal.org/ReviewPapers/SBMExceptionalProteinSource.pdf>. Acessado em 17, jul. 2019.

CROWE, J. H. et al. Stabilization of dry phospholipid bilayers and proteins by sugars. **The Biochemical journal**, v. 242, n. 1, p. 1–10, 1987.

DAPENA, P. et al. Improved resistance to controlled deterioration in transgenic seeds. **Plant Physiology**, v. 142, p. 1102–1112, 2006.

DARGAHI, H.; TANYA, P.; SRINIVES, P. Mapping of the genomic regions controlling seed storability in soybean (*Glycine max* L.). **Journal of Genetics**, v. 93, n. 2, p. 65–370, 2014.

DEBEAUJON, I. et al. Seed coat development and dormancy. **Annual Plant Reviews online** p. 25-49, 2018.

DEKKERS, B. J. W. et al. Acquisition and loss of desiccation tolerance in seeds: from experimental model to biological relevance. **Planta**, v. 241, n. 3, p. 563-577, 2015.

DEKKERS, B. J. W. et al. The *Arabidopsis* DELAY OF GERMINATION 1 gene affects ABSCISIC ACID INSENSITIVE 5 (*ABI5*) expression and genetically interacts with *ABI3* during *Arabidopsis* seed development. **The Plant Journal**, v. 85, n. 4, p. 451–465, 2016.

DIERKING, E. C.; BILYEU, K. D. Raffinose and stachyose metabolism are not required for efficient soybean seed germination. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 12, p. 1329–1335, 2009.

DORNBOS, D.L.; MULLEN, R.E. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, n. 2, p. 373-383, 1991.

DOWNIE, B. et al. Expression of a galactinol synthase gene in tomato seeds is up-regulated before maturation desiccation and again after imbibition whenever radicle protrusion is prevented. **Plant Physiology**, v. 131, n. 3, p. 1347–1359, 2003.

DUCATTI, K.R. **Vigor de sementes de soja: estudos fisiológicos e moleculares relacionados ao déficit hídrico**. 2018, 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

EGERT, A. et al. Evidence for water deficit-induced mass increases of raffinose family oligosaccharides (OFRs) in the leaves of three *Craterostigma* resurrection plant species. **Frontiers in Physiology**, v. 22, n. 6, p. 206, 2015.

EGLI, D.B.; WARDLAW, I.F. Temperature Response of Seed Growth Characteristics of Soybeans 1. **Agronomy Journal, Madison**, v. 72, n. 3, p. 560-564, 1980.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, n. 45, p. 13- 30, 1980.

ELLIS, R. Seed Production Environment, Time of Harvest, and the Potential Longevity of Seeds of Three Cultivars of Rice (*Oryza sativa* L.). **Annals of Botany**, v. 72, n. 6, p. 583–590, 1993.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Towards a rational basis for testing seed quality. **Seed production**, p. 605-635, 1980.

EMBRAPA SOJA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja—região central do Brasil 2012 e 2013**. Embrapa Soja, Londrina, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro nacional de pesquisa em solos, Rio de Janeiro, 2006.

FAIT, A. et al. Arabidopsis seed development and germination is associated with temporally distinct metabolic switches. **Plant Physiology**, v. 142, p. 839-854, 2006.

FARIAS, J.R.; NEPOMUCENO A.L.; NEUMAIER N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**. 2007.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra mundial de Soja**. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>. Acessado em 17, jul. 2018

FINCH-SAVAGE, W. E. et al. Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in *Brassica oleracea*. **Plant Science**, v. 179, p. 582-589, 2010.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **DIACOM - Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja**. Londrina: EMBRAPA CNPSO, Circular Técnica 10, 1992. 22 p.

FRANÇA NETO, J.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.

FRANÇA NETO, J.B. et al. **Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico - Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), Londrina, v. 91, 2012. 15 p.

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica da semente**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), Londrina, v. 9, p. 5-24, 1984.

GANGOLA, M.P. et al. Genotype and growing environment interaction shows a positive correlation between substrates of raffinose family oligosaccharides (OFR) biosynthesis and their accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 20, p. 4943 - 4952, 2013

GAZZONI, D. L. **SOJA E ABELHAS**. EMBRAPA SOJA. 2017. Disponível em: <www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>. Acesso em: 6 jan. 2020.

GIBSON, L.R.; MULLEN, R.E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 6, p. 1615-1619, 1996.

GOLDBERG, R.B.; BARKER, S.J.; PEREZ-GRAU, L. Regulation of gene expression during plant embryogenesis. **Cell**, Cambridge v. 56, n. 2, p. 149-160, 1989.

GUTIERREZ, L. et al. Combined networks regulating seed maturation. **Trends in plant science**, v. 12, n. 7, p. 294-300, 2007.

HAGELY, K. B.; PALMQUIST, D.; BILYEU, K. D. Classification of distinct seed carbohydrate profiles in soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 5, p. 1105–1111, 2013.

HAJDUCH, M. A. Systematic Proteomic Study of Seed Filling in Soybean. Establishment of High-Resolution Two-Dimensional Reference Maps, Expression Profiles, and an Interactive Proteome Database. **Plant physiology**, v. 137, n. 4, p. 1397–1419, 2005.

HE, H. et al. Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 22, p. 6603–6615, 2014.

HITZ, W. D. et al. Biochemical and molecular characterization of a mutation that confers a decreased raffinose and phytic acid phenotype on soybean seeds. **Plant Physiology**, v. 128, n. 2, p. 650–660, 2002.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanism of plant desiccation tolerance. **Trends in plant science**, v. 6, n. 9, p. 431-438, 2001.

HOOD-NIEFER, S.D. et al. Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein and the physicochemical properties of starch

from, field pea and fababean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 141-150, 2012.

HORBOWICZ, M.; OBENDORF, R. L. Seed desiccation tolerance and storability: Dependence on flatulence-producing oligosaccharides and cyclitols—review and survey. **Seed Science Research**, v. 4, n. 4, p. 385-405, 1994.

HOU, A. et al. Sugar variation in soybean seed assessed with a rapid extraction and quantification method. **International Journal of Agronomy**, p. 8, 2009.

HSU, S.H.; HADLEY, H.; HYMOWITZ, T. "Changes in Carbohydrate Contents of Germinating Soybean Seeds". **Crop Science**, v. 13, p. 407-410, 1973.

HUNDERTMARK M. et al. The reduction of seed-specific dehydrins reduces seed longevity in *Arabidopsis thaliana*. **Seed Science**. v. 21, p. 165–173, 2011.

IMAMURA, K. et al. Effects of types of sugar on the stabilization of protein in the dried state. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 92, p. 266-274, 2003.

JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germination? In: Khan, A.A. (Ed.). **The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination**. 2.ed. New York: Elsevier/North Holland Inc, 1980. p.7-28

JOOSEN, R.V.L et al. GERMINATOR: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of *Arabidopsis* seed germination. **The Plant Journal**, v. 62, n. 1, p. 148-159, 2010.

KARR-LILIENTHAL, L. K. et al. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 1, p. 1–12, 2005.

KOCHANEK, J. et al. Pre-zygotic parental environment modulates seed longevity. **Austral Ecology**, v. 35, n. 7, p. 837-848, 2010.

KOSTER, K. L.; LEOPOLD, A. C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant physiology**, v. 88, n. 3, p. 829–32, 1988.

KRANNER, I. et al. Glutathione half-cell reduction potential: a universal stress marker and modulator of programmed cell death. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 40, n. 12, p. 2155–2165, 2006.

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

KUMAR, V. et al. Sucrose and Raffinose Family Oligosaccharides (OFRs) in Soybean Seeds As Influenced by Genotype and Growing Location. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 8, p. 5081–5085, 2010.

LEOPOLD, A. C.; SUN, W. Q.; BERNAL-LUGO, I. The glassy state in seeds: Analysis and function. **Seed Science Research**, v. 4, n. 3, p. 267-274, 1994.

LEPRINCE, O. et al. Late seed maturation: Drying without dying, Oxford University Press. **Journal of experimental botany**, v. 68, n. 4, p. 827-841, 2017.

LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Desiccation tolerance: From genomics to the field. **Plant Science**, v. 179, p. 554–564, 2010.

LI, T. et al. Regulation of seed vigor by manipulation of raffinose family oligosaccharides in maize and *Arabidopsis thaliana*. **Molecular plant**, v. 10, n. 12, p. 1540-1555, 2017.

LIMA, J. J. P. et al. Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, p. 1–25, 2017.

LIMA, J.J.P. **Physiological and molecular studies during acquisition of longevity in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seeds**. 2016, 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LIU, L. et al. Dynamic Quantitative Trait Locus Analysis of Seed Vigor at Three Maturity Stages in Rice. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. e15732, 2014.

MACHADO, L.A.; ASSIS, P.D. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, 2010

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, p. 626 – 627.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, p. 572- 573.

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; França Neto, J.deB. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-20.

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 33-35, 1994b.

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

MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; FRIAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C. Alpha-Galactosides: Antinutritional Factors or Functional Ingredients? **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 4, p. 301–316, 2008.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2 ed. Great Britain. Wheaton & Co. Ltd., Exeter. 1975.

MCABEE, J. M. et al. ABERRANT TESTA SHAPE encodes a KANADI family member, linking polarity determination to separation and growth of Arabidopsis ovule integuments. **The Plant Journal**, v. 46, n. 3, p. 522–531, 2006.

MISSÃO, M.R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Maringá Management: Revista de ciências empresariais**, v. 3, n. 1, p. 7-15, 2006.

MUGNOL, D.; EICHELBERGER, L. **Qualidade de sementes**. Resumos - Passo Fundo: Mostra de Iniciação Científica EMBRAPA Trigo, 2008.

MUNDSTOCK, C.M., THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

NAGEL, M, et al. Genome-wide association mapping and biochemical markers reveal that seed ageing and longevity are intricately affected by genetic background and developmental and environmental conditions in barley. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 6, p. 1011–1022, 2015.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.

NATARAJAN, S. et al. Transgenic soybeans and soybean protein analysis: an overview. **Journal of agricultural and food chemistry**. v. 61, n. 48, 2013.

NEUS, J. D.; FEHR, W. R.; SCHNEBLY, S. R. Agronomic and seed characteristics of soybean with reduced raffinose and stachyose. **Crop Science**, v. 45, n. 2, p. 589–592, 2005.

NICKELL, C.D. et al. Registration of “Jack” Soybean. **Crop Science**, v. 30 n. 6, p. 1365, 1990.

NISHIZAWA-YOKOI, A.; YABUTA, Y.; SHIGEOKA, S. The contribution of carbohydrates including raffinose family oligosaccharides and sugar alcohols to protection of plant cells from oxidative damage. **Plant Signaling and Behavior**, v. 3, n. 11, p. 93-99, 2008.

NKANG, A.; UMHO, E. O. Six month storability of five soybean cultivars as influenced by stage of harvest, storage temperature and relative humidity. **Seed Science and Technology**, v. 25, p. 93–99, 1996.

OBENDORF, R. L. et al. Accumulation of Soluble Carbohydrates during Seed Development and Maturation of Low-Raffinose, Low-Stachyose Soybean. **Crop Science**, v. 49, n. 1, p. 329, 2009.

OBENDORF, R. L. et al. Imbibitional chilling sensitivity and soluble carbohydrate composition of low raffinose, low stachyose soybean seed. **Crop Science**, v. 48, n. 6, p. 2396–2403, 2008.

OBENDORF, R. L.; GÓRECKI, R. J. Soluble carbohydrates in legume seeds. **Seed Science Research**, v. 22, n. 04, p. 219–242, 2012.

OBENDORF, R.L. et al. Soluble oligosaccharides and galactosyl cyclitols in maturing soybean seeds in planta and in vitro. **Crop Science**, v. 38, n. 1, p. 78-84, 1998.

OBENDORF, R.L. Oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seed desiccation tolerance (Review Update). **Seed Science Research**, v. 7, n.2, p. 63-74, 1997.

OGE, L. et al. Protein Repair L-Isoaspartyl Methyltransferase1 Is Involved in Both Seed Longevity and Germination Vigor in Arabidopsis. **The plant cell online**, v. 20, n. 11, p. 3022–3037, 2008.

OKAMOTO, et al. ABA synthesis genes, dormancy, and germination. **Plant Physiology**, v. 141, p. 97-107, 2006.

PERISSATO, S. M. **Interação genótipo ambiente na produtividade, qualidade fisiológica e incidência de sementes verdes em soja (*Glycine Max L.*)** 2019, 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

PERRY, D. A. Seed vigour and field establishment, **Hort. Abst.**, v. 42, p. 334-392, 1972.

PETERBAUER, T.; RICHTER, A. Biochemistry and physiology of raffinose family oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seeds. **Seed Science Research**, v. 11, n. 3, p. 185–197, 2001.

POLLONOCK, B.M.; ROSS, E.E. **Seed and seedling vigor**. In: KOZLOWSKY, T.T. *Seed Biology*, New York, Academic Press, 1972.

POPINIGIS, F. **Effects of the physiological quality of seed on field performance of soybeans (*Glycine max (L.) Merrill*) as affected by population density**. 87f. Thesis. (PhD in Agronomy) - Mississippi State University. 1973.

PRASAD, P.V.V.; JAGADISH, S.V.K. Field crops and the fear of heat stress—opportunities, challenges and future directions. **Procedia Environmental Sciences**, v. 29, p. 36-37, 2015.

PROBERT, R. et al. Seed quality for conservation is critically affected by pre-storage factors. **Australian Journal of Botany**, Darwin, v. 55, n. 3, p. 326-335, 2007.

PROBERT, R. J.; DAWS, M. I.; HAY, F. R. Ecological correlates of ex situ seed longevity: a comparative study on 195 species. **Annals of Botany**, v. 104, n. 1, p. 57-69, 2009.

PUNTEL BASSO, D. et al. Late seed maturation improves the preservation of seedling emergence during storage in soybean 1. **Journal of Seed Science**, n. 2, p. 185–192, 2018.

PUTEH, A.B. et al. Soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 7, n. 10, p. 1472, 2013.

RACKIS, J.J. Oligosaccharides of food legumes: Alpha-galactosidase activity and the flatus problem. **ACS Publications**, p. 207-222, 1975.

RAGHAVAN, V. Induction of vivipary in Arabidopsis by silique culture: implications for seed dormancy and germination. **American journal of Botany**, v. 89, n. 5, p. 766-776, 2002.

RIGHETTI, K. et al. Inference of longevity-related genes from a robust coexpression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense-related pathways. **Plant Cell**, v. 27, n. 10, p. 2692–2708, 2015.

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

ROSNOBLET, C. et al. The regulatory gamma subunit SNF4b of the sucrose non-fermenting-related kinase complex is involved in longevity and stachyose accumulation during maturation of *Medicago truncatula* seeds. **The Plant Journal**, v. 5, n. 11, p. 47-59, 2007.

SÁ, M. E. de. **Importância da adubação nitrogenada na qualidade de sementes**. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Icone, 1994. Cap.4, p.65-98.

SALVI, P. et al. Differentially expressed galactinol synthase (s) in chickpea are implicated in seed vigor and longevity by limiting the age induced ROS accumulation. *Scientific reports*, v.6, n. 35088, 2016.

SANO, N. et al. Staying Alive: Molecular Aspects of Seed Longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660–674, 2016.

SATTLER, S.E. et al. Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. **Plant Cell**, v. 16, p. 1419–1432, 2004.

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 01, p.144-149, 2009.

SCHWEIZER, T.F.; HORMAN, I. Purification and structure determination of three α -D-galactopyranosylcyclitols from soya bean. **Carbohydrate Research**, v. 95, n. 1, p. 61-71, 1981.

SEBASTIAN, S.A. et al. **Soybean germplasm with novel genes for improved digestibility**. In J.K. Drackley (ed.) *Soy in animal nutrition*. Federation of Animal Science Societies, Savoy, IL, 2000. p. 56-73.

SHERMAN-BROYLES, S. et al. The wild side of a major crop: Soybean's perennial cousins from Down Under. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 10, p. 1651–1665, 2014.

SPEARS, J. F.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Temperature during seed filing and soybean seed germination and vigor. **Seed Science and Technology**, v. 25, p. 233-244, 1997.

SUAREZ F.L. et al. Gas production in humans ingesting a soybean flour derived from beans naturally low in oligosaccharides. **The American journal of clinical nutrition**, v. 69, n. 1, p. 135-139, 1999.

SUGLIANI, M. et al. Natural modifiers of seed longevity in the Arabidopsis mutants abscisic acid insensitive3-5 (*abi3-5*) and leafy cotyledon1-3 (*lec1-3*). **New Phytol**, v. 184, p. 898–908, 2009.

TEIXEIRA, R. N. et al. Gene expression profiling of the green seed problem in Soybean. **BMC Plant Biology**, v. 16, n. 1, p. 37, 2016.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acessado em 17, jul. 2019.

VALÁRIO, B.P. **Estudo da tolerância à dessecação e longevidade em sementes de soja (*Glycine max (L.) MERR.*)**. 2016, 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

VALENTINE, M. F. et al. Silencing of Soybean Raffinose Synthase Gene Reduced Raffinose Family Oligosaccharides and Increased True Metabolizable Energy of Poultry Feed. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, n. 16, p. 692, 2017.

VAN DIE, M. D. et al. Soy and soy isoflavones in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **BJU international**, v. 113, n. 5b, 2014.

VANDECASTEELE, C. et al. Quantitative trait loci analysis reveals a correlation between the ratio of sucrose/raffinose family oligosaccharides and seed vigour in *Medicago truncatula*. **Plant, Cell & Environment**, v. 34, n. 9, p. 1473–1487, 2011.

VERDIER, J. et al. A regulatory network-based approach dissects late maturation processes related to the acquisition of desiccation tolerance and longevity of *Medicago truncatula* seeds. **Plant Physiology**, v. 163, n. 2, p. 757-774, 2013.

WALTERS, C.; HILL, L. M.; WHEELER, L. J. Dying while Dry: Kinetics and Mechanisms of Deterioration in Desiccated Organisms. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, n. 5, p. 751–758, 2005.

WEBER, H; BORISJUK, L.; WOBUS, U. Molecular physiology of legume seed development. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, n. 1, p. 253–279, 2005.

WEHMEYER, N.; VIERLING, E. The expression of small heat shock proteins in seeds responds to discrete developmental signals and suggests a general protective role in desiccation tolerance. **Plant Physiology**, v. 122, n. 4, p. 1099–1108, 2000.

WILCOX, J. R.; SHIBLES, R. M. Interrelationships among seed quality attributes in soybean. **Crop Science**, v. 41, n. 1, p. 11–14, 2001.

XIE, L. et al. Identification and fine mapping of quantitative trait loci for seed vigor in germination and seedling establishment in rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 56, n. 8, p. 749–759, 2014.

ZANAKIS, G.N.; ELLIST, R.H.; SUMMERFIELD, R.J. A comparison of changes in vigour among three genotypes of soyabean (*Glycine max*) during seed development and maturation in three temperature regimes. **Experimental agriculture**, Melbourne, v. 30, n. 2, p. 157-170, 1994.

ZINSMEISTER et al. ABI5 is a regulator of seed maturation and longevity in legumes. **The Plant Cell, Rockville**, v. 28, p. 2735-2754, 2016.