

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

RADIAÇÃO UV-C: EFEITO NA REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO FÚNGICA EM
SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS

LETICIA BARBOSA SILVA

CASCAVEL – PR

2021

LETICIA BARBOSA SILVA

**RADIAÇÃO UV-C: EFEITO NA REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO FÚNGICA EM
SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dra. Sílvia Renata Machado Coelho

Coorientador: Clair Aparecida Viecelli

**CASCADEL – PR
2021**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Barbosa Silva, Leticia

Radiação UV-C: Efeito na redução de contaminação fúngica em sementes de soja armazenadas / Leticia Barbosa Silva; orientadora Silvia Renata Machado Coelho; coorientadora Clair Aparecida Viecelli. -- Cascavel, 2021.

61 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2021.

1. Glycine Max (L.). 2. Radiação ultravioleta. 3. Qualidade fisiológica. 4. Descontaminação. I. Machado Coelho, Silvia Renata, orient. II. Viecelli, Clair Aparecida, coorient. III. Título.

LETICIA BARBOSA SILVA

**RADIAÇÃO UV-C: EFEITOS NA REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO FÚNGICA
EM SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Silvia Renata Machado Coelho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel
(UNIOESTE)



Vanderléia Schoeninger
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)



Divair Christ
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel
(UNIOESTE)

Cascavel, 15 de setembro de 2021

BIOGRAFIA

LETICIA BARBOSA SILVA, filha de Luiz Francisco da Silva e Marcia Cristina Barbosa, nasceu em Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, em 17 de fevereiro de 1993. Em dezembro de 2010 concluiu o ensino Médio na Escola Estadual Floriano Viegas Machado, Dourados, MS. Iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, graduando-se em Março de 2019. Durante a graduação desenvolveu atividades de pesquisa e extensão. Em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível Mestrado, na área de Engenharia de Sistemas Biológicos e Agroindustriais, na linha de pesquisa de Tecnologias de produção vegetal e Pós-Colheita.

Ao meu Vôdevar e ao meu pai Luiz Francisco da Silva (*in memoriam*), cujo empenho em me educar sempre veio em primeiro lugar. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Com muita gratidão e saudade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tornar meus objetivos possíveis de serem realizados, e dar suporte nesta caminhada;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, e ao LACON por tornar possível a realização desta pesquisa;

À minha mãe, Marcia Barbosa, pelo apoio, amor, me dando forças sempre para continuar em busca do melhor, e estar comigo em todos os momentos;

À minha amada Vórcy, Iracy Brigatti, por todo o amor, pelo caráter formado, as conversas, os ensinamentos, e por acreditar em mim;

À minha orientadora Dra. Silvia Renata Machado Coelho, por toda a paciência, os ensinamentos e por acreditar no meu potencial para a realização deste trabalho;

À aluna de iniciação científica e amiga Maryanne Fontequê, que além de me ajudar nesta pesquisa, nas atividades de laboratório, foi uma peça fundamental para que ele tomasse forma;

Aos amigos especiais nessa jornada: André Andrade, Andressa Rosa, Thays Araújo e meu namorado e parceiro dessa jornada Obonyo Meireles da Guerra. Por me ouvirem e me dar forças para seguir em frente;

Enfim, obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho, e em mais uma etapa em minha vida.

Obrigada.

RADIAÇÃO UV-C: EFEITO NA REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO FÚNGICA EM SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS

RESUMO

A soja *Glycine max* (L.) tem grande importância no cenário econômico do Brasil, onde predomina o clima tropical e subtropical, sendo que a falta de controle de umidade e temperatura durante o armazenamento favorecem a atividade microbiológica, a qual interfere diretamente na qualidade fisiológica da semente. A radiação ultravioleta vem sendo utilizada como tecnologia emergente no controle de microrganismos, reduzindo a taxa de contaminação, ou promovendo esterilização do produto, com sua máxima efetividade no comprimento de onda de 260 μm . O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de radiação ultravioleta UV-C em sementes de soja em função do tempo e intensidade da radiação, e da espessura da camada de grãos, a fim de reduzir a contaminação por microrganismos sem afetar a qualidade fisiológica do produto. Foi observado que a aplicação de radiação UVC com intensidade de 2400 em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ por 30 min acarretou redução na contaminação de *Aspergillus flavus* e *Penicillium* ssp, a qual continuou reduzida após armazenamento. O baixo poder de penetração da radiação UV-C, em camadas menores com altura de 2 cm, influenciou positivamente na germinação e porcentagem de contaminação, contrapondo as análises de comprimento radicular e índice de velocidade de emergência, em que quanto maior a camada de semente, ou seja, alturas de 4 cm, melhores os resultados para estes fatores. Não se observou perda da qualidade fisiológica nos parâmetros testados e ainda se obtiveram indicativos de melhoria na germinação e vigor das sementes, confirmando que radiação UV-C é uma tecnologia com potencial para redução fúngica de sementes de soja, sendo tempo de exposição e intensidade de radiação os parâmetros que lhe afetam.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.); radiação ultravioleta; qualidade fisiológica; descontaminação.

UV-C RADIATION: EFFECT IN REDUCING FUNGIC CONTAMINATION IN STORED SOY SEEDS

ABSTRACT

The Soybean *Glycine max* (L.) has great importance in Brazil's economic scenario, where the tropical and subtropical climates are predominant, considering that the lack of humidity and temperature control during storage favors microbiological activity, which directly interferes with the physiological quality of the seed. Ultraviolet radiation has been used as an emerging technology in the control of microorganisms, reducing the rate of contamination, or promoting product sterilization, with its maximum effectiveness at a wavelength of 260µm. The objective of this research was to evaluate the application of ultraviolet radiation UV-C in soybean seeds regarding time and radiation intensity, considering the seeds' layer, intending to reduce contamination without affecting the product's physiological quality. It was observed that the application with an intensity of 2400 in µW/cm² for 30 min, resulted in a significant reduction in the contamination of *Aspergillus flavus* and *Penicillium* ssp, which remained reduced after storage. The UV-C's low penetration capacity has positively influenced the germination and contamination percentage, as a counterpoint to the radicular length analysis and the emergency velocity index, in which the greater the seed layer, i.e., thicker than 4 cm, the better the results. There was no loss of physiological quality in the tested parameters and indications of improvement in seed germination and vigor were obtained, confirming that UV-C radiation is a technology with potential for fungal reduction of soybean seeds, with exposure time and radiation intensity the factors that affect it.

Key words: *Glycine max* (L.); ultraviolet radiation; physiological quality; decontamination.

SUMÁRIO

RESUMO	X
ABSTRACT	XI
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Características gerais da cultura da soja	17
3.2 Produção de semente.....	17
3.3 Armazenamento	19
3.4 Qualidade da semente no armazenamento.....	20
3.4.1 Deterioração Microbiológica.....	20
3.4.2 Deterioração fisiológica.....	21
3.5 Luz ultravioleta.....	23
3.5.1 Mecanismos de funcionamento.....	24
3.5.2 Efeitos da luz UV	24
3.5.3 Aplicação em produtos agrícolas	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Caracterização dos grãos de soja controle	28
4.2 Equipamento de radiação UV- C.....	28
4.3 Planejamento experimental – Delineamento composto central (DCC 2 ³)	29
4.4 Análises de qualidade realizadas após o planejamento DCC2 ³	29
4.4.1 Porcentagem de sementes contaminadas	30
4.4.2 Germinação	30
4.4.3 Condutividade Elétrica	30
4.4.4 Índice de Velocidade de emergência	31
4.5 Armazenamento das sementes.....	31
4.5 Estatística	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Caracterização inicial do produto	32

5.2 Resultados após a exposição à radiação ultravioleta curta (UV-C) e após o armazenamento.....	32
5.3 Resultados relativos ao planejamento DCC 2 ³ , após a exposição à radiação ultravioleta curta (UV-C) nas sementes após colheita.....	34
5.3.1 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja	34
5.3.2 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de soja.....	36
5.3.3 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas mortas de soja	38
5.3.4 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja.....	39
5.3.5 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja.....	40
5.3.6 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o índice de velocidade de emergência de sementes de soja.....	40
5.3.7 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja.....	42
5.3.8 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de contaminação fúngica das sementes de soja.....	42
5.4 Avaliação das sementes de soja irradiadas com UVC após o armazenamento por 30 dias	45
5.4.1 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja armazenadas.....	45
5.4.2 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de soja	45
5.4.3 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas mortas de soja.....	46
5.4.4 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja	46
5.4.5 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja	47
5.4.6 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o índice de velocidade de emergência das sementes de soja armazenadas	48

5.4.7 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja armazenadas	50
5.3.8 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de contaminação fúngica das sementes de soja.....	50
6 CONCLUSÃO.....	53
7 REFERÊNCIAS	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características da luz UV	23
Tabela 2	Níveis dos Fatores do Delineamento composto centro rotacional e seus respectivos valores reais	29
Tabela 3	Planejamento estatístico com os valores codificados e reais dos fatores utilizados na exposição das sementes pela radiação UV-C.....	29
Tabela 4	Caracterização das sementes de soja sem aplicação da UV-C (controle)	32
Tabela 5	Valores médios dos parâmetros para germinação (G), plântulas anormais, plântulas mortas (PA), comprimento radicular (CR) e comprimento aéreo (CA) de plântulas de soja irradiadas após colheita (I) e armazenadas após 30 dias (A)	33
Tabela 6	Valores médios dos parâmetros para índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica e porcentagem de contaminação das sementes de soja irradiadas após colheita (I) e armazenadas após 30 dias (A).....	34
Tabela 7	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a resposta germinação das sementes de soja após a radiação UV-C	35
Tabela 8	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para a porcentagem de germinação das sementes após a radiação	35
Tabela 9	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a porcentagem de plântulas anormais de soja após a radiação UV-C.....	37
Tabela 10	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo da porcentagem de plântulas anormais após a radiação.....	37
Tabela 11	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para porcentagem de plântulas mortas de soja após a radiação UV-C	38
Tabela 12	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja após a radiação UV-C	39
Tabela 13	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o comprimento do sistema radicular das sementes de soja armazenadas após a irradiação	39
Tabela 14	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja após a radiação UV-C	40
Tabela 15	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para resposta de índice de velocidade de emergência de sementes soja após a radiação UV-C.....	41
Tabela 16	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o índice de velocidade de emergência das sementes após a radiação	41

Tabela 17	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para resposta de condutividade elétrica de sementes de soja após a radiação UV-C.....	42
Tabela 18	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a porcentagem de contaminação das sementes de soja após a radiação UV-C	43
Tabela 19	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para a porcentagem de contaminação fúngica nas sementes de soja após a radiação.....	43
Tabela 20	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a resposta germinação após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C.....	45
Tabela 21	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a porcentagem de plântulas anormais após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C.....	46
Tabela 22	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a porcentagem de plântulas mortas após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C.....	46
Tabela 23	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para o comprimento do sistema radicular após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C	47
Tabela 24	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o comprimento do sistema radicular das sementes de soja armazenadas após a irradiação	47
Tabela 25	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para o comprimento do sistema aéreo das plântulas após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C.....	48
Tabela 26	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a resposta índice de velocidade de emergência após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C	48
Tabela 27	Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o índice de velocidade de emergência das sementes de soja de soja armazenadas após a irradiação .	49
Tabela 28	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a resposta da condutividade elétrica após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C	50
Tabela 29	Efeitos das interações do planejamento DCC 2 ³ para a resposta da porcentagem de contaminação após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C	50
Tabela 30	Resumo da análise de variância para a porcentagem de contaminação das sementes de soja armazenadas após a irradiação	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mecanismo da radiação UV-C	25
Figura 2	Disposição das lâmpadas do equipamento UV-C	28
Figura 3	Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro de germinação (%), em função dos fatores Intensidade de radiação e camadas de grãos.	36
Figura 4	Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro porcentagem de plântulas normais, em função da interação Tempo de exposição x intensidade de radiação	Erro! Indicador não definido.
Figura 5	Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro índice de velocidade de emergência, em função da interação Tempo de exposição x Camada de grãos.	41
Figura 6	Aspecto visual da porcentagem de contaminação das sementes de soja, após a realização dos 11 ensaios do planejamento composto central (DCC2 ³).....	44
Figura 7	Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro índice de velocidade de emergência, em função da intensidade de radiação e da interação entre intensidade de exposição x camada de grãos	49
Figura 8	Aspecto visual do efeito latente da porcentagem de contaminação das sementes de soja, após a realização dos 11 ensaios do planejamento composto central (DCC2 ³).....	51

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é considerada uma das principais culturas agrícolas no mundo e movimenta grande parte do agronegócio brasileiro. Mesmo com números expressivos, a produtividade e a distribuição espacial da cultura da soja são severamente limitadas pelas restrições impostas por fatores bióticos e abióticos aos quais as plantas estão expostas. Dentre eles, um dos mais importantes é a utilização de sementes de qualidade, que geram plantas de alto vigor e proporcionam desenvolvimento superior no campo. A qualidade de sementes de soja é composta por quatro pilares: qualidade fisiológica, genética, sanitária e física.

Segundo Goulart (2005), a contaminação microbiana em sementes causa de perdas e prejuízos diretos da ordem de 10 a 20% no Brasil, o que leva à redução de 8 milhões de toneladas a 16 milhões de toneladas de grãos por ano. A ocorrência de fungos em sementes de soja tem sido relatada em diversos países do mundo, sendo mais de 35 espécies de fungos transmitidos pelas sementes dessa leguminosa.

Para preservação da sua qualidade sanitária e fisiológica, o armazenamento adequado em sementes de soja desempenha um papel muito importante, pois possibilita conservá-las por maior período. A taxa de deterioração das sementes no armazenamento é afetada, principalmente, pela interação da temperatura e da umidade, podendo ocorrer perdas significativas na qualidade dos produtos por ação de fungos, pois estes utilizam nutrientes presentes na semente para o seu crescimento e reprodução.

A implantação da lavoura de soja com semente de alta qualidade requer tratamento da semente com a mistura de fungicidas de contato e sistêmico, visando reduzir expressivamente o risco de ressemeadura (KRZYZANOWSKI et al., 2018). Embora esses métodos possam promover a germinação em certa medida, eles produzem resíduos químicos, o que demanda, por parte da pesquisa, soluções alternativas, indicando sua importância no intuito de reduzir a utilização de agroquímicos (MERTZ et al., 2009).

A taxa de redução microbiana com a luz UV-C vem se mostrando eficiente para descontaminação ou esterilização de produtos; por esse motivo, há interesse no crescente uso desse método físico para descontaminação. A exposição à radiação ultravioleta curta não gera resíduos químicos no produto. Sua eficiência é muito dependente da aplicação de baixa intensidade por longo tempo ou alta intensidade por tempo curto, além do tipo de material biológico a ser submetido à radiação por apresentarem diferentes composições e alterarem a capacidade de penetração desse comprimento de onda – o que indica a necessidade de desenvolvimento de pesquisas para balizar a utilização correta dessa nova tecnologia, avaliando a aplicação de radiação ultravioleta UV-C em sementes de soja sob diferentes

intensidades luminosas, tempos e alturas de camadas de sementes, reduzindo a taxa de patógenos, garantindo a qualidade fisiológica das sementes.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os parâmetros de aplicação de radiação ultravioleta UV-C em sementes de soja, na redução de contaminação microbiológica.

2.2 Específicos

- a) Analisar, a partir de sementes de soja contaminadas naturalmente, a redução de microrganismos após a aplicação de luz ultravioleta UV-C em diferentes intensidades luminosas, tempos de aplicação e alturas de camadas;
- b) Analisar a qualidade fisiológica da semente após a aplicação da radiação por meio das seguintes avaliações: germinação; condutividade elétrica; e Índice de Velocidade de Emergência, verificando efeitos imediatos e latentes da aplicação UV-C.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características gerais da cultura da soja

A soja *Glycine max* (L.) é originária do continente asiático, mais especificamente da China, e é uma das culturas mais importantes na economia mundial. Seus grãos são altamente utilizados pela agroindústria, na produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal, na indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (FONTANA et al., 2018).

O Brasil possui significativa participação na oferta e na demanda de produtos do complexo agroindustrial da soja, em nível mundial, desempenhando papel fundamental para o crescimento de várias regiões do país. A soja apresentou uma elevação de 11,1 milhões de toneladas na produção na safra 2020/2021. Desta forma, o Brasil se mantém como maior produtor mundial da oleaginosa, com uma colheita recorde de 135,9 milhões de toneladas. (CONAB, 2021).

A soja tornou-se um dos cultivos mais importantes nas últimas décadas, desempenhando papel-chave na segurança alimentar mundial. Com a soja se produz mais proteína por hectare do que qualquer outro grande cultivo.

O estado do Mato Grosso é o principal produtor, com produção de 32,455 milhões de toneladas, seguido do Paraná, com 16,253 milhões de toneladas, representando 27,2% da produção, Rio Grande do Sul, com 14,4% (17,15 milhões de toneladas), e Goiás, com 9,9% (11,78 milhões de toneladas) (CONAB, 2019).

Os programas de melhoramento genético de soja têm desenvolvido cultivares com base nas demandas de mercado. O foco tem se concentrado na obtenção de cultivares mais produtivas, que expressem resistência e/ou tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como seleção por demanda específica, como alto teor de óleo, proteínas ou com ausência de lipoxigenases, resultando em melhor sabor (SANTOS et al., 2018).

3.2 Produção de semente

Estresses climáticos e nutricionais, frequentemente associados com danos causados por insetos e por microrganismos, são considerados como as principais causas da deterioração da semente no campo.

A deterioração por umidade que ocorre após a maturação fisiológica é um dos fatores que mais afetam a qualidade da semente de soja. Além das consequências diretas na qualidade da semente, a deterioração por umidade pode resultar em maior índice de danos

mecânicos na colheita, uma vez que a semente deteriorada é extremamente vulnerável aos impactos mecânicos, além de aumentar a susceptibilidade a doenças (FRANÇA NETO et al., 2010).

A exposição das sementes de soja a ciclos com precipitação prolongada e contínua promove o crescimento de fungos de campo, como *Phomopsis spp.*, *Fusarium spp.*, *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum*, que, ao infectar a semente, se propagam rapidamente e reduzem o rendimento e sua qualidade, pois contribuem para redução do vigor e da germinação (DENG et al., 2015b; HENNING, 2005). Contudo, diversas práticas podem ser utilizadas para diminuir as consequências da deterioração no campo.

A colheita deve ser feita no momento adequado, evitando-se retardamentos, pois resultarão em reduções de germinação e vigor e no aumento nos índices de infecção da semente por fungos de campo (COSTA et al., 1983). Esta operação poderá ser antecipada, caso o produtor tenha amplos conhecimentos das regulagens do sistema de trilha, para evitar a ocorrência de danos mecânicos latentes.

O mesmo se dá em relação à utilização de épocas de semeadura apropriadas para a produção de semente, pois em regiões tropicais e subtropicais, para a produção de grão, a data de semeadura deve ser ajustada para a obtenção de máximas produtividades. Entretanto, para a produção da semente, o fator qualidade tem prioridade sobre o fator produtividade, e os melhores períodos de semeadura ocorrem entre meados de novembro e meados de dezembro. Quando a semeadura é realizada antes dessa época, a fase de maturação tende a coincidir com períodos de umidade elevada, devido à ocorrência de chuvas, associados com altas temperaturas, acarretando problemas de baixa germinação (EMBRAPA, 2016).

É imprescindível o isolamento entre campos de produção de semente e a limpeza completa das máquinas colhedoras e carretas transportadoras. Quando da troca de cultivares, é importante efetuar uma limpeza completa em todos os componentes da colhedora. A colheita mecanizada pode ser uma fonte de sérios problemas de danos mecânicos. A colheita de semente seca, ou seja, aquela com conteúdo de água abaixo de 12%, poderá resultar na ocorrência de danos mecânicos imediatos, caracterizados por fissuras, rachaduras e quebras. Semente colhida com conteúdo de água acima de 14% é mais suscetível aos danos mecânicos latentes, caracterizados por amassamentos e abrasões (FRANÇA NETO et al., 2010).

Aplicação de fungicidas foliares para o controle de doenças pode resultar em ganhos de produtividade e de qualidade da semente, principalmente em anos e em regiões em que ocorram condições climáticas mais úmidas. Essa prática é usada para o controle da ferrugem da soja (FRANÇA NETO et al., 1993).

Da mesma forma, o uso de defensivos agrícolas no tratamento de sementes, que confere à planta condições de defesa, possibilita maior potencial para o desenvolvimento inicial da cultura, sendo essa uma prática amplamente adotada e que se mostra eficiente (CECCON et al., 2004). O tratamento de sementes é usado principalmente com a finalidade de permitir a germinação de sementes infectadas, controlar patógenos transmitidos pela semente e proteger as sementes dos fungos do solo, além de reduzir a possibilidade de introdução de patógenos em áreas indenes vulneráveis (HENNING et al., 1994).

Entretanto, determinados produtos com ação fungicida podem exercer efeito tóxico sobre as sementes de soja (GIANASI et al., 2000), ou mesmo interferir na germinação e no vigor (PEREIRA et al., 2009). Essa eficiência do tratamento para controle dos patógenos nas sementes de soja depende dos fungicidas aplicados (GOULART et al., 2000).

Desta forma, alguns dos problemas associados à utilização de produtos químicos para o controle de doenças em plantas incluem frequentes falhas no controle devido à aquisição de resistência por parte dos fitopatógenos, contaminação ambiental, sua toxicidade entre outros. Em função destas preocupações há um incentivo para que pesquisadores e produtores busquem novos caminhos para o controle de patógenos nas mais diferentes culturas (VENZON et al., 2006).

3.3 Armazenamento

O clima tropical e subtropical predominante no Brasil condiciona a necessidade de cuidados na preservação da qualidade das sementes, pois esta deve ser mantida até o momento ideal para levá-los a campo (GALLI et al., 2007). Dessa forma, o armazenamento é uma etapa em que a taxa e a intensidade do processo de deterioração devem ser reduzidas para manter a qualidade inicial dos lotes.

As sementes são geralmente armazenadas em Unidade de Beneficiamento de sementes (UBS), onde são realizadas várias operações unitárias: recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação e armazenamento (CARVALHO, 2000).

A armazenabilidade das sementes é influenciada tanto pela qualidade inicial dos lotes quanto pelas condições de armazenamento (CATÃO et al., 2010). No entanto, condições ideais de armazenamento podem favorecer a sobrevivência de vários patógenos, incluindo fungos do gênero *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* e *Fusarium spp.* (SILVA et al., 2007).

Segundo Harrington (1972), para conservação da semente, é necessário reduzir a sua respiração, principalmente controlando a umidade e a temperatura durante o armazenamento, pois esses fatores têm o papel de propiciar condições adequadas para a manutenção da qualidade fisiológica. No caso da não-manutenção, ocorre a deterioração da

semente, o que envolve uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e físicas que eventualmente causam a inviabilidade desta (FERREIRA, 2004).

Segundo Baudet (2003), o armazenamento de sementes em condições controladas de umidade relativa do ar e temperatura permite conservá-las por um maior período de tempo. Christensen e Kaufmann (1972) mostraram a influência da temperatura e do grau de umidade na germinação, quando expostos a diferentes condições ambientais em determinado período de tempo, tem ligação direta com qualidade fisiológica.

Existe correlação entre teor de água e temperatura da semente, no consumo de matéria seca pelos fungos de armazenamento, na qual o maior consumo ocorre às temperaturas e teores de água mais elevados, pois permitem maior crescimento fúngico, fazendo com que as perdas sejam irreversíveis (LAZZARI, 1997).

Além da temperatura, da umidade relativa do ar do armazém e do teor de água na semente, a manutenção da qualidade das sementes em armazenamento também é influenciada por diferenças entre genótipos quanto ao nível de germinação e de vigor ao longo do armazenamento (MARTINS-FILHO et al., 2001).

Timóteo e Marcos Filho (2013) constataram que o potencial de armazenamento é variável, conforme o genótipo, e que a associação entre germinação e vigor permite avaliar tal parâmetro com segurança.

3.4 Qualidade da semente no armazenamento

3.4.1 Deterioração Microbiológica

No armazenamento, a deterioração pode ocorrer pela ação específica dos fungos, afetando a qualidade fisiológica das sementes (MEDEIROS et al., 2016). As sementes são consideradas um meio eficiente de sobrevivência e disseminação de patógenos, que são responsáveis por inúmeras doenças de importância econômica, pois causam descarte de lotes (SANTOS et al., 2016).

Fungos que atacam as sementes pertencem basicamente a duas categorias: fungos de campo ou de armazenamento (CHRISTENSEN; KAUFMANN, 1965). Fungos de campo usualmente permanecem quiescentes durante o armazenamento da semente. Os fungos de armazenamento, como o nome diz, afetam as sementes armazenadas, pois são capazes de crescer sob condições relativamente secas, nas quais os fungos de campo não conseguem crescer (GALLI et al., 2007).

A maior parte dos fungos patogênicos associados à soja tem nas sementes portadoras veículo de introdução e disseminação em novas áreas de produção, favorecendo o avanço de doenças no campo (OLIVEIRA et al., 2013).

As principais alterações relacionadas ao processo de deterioração por fungos patogênicos em sementes são a redução da atividade respiratória, a degradação e a inativação de enzimas (COPELAND, 2001).

O armazenamento em condições adversas e com ataque de patógenos leva à perda da qualidade fisiológica das sementes, reduzindo a germinação e o vigor dos lotes. Os fungos são considerados os mais importantes entre os patógenos, devido ao maior número de espécies e aos danos causados no rendimento e na qualidade das sementes.

Segundo Wilson Jr. (1994), a deterioração das sementes no armazenamento é um fenômeno cumulativo. A deterioração provoca danos às sementes, que poderão ou não ser expressos imediatamente, nas gerações subsequentes (BASU, 1994).

A qualidade fisiológica inicial da semente é determinante na manutenção da germinação e do vigor durante o armazenamento (SALINAS et al., 1996). Além da qualidade inicial da semente e das condições de armazenamento, que interferem na longevidade da semente, diferentes espécies apresentam comportamento distinto no armazenamento. Tekrony et al. (1993) identificaram que a germinação de sementes de soja decresceu mais rapidamente no armazenamento do que as sementes de outras espécies que produzem grãos.

Outra diferença no comportamento das sementes durante o armazenamento é atribuída, por Tekrony et al. (1987) e Basu (1994), às diferenças genéticas entre cultivares. Este último autor complementa ainda que, quando as condições de armazenamento são favoráveis e as diferenças genéticas entre cultivares não se manifestam, estas apresentam o mesmo comportamento.

3.4.2 Deterioração fisiológica

Devido à importância no contexto do agronegócio e da economia brasileira, a avaliação dos efeitos do potencial fisiológico das sementes de soja sobre o estabelecimento e o desempenho de plântulas em condições de campo é extremamente relevante (SCHUCH et al., 2009).

Sementes cuja viabilidade é reduzida são suscetíveis ao ataque de fungos e, portanto, mais suscetíveis ao processo de deterioração. As modificações químicas que ocorrem nas sementes durante a armazenagem são muito lentas e, às vezes, até insignificantes, em baixas temperaturas (SILVA et al., 2000).

O armazenamento deve ser conduzido de maneira a reduzir ao máximo as reações bioquímicas que provocam a perda da qualidade fisiológica, sendo que o menor potencial de armazenamento conduz à maior deterioração de sementes, ao decréscimo na porcentagem de germinação e ao aumento na incidência de plântulas anormais, conforme afirmaram Delouche e Baskin (1973).

A deterioração da semente é um processo irreversível, não se pode impedi-la, mas é possível retardar sua velocidade por meio do manejo correto e eficiente das condições ambientais durante o armazenamento (BAUDET, 2003).

A taxa de deterioração depende da atividade das variáveis bióticas, a qual é afetada, principalmente, pela interação da temperatura e umidade. É baixa no início, porém, quando combinações favoráveis dessas variáveis são estabelecidas e o período de armazenagem é prolongado, podem ocorrer perdas significativas na qualidade dos produtos. A deterioração da semente é, portanto, resultante da ação de microrganismos, insetos, ácaros, etc., que utilizam nutrientes presentes na semente para o seu crescimento e reprodução (D'ARCE, 2006).

Sementes com danos mecânicos apresentam taxa respiratória mais acelerada, o que leva a maiores alterações no produto durante o armazenamento (AGUILERA; RIVERA, 1992).

A ocorrência de condições climáticas desfavoráveis como chuvas e altas temperaturas durante as fases de maturação e colheita afetam, além da qualidade fisiológica, a sanidade das sementes (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

Os eventos que caracterizam o processo de deterioração são: degradação de membranas celulares, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, lentidão do processo de germinação, decréscimo na taxa de crescimento e de desenvolvimento, menor uniformidade de emergência, redução da emergência das plântulas no campo, aumento da ocorrência de plântulas anormais e, finalmente, perda da capacidade germinativa (DELOUCHE, 1969; DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Porém, pouco se estudou sobre efeitos de novas tecnologias de conservação de sementes nos seus processos fisiológicos, mas estudos nesse campo vêm aumentando.

Um tratamento que vem sendo estudado é a aplicação de luz UV-C. De acordo com Aboul Fotouh (2014), a exposição de sementes de feijão verde ao UV-C aumentou sua tolerância ao estresse salino via ativação do sistema antioxidante e acúmulo de prolina nas folhas e raízes, porém esse efeito variou entre as doses aplicadas. Em seguida, serão discutidas as particularidades da luz UV-C.

3.5 Luz ultravioleta

A radiação ultravioleta foi descoberta em 1801, pelo cientista alemão Johan Ritter, que percebeu uma forma invisível de luz além do violeta capaz de oxidar haletos de prata, chamada de luz ultravioleta no fim do século XIX (BALL, 2007). Esta ocupa ampla faixa de comprimento de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre os raios X (100 μm) e a luz visível (400 μm) (BINTSIS; LITOPULOU; ROBINSON, 2000), cujas subdivisões constam na Tabela 1.

Tabela 1 Características da luz UV

Tipo	Comprimento de onda	Varição do comprimento de onda	Características
UV-A	Longo	320-400 μm	Alterações na pele humana (bronzamento)
UV-B	Médio	280-320 μm	Queimadura da pele (câncer)
UV-C	Curto	200-280 μm	Faixa germicida (microrganismos)
UV-V		100-200 μm	Região de UV de vácuo

Expressa-se a intensidade da radiação UV como irradiância ou intensidade de fluxo (W/m^2). A dose é uma função da intensidade e do tempo de exposição, sendo expressa como exposição radiante (J/m^2) (GIESE, 1964).

A luz UV emitida por uma fonte é expressa em watts (W) e a densidade de irradiação é expressa em watts por metro quadrado (W/m^2). Para a ação germicida, a dose é importante. A dose é a densidade de irradiação multiplicada pelo tempo (t) expressa em segundos e em joules por metro quadrado ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$). (1 joule é $1\text{W}\cdot\text{s}^{-1}$) (PHILLIPS, 2006).

O processamento térmico é considerado o tratamento mais eficiente para controle microbiano em alimentos, já que pode resultar na esterilização. Porém, não é aplicável para alguns produtos. Por esse motivo a existência de interesse do crescente uso de outros métodos físicos para descontaminação, seja na superfície de sólidos ou no volume de líquidos. Alguns processos não térmicos vêm sendo aplicados sem causar os efeitos adversos do uso do calor. Um desses processos é a irradiação de alimentos com luz Ultravioleta de Ondas Curtas (UV-C), que vem sendo bastante estudada por sua eficiência na inativação microbiológica em água e superfície de diversos materiais.

Os primeiros equipamentos comerciais de UV foram desenvolvidos para as indústrias farmacêuticas e de aquicultura em razão de não utilizarem substâncias químicas para a descontaminação. Posteriormente, surgiu o interesse em utilizar esses equipamentos nas indústrias de alimentos e bebidas (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005).

O tratamento com radiação UV, processo a seco e a frio, é simples e eficaz. Pode ser considerado de baixo custo, como descrito por Guerrero-Beltran e Barbosa-Cánovas

(2004), quando comparado com outros métodos de esterilização. Porém, a limitação principal dessa tecnologia envolve o baixo grau de penetração, que atrapalha o alcance da radiação por toda a carga microbiana existente.

Nos Estados Unidos, a tecnologia de irradiação por UV é aplicada desde 1930 em superfícies e no ar, em ambientes estéreis, como hospitais. Posteriormente, foi adaptada para a esterilização de embalagens no sistema Ultra High Temperature (UHT), como cartões para produtos líquidos, tampas de garrafas de polietileno de alta densidade, embalagens de iogurte, copos plásticos e tampas de alumínio, além de superfícies de frutas e hortaliças para aumentar a resistência dos tecidos a microrganismos deterioradores (BINTSIS et al., 2000).

3.5.1 Mecanismos de funcionamento

A luz UV, emitida pela lâmpada contida num tubo de quartzo, atravessa esse tubo e a radiação atinge os microrganismos que estão no ar ou líquido em torno da lâmpada (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005)

A radiação produzida pela lâmpada UV-C que incide durante certo tempo no material é capaz de diminuir a carga microbiana em alimentos líquidos (como sucos e cidra), inativar enzimas de frutas e vegetais minimamente processados e esterilizar superfícies de equipamentos de processamento e embalagens (GONZALEZ-AGUILAR; WANG; BUTA, 2004).

É necessário levar em conta o fato de que esporos de microrganismos apresentam elevada resistência ao UV, e que dose muito alta pode favorecer seu crescimento ao invés de inibi-lo. A radiação UV-C apresenta como uma das maiores desvantagens seu baixo poder de penetração. Para a inativação dos microrganismos, estes devem ser expostos diretamente à radiação, ou seja, não devem estar protegidos por sólidos (partículas de pó). Por outro lado, essa baixa penetração de UV-C em sólidos também o torna adequado para a descontaminação de superfícies (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005).

A taxa de redução microbiana com a luz UV-C é muito dependente da aplicação de baixa intensidade por longo tempo ou alta intensidade por tempo curto. Devido à variedade de famílias de microrganismos, os níveis da dose da descontaminação podem variar de acordo com o efeito final desejado para cada produto (MONDARO, 2015).

3.5.2 Efeitos da luz UV

Os efeitos biológicos da radiação UV decorrem da excitação e não da ionização de moléculas (KAREL; LUND, 2003). A energia, meio germicida, não fornece radioatividade residual como a radiação ionizante (radiação gama).

No comprimento de onda germicida, a radiação UV-C como mostrado na Figura 1, é suficiente para causar deslocamento físico de elétrons e quebrar as ligações do ácido desoxirribonucleico (DNA) dos microrganismos. Isso modifica sua reprodução e metabolismo, ou seja, a injúria aos sistemas de reprodução das células as levam à morte (GUERRERO-BELTRÁN; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

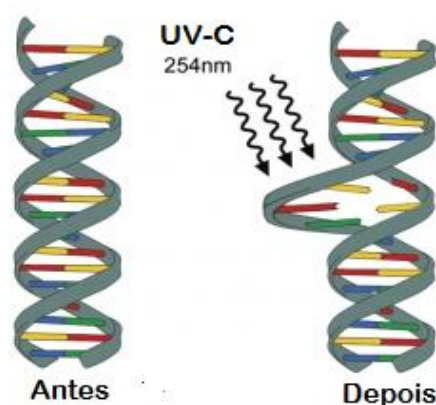


Figura 1 Mecanismo da radiação UV-C.
Fonte: <https://www.aquafides.at/en/uvc-disinfection/>.

Baseado na ação da luz UV-C de alta energia, com o pico sendo alcançado no comprimento de onda de 260 nm, o DNA dos microrganismos é danificado pela alta energia da radiação UV-C, que efetivamente inativa os microrganismos, danificando o material genético no núcleo da célula ou os ácidos nucleicos (CHANG, 1985).

A radiação UV apresenta baixo comprimento de onda e intensa energia, assim como a energia de uma ligação química e a de um fóton, capaz de provocar sérias consequências fisiológicas como, por exemplo, a inativação do DNA, que é vital às funções metabólicas e reprodutivas de microrganismos (BALL, 2007).

O dano induzido pela luz no DNA e no RNA de um microrganismo geralmente resulta da dimerização das moléculas de pirimidina. Em particular, a timina produz dímeros de ciclobutano. Quando as moléculas de timina são dimerizadas, causam mau funcionamento na replicação celular e levar à morte celular (DAI et al., 2012).

A radiação UV-C não gera resíduos químicos ou subprodutos indesejáveis e não causa alterações sensoriais (CHANG et al., 1985). Devido a seu baixo grau de penetração é mais eficiente sobre superfícies ou materiais transparentes, como ar, água e polietileno. A aplicação deve ser feita diretamente sobre o alvo (BACHMANN, 1975).

Os comprimentos de onda mais eficazes na região ultravioleta para a eliminação de microrganismos situam-se a aproximadamente 260 nm, que é a região específica em que são

absorvidos pelo DNA celular. Como a composição de DNA varia entre espécies, considera-se que o pico de absorção de UV-C encontra-se na faixa de 260 a 265 nm, fica dessa forma bastante próximo ao principal comprimento de onda de emissão de lâmpadas de mercúrio de baixa pressão e da maior eficiência dessa fonte de luz na inativação de microrganismos (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005). Comprimentos de onda maiores que 300 nm anulam o efeito letal aos microrganismos.

A ação germicida é maximizada a 265 nm com reduções em ambos os lados. Lâmpadas de baixa pressão têm a sua emissão principal a 254 nm, em que a ação sobre o DNA é 85% do valor de pico. Para comprimentos de onda inferiores a 235 nm a ação germicida não é especificada, mas é razoável assumir a curva de absorção de DNA (PHILLIPS, 2006).

A eficiência dos microrganismos à luz UV varia consideravelmente. Além disso, o ambiente do microrganismo influencia muito na dose de radiação necessária para a sua destruição. A água, por exemplo, pode absorver uma parte da radiação eficaz, dependendo da sua concentração de contaminantes.

5.2.3 Aplicação em produtos agrícolas

A exposição de produtos agrícolas à luz ultravioleta curta (UV-C) vem sendo utilizada como uma técnica segura e eficiente no tratamento e na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças (BARBOSA, 2015; SOUZA, 2014). Isso indica que o tratamento com UV-C pode representar não só um meio eficaz de desinfecção, mas também uma técnica não termal para inativar enzimas indesejáveis responsáveis por reduzir a vida útil dos produtos vegetais durante o período de comercialização (MANZOCCO et al., 2009).

Uma das vantagens dessa tecnologia é que não causam alterações às características quando aplicada em frutos, não gera resíduos, não promove alterações nos componentes nutricionais (SHEN et al., 2013), não tem restrições de uso, é letal para uma ampla variedade de microrganismos, induz a resistência em vegetais, além de ser um processo a seco e a frio, simples, eficaz e de baixo custo (RIVERA-PASTRANA et al., 2007; TURTOI, 2013).

Efeitos de tal radiação, de acordo com Ribeiro et al. (2012), depende da dose, área de aplicação, espécie, variedade e cultivar; sendo que para Perkins-Veazie et al. (2008), doses altas podem provocar efeitos adversos na qualidade pós-colheita.

Existem estudos que demonstraram que a aplicação da radiação UV-C na fase pós-colheita aliada a armazenamento correto preserva por até 25 dias as características físico-químicas de tangerinas 'Ponkan' (SANCHES et al., 2016).

O uso da radiação UV-c tem se mostrado eficaz na inativação de esporos de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium corylophilum* e *Eurotium rubrum* (BEGUM et al., 2009; FLORES-CERVANTES et al., 2013).

Dessa forma, em morangos irradiados com UV-C, Batista (2017) notou reduções na contagem de bolores e leveduras em relação à amostra controle. Da mesma forma que Bartnicki et al. (2011) afirmaram que a UV-C controlou, em pós-colheita, *Cryptosporiopsis perennans* em maçãs.

Hidaka e Kubota (2006) encontraram 90% de esterilização em grãos de trigo tratados com luz UV com intensidade de 195 J/cm² no comprimento de 254 nm em diferentes tempos para bactérias (6,3 h) e fungos (5,6 h), com pequenas alterações na qualidade fisiológica e tecnológica dos grãos.

A redução das cargas de fungos micotoxigênicos como *Penicillium* e *Fusarium*, que pode produzir micotoxinas prejudiciais, incluindo desoxinivalenol, zearalenona e ocratoxina, usando luz UV-C a 253,7 nm foi explorada com reduções maiores que 90% em grãos de milho e trigo, e se sugere o uso da luz UV-C para eliminar os fungos (24 a 95 mJ cm⁻²) e micotoxina (de 15.000 mJ cm⁻²). Então, a utilização de UV-C em superfícies de contato com grãos é uma estratégia viável (POPOVIĆ et al., 2018)

Paez et al. (2011) utilizaram lâmpadas UV-C de 15 W, intensidade de 11 mW cm⁻² com tempos de exposição de até 30 min, e encontraram resultados significativos nos tratamentos de 30 e 10 min, com reduções de 42,85 e 52,05% no número de grãos de milho infectados com *Fusarium spp.*, mostrando que a radiação UV-C pode ser útil para aplicação como germicida.

Por ser uma tecnologia emergente, poucos são os trabalhos, o que indica a necessidade de ser estabelecido tempos e intensidades para descontaminação de sementes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), no campus de Cascavel.

Foram utilizadas sementes de soja *Glycine max (L.) Merrill* da cultivar 58160RSF IPRO provenientes da safra 2019/2020, naturalmente contaminadas obtidas na COOPAVEL, na região oeste do estado do Paraná.

4.1 Caracterização das sementes de soja controle

As sementes de soja controle foram caracterizadas em relação à porcentagem de fungos da amostra, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e germinação.

4.2 Equipamento de radiação UV- C

Foi utilizado um protótipo de radiação UV-C 0217, composto de três lâmpadas de quartzo de 30W cada, sendo a potência do equipamento de $240\mu\text{W}/\text{cm}^2$. A amostra foi exposta a uma distância de 80 mm, em caixas gerbox.

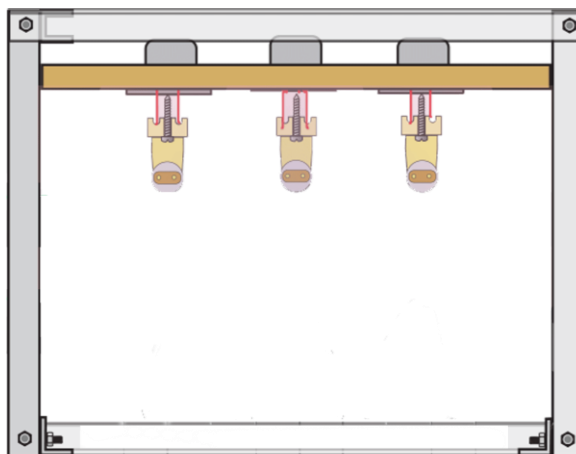


Figura 2 Disposição das lâmpadas do equipamento UV-C.

4.3 Planejamento experimental – Delineamento composto central (DCC 2³)

Para a realização do experimento foi utilizado um delineamento composto central 2³, incluindo três repetições no ponto central.

Na Tabela 2 são apresentados os fatores, com os respectivos níveis codificados em -1 e +1.

Tabela 2 Níveis dos Fatores do Delineamento composto central e seus respectivos valores reais

Fator	Níveis		
	-1	0	+1
Intensidade de radiação ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	800	1600	2400
Tempo de exposição (min)	10	20	30
Camada de grãos (cm)	2	3	4

Os níveis adotados foram definidos por testes preliminares desta pesquisa.

Na Tabela 3 apresenta-se a matriz do planejamento composto rotacional, com seus valores codificados. Foram realizados em laboratório, de forma aleatória, oito ensaios principais e três repetições no ponto central.

Tabela 3 Matriz do planejamento estatístico com os valores codificados e reais dos fatores utilizados na exposição das sementes pela radiação UV-C

Ensaio	Fatores		
	Intensidade de radiação	Tempo de exposição (min)	Camada de grãos (cm)
1	800 (-1)	10 (-1)	2 (-1)
2	2400 (1)	10 (-1)	2 (-1)
3	800 (-1)	30 (1)	2 (-1)
4	2400 (1)	30 (1)	2 (-1)
5	800 (-1)	10 (-1)	4 (1)
6	2400 (1)	10 (-1)	4 (1)
7	800 (-1)	30 (1)	4 (1)
8	2400 (1)	30 (1)	4 (1)
9	1600 (0)	20 (0)	3 (0)
10	1600 (0)	20 (0)	3 (0)
11	1600 (0)	20 (0)	3 (0)

4.4 Análises de qualidade realizadas após o planejamento DCC2³

Após a realização do experimento e após 30 dias de armazenamento em condições ambientais a fim de verificar os efeitos latentes da irradiação, as sementes de cada ensaio

foram submetidas à contagem de porcentagem de sementes contaminadas e às análises de qualidade fisiológica descritas a seguir:

4.4.1 Porcentagem de sementes contaminadas

Cinco sementes de soja foram distribuídas em placas de Petri, contendo 10 ml do meio BDA, a uma distância de 2-4 cm entre elas. A esse meio, foi adicionado solução de clorafenicol a 0,2g/ml para restringir o crescimento de bactérias. As placas com as sementes foram incubadas em ambiente controlado, em estufa microbiológica à temperatura de 20 ± 2 °C pelo período de 7-8 dias. A avaliação foi feita a olho nu observando a formação e o tipo de colônias desenvolvidas em volta das sementes, com contagem do número de sementes contaminadas por placa. A análise foi feita com 4 repetições e os resultados foram expressos em percentual de ocorrência dos fungos com duas casas decimais (BRASIL, 2009).

4.4.2 Germinação

Foram realizadas três repetições de 20 sementes por amostra. As sementes foram distribuídas em duas fileiras na parte superior de duas folhas de papel germitest e cobertas com uma terceira folha. O substrato foi previamente umedecido com uma quantidade de água 2,5 vezes o peso do substrato. Foi feito um rolo deste papel com cuidado para não deslocar as sementes do lugar e levado para uma incubadora à temperatura de constante de 25 °C, posicionados com uma angulação próxima a vertical (75 a 85° em relação à horizontal). Após 7 dias de germinação, as plântulas foram analisadas quanto à porcentagem de sementes germinadas, porcentagem de sementes mortas, porcentagem de sementes anormais, comprimento radicular e comprimento aéreo (BRASIL, 2009).

4.4.3 Condutividade Elétrica

O teste foi realizado segundo o sistema de condutividade massal. Foram feitas quatro repetições por amostra, de 50 sementes cada, previamente pesadas e colocadas em um béquer com 75 mL de água deionizada, e mantidas à temperatura de 25 °C, com o auxílio de uma câmara com controle de temperatura, por 24 horas. Após este período, foi realizada a leitura de condutividade com o auxílio de um condutímetro, e os resultados foram expressos em $\mu S \cdot cm^{-1} \cdot g^{-1}$ (AOSA, 2002).

4.4.4 Índice de Velocidade de emergência

Quatro repetições de 100 sementes foram semeadas em leito de areia por oito dias. A cada dia, a partir da emergência da primeira plântula, foram realizadas contagens do número de plântulas emergidas, até que o valor permanecesse constante (MAGUIRE, 1962). Para o cálculo do IVE foi utilizada a fórmula:

$$\text{IVE} = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn \quad \text{Eq.(1)}$$

Em que:

IVE - Índice de velocidade de emergência;

E1, E2, En - número de plântulas emergidas na primeira, na segunda e na última contagens;

N1, N2, Nn - número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagens.

4.5 Armazenamento das sementes

Posteriormente ao tratamento realizado no item 4.3, uma parcela das sementes tratadas foi armazenada em sacos de rafia por 30 dias em condições ambientais. Após esse período, os grãos foram novamente analisados em relação à contaminação microbiológica e qualidade fisiológica (4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4) para avaliação do efeito latente da radiação UVC.

4.5 Estatística

Para análise estatística foi utilizado o software computacional Protimiza Experimental Design (PROTIMIZA, 2014). Os dados obtidos, após a realização do planejamento DCC 2³, foram analisados de maneira a calcular os efeitos principais e de interações das variáveis das respostas, determinando os fatores significativos ($p < 0,1$) e ajustando-se um modelo de primeira ordem para correlacionar as variáveis e suas respostas. Os coeficientes significativos do modelo foram avaliados por meio do teste "t" (BARROS NETO, 2010). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para então validar os modelos matemáticos obtidos para respostas, pelo valor da relação do F calculado/F tabelado. Quanto maior é o F calculado, em relação ao F tabelado, melhor é o ajuste do modelo matemático aos dados experimentais. O Valor F da falta de ajuste também foi comparado ao F tabelado e, neste caso, quanto menos valor, menor a falta de ajuste do matemático (CHRIST, 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização inicial do produto

Na Tabela 4 são apresentadas as características iniciais das sementes, consideradas controle.

Tabela 4 Caracterização das sementes de soja sem aplicação da UV-C (controle)

Análise	Valor médio *
Germinação (%)	77,50
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	80,00
Índice de Velocidade de Emergência (plântulas emergidas. dia ⁻¹)	11,04
Porcentagem de contaminação (%)	100,00

Nota: * Média de triplicata para cada análise

As sementes utilizadas, avaliadas antes do tratamento com radiação UV-C (controle) foram provenientes da safra 2019/2020, lote de médio vigor e 88% de germinação; no entanto os testes foram realizados em 2021, explicando, assim, o valor de 77,5% de germinação. As sementes tendem a perder o vigor e a germinação quando armazenadas em temperatura ambiente e em armazéns convencionais, que degradam suas qualidades fisiológicas (DEMITO; AFONSO, 2009; ALMEIDA et al., (2010)), sendo que o valor mínimo para comercialização é em torno de 75% (EMBRAPA, 1993).

O valor apresentado para condutividade elétrica de 80,00 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ tem como classificação valores semelhantes aos que foram mencionados por Vieira (1994b), indicando lotes de sementes com valores de condutividade elétrica entre 70 e 80 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ como de vigor médio.

A porcentagem de contaminação foi de 100%, indicando que todas as amostras apresentaram contaminação fúngica, o que é usual em sementes de soja armazenadas em condições ambientais.

5.2 Efeitos imediatos e latentes à exposição da radiação ultravioleta curta (UV-C) e após o armazenamento

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios para os parâmetros de germinação, porcentagem de plântulas anormais, porcentagem de plântulas mortas, comprimento radicular e comprimento aéreo das plântulas de semente de soja logo após serem irradiadas com raios ultravioletas curtos (UV-C), e depois de 30 dias de armazenamento em condições ambientais, a fim de verificar o efeito latente da radiação nas sementes.

Tabela 5 Valores médios dos parâmetros para germinação (G), plântulas anormais (PA), plântulas mortas (PM), comprimento radicular (CR) e comprimento aéreo (CA) de plântulas de soja irradiadas após colheita (I) e armazenadas após 30 dias (A)

Fatores			G		PA		PM		CR		CA	
IR	TR	CG	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
CONTROLE			77,5		23,00		0,00		12,16		6,06	
800	10	2	75,50	80,00	27,00	20,00	2,00	0,00	7,03	8,87	9,58	8,45
2400	10	2	71,00	73,00	40,00	22,00	0,00	6,00	7,75	8,92	4,59	8,63
800	30	2	60,00	75,00	28,00	15,00	0,00	10,00	7,51	9,03	8,45	7,91
2400	30	2	72,50	42,00	22,00	18,00	34,00	41,00	11,75	8,90	10,91	7,94
800	10	4	43,00	73,00	29,00	23,00	3,00	8,00	13,65	11,36	11,99	9,11
2400	10	4	69,00	57,00	30,00	17,00	13,00	27,00	11,42	9,68	5,84	8,44
800	30	4	40,00	64,00	30,00	18,00	15,00	18,00	10,96	9,54	10,62	9,92
2400	30	4	55,00	71,00	18,00	17,00	18,00	12,00	11,19	11,02	5,94	9,21
1600	20	3	65,00	68,00	33,00	19,00	15,00	14,00	12,71	10,90	5,59	9,50
1600	20	3	52,50	70,00	33,00	15,00	0,00	0,00	12,49	10,35	5,94	9,70
1600	20	3	67,50	73,00	40,00	23,00	0,00	0,00	10,47	9,65	4,93	9,51

Notas: Intensidade de radiação em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (IR); Tempo de exposição à radiação em min (TR); Camada de grãos em cm (CG); Germinação % (G); Plântulas anormais % (PA); Plântulas mortas % (PM); Comprimento radicular em cm (CR); Comprimento aéreo em cm (CA); Após a radiação (I); Após armazenamento (A).

Estudos indicam que a utilização da radiação UV-C controlada pode garantir repostas positivas em plântulas de frutas e outras estruturas vegetais (COSTA et al., 2006; PROMYOU; SUPAPVANICH, 2012).

Foroughbakhch-Pournavab et al. (2015) verificaram um efeito positivo da irradiação UV-C na variável germinação de sementes de soja, na qual houve um aumento de 95,40 para 99,00% com doses de 57,60 KJ.m² por 1 hora. O presente trabalho apresentou valores positivos na germinação das sementes de soja após a radiação, como efeito latente do armazenamento.

Quanto à quantidade de plântulas anormais, houve indicativo de aumento após a irradiação UV-C, o que pode ser devido à concentração de flavonoides na semente, associado, por sua vez, a maior produção de radicais livres promotores de stress oxidativo (KACHARAVA et al., 2009; SARGHEIN et al., 2011), os quais podem ter apresentado aumento com a aplicação da luz UV-C.

Houve uma resposta positiva no comprimento do sistema aéreo das plântulas (CA) em baixas concentrações, e Zhang et al. (2008) reportaram resultados similares com o pré-tratamento químico, o que indica um uso potencial da radiação UV-C no pré-tratamento físico das sementes.

Tabela 6 Valores médios dos parâmetros para índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE) e porcentagem de contaminação das sementes de soja irradiadas após colheita (I) e armazenadas após 30 dias (A)

Fatores			IVE		CE		% Contaminação	
IR	TR	CG	I	A	I	A	I	A
CONTROLE			11,04		80,00		100,00	
800	10	2	10,7	11,99	87,04	88,62	40,00	40,00
2400	10	2	9,91	8,19	95,45	87,53	46,67	26,67
800	30	2	9,03	11,35	109,71	79,16	53,33	53,33
2400	30	2	8,97	8,01	120,9	127,01	13,33	20,00
800	10	4	8,99	11,09	64,47	72,55	46,67	40,00
2400	10	4	8,83	9,81	104,09	74,51	60,00	46,67
800	30	4	9,09	9,74	108,58	70,01	53,33	53,33
2400	30	4	8,76	9,36	112,68	71,84	26,67	33,33
1600	20	3	9,1	10,41	69,46	75,76	33,33	33,33
1600	20	3	9,04	10,56	64,89	73,33	20,00	26,70
1600	20	3	9,64	10,97	69,62	74,56	20,00	26,67

Notas: Intensidade de radiação em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (IR); Tempo de exposição à radiação em min (TR); Camada de grãos em cm (CG); Índice de velocidade de emergência (IVE); Condutividade elétrica em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (CE); % Contaminação; Após a radiação (I); Após armazenamento (A),

Para o índice de velocidade de emergência (Tabela 6), as sementes irradiadas tiveram um decréscimo na velocidade; porém, após o período de armazenamento, apresentaram melhores valores, devido ao efeito do stress causado pela radiação UV-C logo após a irradiação.

O valor apresentado para condutividade elétrica tanto após irradiado, quanto após o armazenamento a fim de verificar o efeito latente, seguiu uma mesma tendência de quanto maior o tempo de exposição à radiação, maior é o valor apresentado, ou seja, ocorre maior lixiviação de eletrólitos (BEWLEY; BLACK, 1994).

5.3 Resultados relativos ao planejamento DCC 2³, após a exposição à radiação ultravioleta curta (UV-C) nas sementes

5.3.1 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja são apresentados na Tabela 7. Observaram-se como significativos os fatores Intensidade de radiação e altura da camada de grãos ($p < 0,10$).

Tabela 7 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a resposta germinação das sementes de soja após a radiação UV-C

	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	61,182	61,182	2,348	26,054	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	11,750*	5,875	2,754	2,134	0,100
x ₂ Tempo de exposição	-8,250	-4,125	2,754	-1,498	0,208
x ₃ Camada de grãos	-18,500*	-9,250	2,754	-3,359	0,028
x ₁ · x ₂	2,000	1,000	2,754	0,363	0,735
x ₁ · x ₃	8,750	4,375	2,754	1,589	0,187
x ₂ · x ₃	-0,250	-0,125	2,754	-0,045	0,966

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos (p<0,10).

A Equação 2 descreve a germinação (G) em porcentagem, prevista pelo modelo em função da intensidade de radiação (x₁) e da altura da camada de grãos (x₃). Os parâmetros não significativos foram adicionados à falta de ajuste para análise de variância:

$$G = 61,18 + 5,88 x_1 - 9,25 x_3 \quad \text{Eq.(2)}$$

O modelo foi avaliado por meio da análise da variância apresentada na Tabela 8. Observa-se que o valor da medida de adequação de ajuste, o coeficiente de determinação (R²), apresentou valor igual a 0,7422, portanto havendo uma boa explicação da variação total dos resultados (RODRIGUES, 2009).

Tabela 8 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para a porcentagem de germinação das sementes após a radiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	1113,750	3	371,250	6,717	0,018
Resíduos	386,886	7	55,269		
Falta de Ajuste	257,720	5	51,544	0,798	0,638
Erro Puro	129,167	2	64,583		
Total	1500,636	10			

Notas: Coeficiente de correlação R²= 74,22%.

Para a regressão, o valor foi maior, o p-valor foi igual a 0,018 foi menor que 0,10; desta forma o modelo para germinação foi significativo. Para a falta de ajuste foi igual a 0,638, sendo maior que 0,10, o que resulta em um modelo ajustado para esse parâmetro.

Considerando que o modelo foi validado e ajustado aos dados experimentais, foi possível gerar a representação gráfica superfície de resposta e curvas de contorno, que são representados na Figura 3.

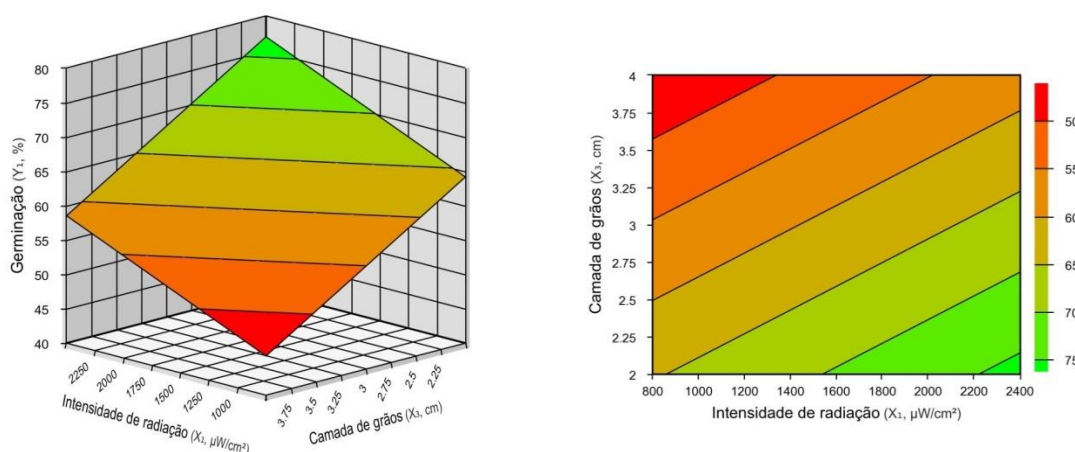


Figura 3 Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro de germinação (%), em função dos fatores Intensidade de radiação e camadas de grãos.

Na Figura 3 observaram-se os efeitos da intensidade de radiação e da camada de grãos na germinação após a radiação UV-C, com a maior intensidade de radiação e menor a espessura da camada de sementes de soja, melhores os valores de germinação. Isso pode indicar um efeito positivo da UV-C na germinação dos grãos.

Esse fato foi observado também por Foroughbakhch-Pournavab et al. (2015) com sementes de soja, que verificaram efeito positivo da irradiação UV-C na variável germinação, utilizando doses de 57,60 KJ.m² por 1 hora, quando observaram um aumento de 95,40 para 99,00% na germinação. Porém, na semente de trigo apresentou efeito negativo, quando utilizada mesma dose de radiação.

Os resultados obtidos permitem inferir que a utilização da radiação pode levar a aumento do índice de germinação das sementes de soja, em alta intensidade, e camadas de grãos menores, no caso do presente trabalho, 2 cm.

Devido ao seu baixo poder de penetração da radiação, López-malo e Palou (2005) citam que para maior penetração, o produto deve ser exposto diretamente à radiação, ou seja, camadas menores, no caso do presente trabalho 2 cm tendem a ter maior penetração à radiação UV-C.

5.3.2 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de soja

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de semente de soja são apresentados na Tabela 9. Observaram-se significativos os fatores Intensidade de radiação, e a interação entre intensidade de radiação e tempo de exposição ($p < 0,10$).

Tabela 9 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a porcentagem de plântulas anormais de soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	31,636	31,636	1,560	20,283	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	3,500	1,750	1,829	0,957	0,393
x ₂ Tempo de exposição	-11,500*	-5,750	1,829	-3,144	0,035
x ₃ Camada de grãos	2,000	1,000	1,829	0,547	0,614
x ₁ · x ₂	-12,500*	-6,250	1,829	-3,417	0,027
x ₁ · x ₃	0,000	0,000	1,829	0,000	1,000
x ₂ · x ₃	-3,000	-1,500	1,829	-0,820	0,458

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,10$).

A Equação 3 descreve a porcentagem de plântulas anormais (PA) após a radiação em função do tempo de exposição (x₂) e da interação intensidade de radiação x tempo de exposição (x₁, x₂):

$$PA = 31,64 - 5,75 x_2 - 6,25 x_1 x_2 \quad \text{Eq.(3)}$$

O modelo para porcentagem de plântulas anormais foi avaliado por meio da análise de variância (Tabela 10). Observou-se que a medida de adequação do modelo é igual a 0,7855, sendo considerado alto para explicar o processo.

Tabela 10 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo da porcentagem de plântulas anormais após a radiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	577,000	2	288,500	14,650	0,002
Resíduos	157,545	8	19,693		
Falta de Ajuste	124,879	6	20,813	1,274	0,502
Erro Puro	32,667	2	16,333		
Total	734,545	10			

Notas: Coeficiente de correlação R²= 78,55%.

Apresentam-se na Figura 4 as superfícies de resposta e curvas de contorno, geradas a partir dos dados experimentais.

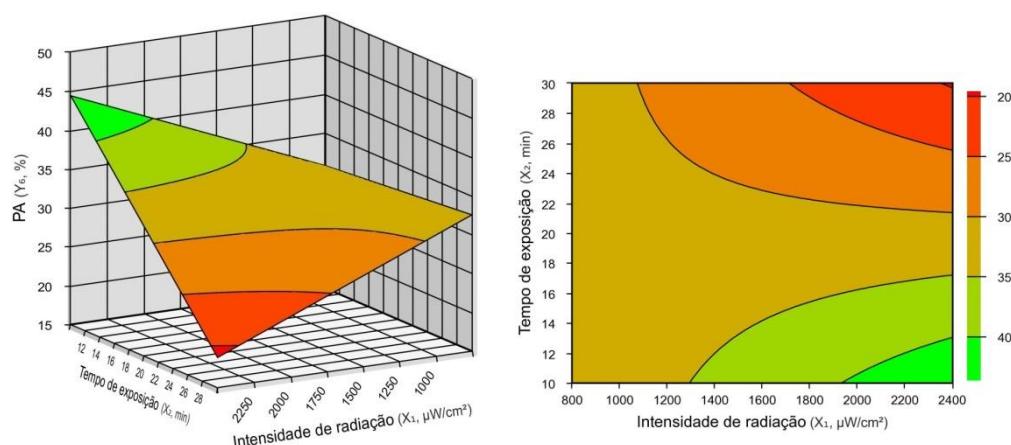


Figura 4 Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro porcentagem de plântulas normais, em função da interação Tempo de exposição x intensidade de radiação.

Na Figura 4 observam-se os efeitos da intensidade de radiação e do tempo de exposição, sendo que quanto maior a intensidade de radiação, com menor tempo de exposição, maior o número de plântulas anormais.

Isso se deve a uma resposta intrínseca da semente de soja, por conta da concentração de flavonoides na semente, que, por sua vez, é associada à produção de radicais livres. O stress gerado pelo aumento desses radicais livres causa efeito negativo nos embriões e aumenta a quantidade de plântulas anormais (SARGHEIN et al., 2011; KACHARAVA et al., 2009)

5.3.3 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas mortas de soja

Quando falado em porcentagem de plântulas mortas de soja, os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C (Tabela 11) mostram que nenhum dos fatores apresentou efeito significativo em relação a este percentual.

Tabela 11 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para porcentagem de plântulas mortas de soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	9,091	9,091	3,199	2,842	0,047
x ₁ Intensidade de radiação	11,250	5,625	3,751	1,500	0,208
x ₂ Tempo de exposição	12,250	6,125	3,751	1,633	0,178
x ₃ Camada de grãos	3,250	1,625	3,751	0,433	0,687
X ₁ · X ₂	7,250	3,625	3,751	0,966	0,389
X ₁ · X ₃	-4,750	-2,375	3,751	-0,633	0,561
X ₂ · X ₃	-3,750	-1,875	3,751	-0,500	0,643

As plântulas mortas (sementes sem germinar) se derivam de fatores intrínsecos das sementes, assim como sua composição de lipídeos e antioxidantes. Sabe-se ainda que os lipídeos presentes nas sementes são sensíveis a oxidação, o que pode explicar a quantidade de sementes mortas após a exposição à radiação UV-C (KACHARAVA et al., 2009; BAUD; LEPINEIC, 2010). Porém, não apresentou efeito significativo, indicando que os parâmetros estudados não influenciaram nesse parâmetro de qualidade fisiológica.

5.3.4 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre o comprimento das plântulas de soja são apresentados na Tabela 12. Observou-se como significativo apenas o fator camada de grãos (x_3), apresentando p-valor menor que 0,10.

Tabela 12 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	10,629	10,629	0,470	22,626	0,000
x_1 Intensidade de radiação	0,739	0,370	0,551	0,671	0,539
x_2 Tempo de exposição	0,390	0,195	0,551	0,354	0,742
x_3 Camada de grãos	3,293*	1,647	0,551	2,989	0,040
$x_1 \cdot x_2$	1,498	0,749	0,551	1,360	0,246
$x_1 \cdot x_3$	-1,740	-0,870	0,551	-1,579	0,190
$x_2 \cdot x_3$	-1,849	-0,925	0,551	-1,678	0,169

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,10$).

A Equação 4 descreve a comprimento do sistema radicular das plântulas (CR) após a radiação em função da espessura da camada de grãos (x_3):

$$CR = 10,63 + 1,65 x_3 \quad \text{Eq.(4)}$$

O modelo para comprimento do sistema radicular foi avaliado por meio da análise de variância (Tabela 13). Observou-se que a medida de adequação de modelo é igual a 0,4323.

Tabela 13 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o comprimento do sistema radicular das sementes de soja armazenadas após a irradiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	21,688	1	21,688	6,853	0,028
Resíduos	28,483	9	3,165		
Falta de Ajuste	25,432	7	3,633	2,382	0,327
Erro Puro	3,051	2	1,525		
Total	50,171	10			

$R^2 = 43,23\%$

O trabalho apresentou que quanto maior a camada de grãos exposta à radiação (cm), o sistema radicular apresenta maior comprimento.

Rocha et al. (1996) relatam que em testes que avaliam os comprimentos de plântulas, hipocótilo e raiz baseiam-se na hipótese de que a medida que o grau de deterioração aumenta, a extensão e a velocidade de desenvolvimento inicial das células se reduzem. Observou-se nesse trabalho que as camadas maiores sofreram menor incidência de radiação, uma vez que o fator camada de grãos foi significativo, sendo que em camadas mais finas esse efeito foi maior.

5.3.5 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja

Quanto ao comprimento do sistema aéreo de plântulas de soja, os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C, na Tabela 14, mostra que nenhum dos fatores apresentou efeito significativo em relação a este índice.

Tabela 14 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	7,670	7,670	0,748	10,247	0,001
x ₁ Intensidade de radiação	-3,342	-1,671	0,878	-1,904	0,130
x ₂ Tempo de exposição	0,982	0,491	0,878	0,560	0,606
x ₃ Camada de grãos	0,213	0,107	0,878	0,121	0,909
x ₁ · x ₂	2,227	1,113	0,878	1,269	0,273
x ₁ · x ₃	-2,072	-1,036	0,878	-1,181	0,303
x ₂ · x ₃	-1,615	-0,808	0,878	-0,920	0,410

5.3.6 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre o índice de velocidade de emergência de sementes de soja

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre o índice velocidade de emergência das sementes de soja são apresentados na Tabela 15. Para esta resposta foram significativos ($p < 0,10$) os fatores tempo de exposição, camadas de grãos, e da interação tempo de exposição x camada de grãos.

Tabela 15 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para resposta de índice de velocidade de emergência de sementes soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	9,277	0,086	108,478	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-0,334	0,100	-1,667	0,171
x ₂ Tempo de exposição	-0,646*	0,100	-3,222	0,032
x ₃ Camada de grãos	-0,735*	0,100	-3,664	0,022
x ₁ · x ₂	0,139	0,100	0,692	0,527
x ₁ · x ₃	0,092	0,100	0,460	0,669
x ₂ · x ₃	0,655*	0,100	3,267	0,031

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos (p<0,10)

A Equação 5 descreve o índice de velocidade de emergência (IVE) após a radiação em função do tempo de exposição (x₂), e camadas de grãos (x₃):

$$\text{IVE} = 9,28 - 0,32 x_2 - 0,37 x_3 + 0,33 x_2 x_3 \quad \text{Eq.(5)}$$

O modelo para índice de velocidade de emergência foi avaliado por meio da análise de variância (Tabela 16). Observou-se que para a medida de adequação de modelo é igual a 0,8220, sendo considerado alto para explicar o processo, assim como a regressão foi considerada significativa, ou seja, o modelo é considerado ajustado.

Tabela 16 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o índice de velocidade de emergência das sementes após a radiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	2,774	3	0,925	10,773	0,005
Resíduos	0,601	7	0,086		
Falta de Ajuste	0,383	5	0,077	0,703	0,676
Erro Puro	0,218	2	0,109		
Total	3,374	10			

Notas: Coeficiente de correlação R²= 82,20.

Apresentam-se na Figura 5 as superfícies de resposta e curvas de contorno, geradas a partir dos dados experimentais.

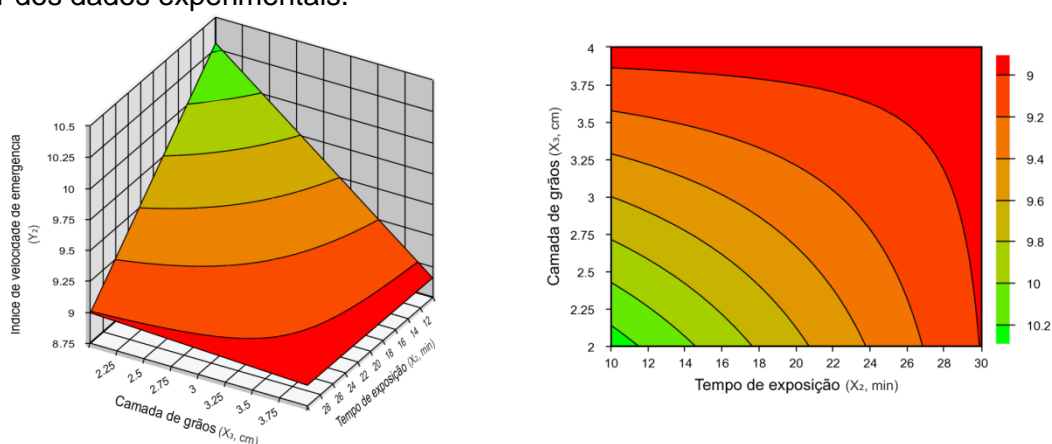


Figura 5 Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro índice de velocidade de emergência, em função da interação Tempo de exposição x Camada de grãos.

O termo “vigor”, empregado para sementes, engloba as características que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme, bem como o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla variação das condições de campo (MCDONALD JUNIOR, 1980).

Na Figura 5 observam-se os efeitos do tempo de exposição e da camada de grãos, quanto menores os valores desses fatores, maiores os índices de velocidade de emergência.

5.3.7 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja são apresentados na Tabela 17. Porém, nenhum dos fatores apresentou efeito significativo quanto à condutividade elétrica.

Tabela 17 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para resposta de condutividade elétrica de sementes de soja após a radiação UV-C

Fator	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	91,535	91,535	7,514	12,182	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	15,831	7,915	8,811	0,898	0,420
x ₂ Tempo de exposição	25,207	12,604	8,811	1,430	0,226
x ₃ Camada de grãos	-5,823	-2,911	8,811	-0,330	0,758
x ₁ · x ₂	-8,188	-4,094	8,811	-0,465	0,666
x ₁ · x ₃	6,029	3,015	8,811	0,342	0,749
x ₂ · x ₃	1,148	0,574	8,811	0,065	0,951

O teste de condutividade elétrica avalia de forma indireta o nível da integridade física das membranas celulares que compõem a semente, de modo que, quanto maior a magnitude do valor medido, menor a capacidade da estrutura celular se reorganizar quando o grão ou a semente tornar a ser hidratada. Sabe-se que diferentes fatores podem influenciar a condutividade elétrica, como a presença de grãos defeituosos (MALTA et al., 2005) e a danificação mecânica (BOTELHO et al., 2013).

Todavia, não apresentou efeito significativo dos fatores em estudo. Por estar relacionada com a desorganização de membranas, também responsável pelo aumento de sementes anormais e maior danificação celular, de acordo com o aumento tempo de exposição à radiação UV-C, observou-se um aumento da condutividade elétrica das sementes.

5.3.8 Efeito da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de contaminação fúngica das sementes de soja

Na Tabela 18 são apresentados os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre a porcentagem da contaminação fúngica das sementes de soja, no qual foram

considerados significativos para esta resposta, por meio de interpretação dos dados, o p-valor de 0,1013 a interação entre intensidade de radiação x tempo de exposição.

Tabela 18 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a porcentagem de contaminação das sementes de soja após a radiação UV-C

Fatores	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	37,575	37,5755	4,3573	8,6235	0,0010
x ₁ Intensidade de radiação	-11,665	-5,8325	5,1094	-1,1415	0,3174
x ₂ Tempo de exposição	-11,670	-5,8350	5,1094	-1,1420	0,3172
x ₃ Camada de grãos	8,335	4,1675	5,1094	0,8156	0,4605
x ₁ · x ₂	-21,665*	-10,8325	5,1094	-2,1201	0,1013
x ₁ · x ₃	5,000	2,5000	5,1094	0,4893	0,6503
x ₂ · x ₃	-1,665	-0,8325	5,1094	-0,1629	0,8785

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos (p=0,1013).

A Equação 6 descreve a porcentagem de contaminação das sementes (%contaminação) após a exposição à radiação UV-C em função da interação da intensidade de radiação e do tempo de exposição.

$$\% \text{ contaminação} = 37,58 - 10,83 x_1 x_2 \quad \text{Eq.(6)}$$

O modelo foi avaliado por meio de análise de variância (Tabela 19). Observou-se que para a medida de adequação do ajuste do modelo, o coeficiente de determinação (R²) é igual a 0,3735, considerando baixa qualidade por não explicar 62,65% do processo de descontaminação. No entanto, a regressão foi considerada significativa, sendo o modelo considerado ajustado.

Tabela 19 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para a porcentagem de contaminação fúngica nas sementes de soja após a radiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	938,744	1	938,744	5,366	0,046
Resíduos	1574,415	9	174,935		
Falta de Ajuste	1455,956	7	207,994	3,512	0,239
Erro Puro	118,459	2	59,230		
Total	2513,160	10			

Notas: Coeficiente de correlação R²= 37,35%

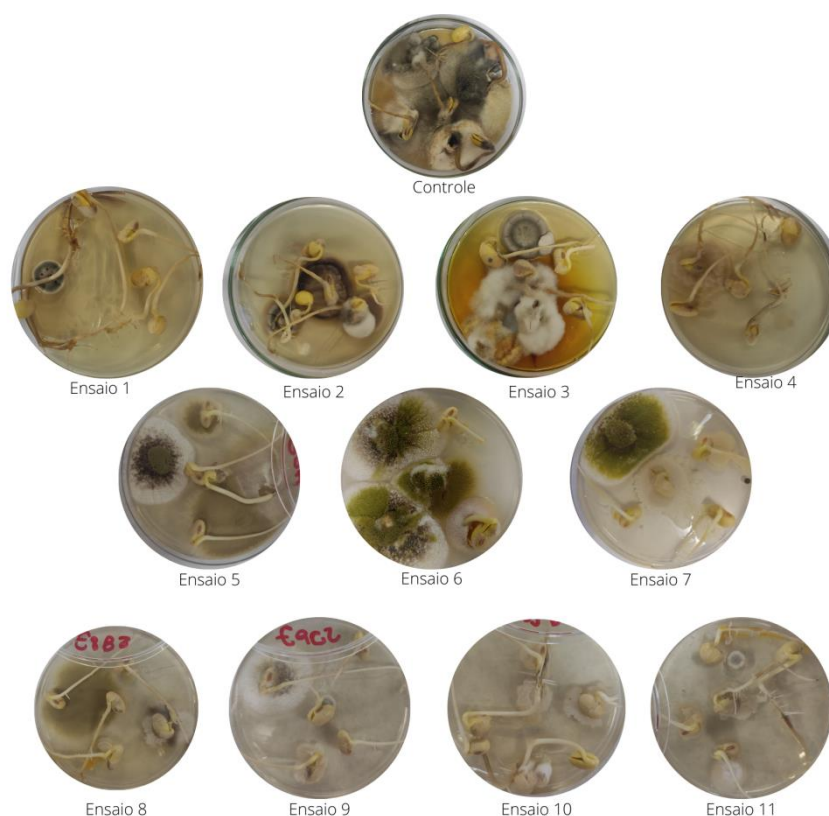


Figura 6 Aspecto visual da porcentagem de contaminação das sementes de soja, após a realização dos 11 ensaios do planejamento composto central (DCC2³).

Foi realizada a avaliação dos gêneros predominantes nas sementes após a colheita e observou-se predominância de *Aspergillus flavus* e *Penicillium* ssp. Pode-se observar estatística (Tabela 18) e visualmente (Figura 6), nas sementes tratadas com UV-C, a diminuição desses fungos, indicando sua susceptibilidade ao comprimento de onda aplicado e ao tempo de exposição. Como observado por Mondaro (2015), a taxa de redução microbiana com a luz UV-C é muito dependente da aplicação de baixa intensidade por longo tempo ou alta intensidade por tempo curto.

Linke Junior (2014) obteve respostas positivas do tratamento da radiação UV-C com os mesmos fungos, comparado com outras formas de armazenamento quando utilizou a aplicação de radiação UV-C em soja, com intensidade de 10 KJ por 10 minutos e observou que a eficiência da radiação UV-C é dependente da espécie fúngica estudada.

Begum et al. (2009) avaliaram a irradiação UV-C no controle de quatro fungos contaminantes de alimentos: *A. flavus*, *A. niger*, *Penicillium corylophilum* e *Eurotium rubrum*, e verificaram que a eficiência do processo varia de acordo com a estrutura celular da espécie fúngica. A eficácia germicida da luz UV-C se deve ao seu efeito na desnaturação das proteínas de microrganismos e na desorganização da membrana plasmática, retardando o seu desenvolvimento (WOLFE, 1990).

5.4 Avaliação das sementes de soja irradiadas com UVC após o armazenamento por 30 dias

5.4.1 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja armazenadas

Os resultados das análises dos efeitos da radiação UV-C sobre a germinação das sementes de soja armazenadas são apresentados na Tabela 20. Não se observou efeito significativo quanto aos parâmetros da irradiação à germinação das sementes armazenadas.

Tabela 20 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a resposta germinação após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	67,818	67,818	2,775	24,437	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-12,250	-6,125	3,254	-1,882	0,133
x ₂ Tempo de exposição	-7,750	-3,875	3,254	-1,191	0,300
x ₃ Camada de grãos	-1,250	-0,625	3,254	-0,192	0,857
x ₁ · x ₂	-0,750	-0,375	3,254	-0,115	0,914
x ₁ · x ₃	7,750	3,875	3,254	1,191	0,300
x ₂ · x ₃	10,250	5,125	3,254	1,575	0,190

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,10$).

Observou-se uma média geral da germinação maior que a observada em sementes avaliadas logo após a aplicação da radiação UV-C (Tabela 5), além de não se observar efeitos nos parâmetros avaliados da radiação. Isso pode indicar a necessidade de armazenamento das sementes antes do plantio, caso seja realizado tratamento com luz UV-C para redução de contaminação fúngica.

Proyou e Supapvanich (2012) garantem que a utilização da radiação UV-C em doses corretas pode apresentar respostas positivas na estrutura de plântulas de frutas e outras estruturas vegetais.

5.4.2 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de soja

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas anormais de semente de soja são apresentados na Tabela 21. Contudo, nenhum dos fatores foram significativos ($p < 0,10$).

Tabela 21 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a porcentagem de plântulas anormais após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	17,909	17,909	0,970	18,461	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-0,500	-0,250	1,138	-0,220	0,837
x ₂ Tempo de exposição	-3,500	-1,750	1,138	-1,538	0,199
x ₃ Camada de grãos	0,000	0,000	1,138	0,000	1,000
x ₁ · x ₂	1,500	0,750	1,138	0,659	0,546
x ₁ · x ₃	-3,000	-1,500	1,138	-1,319	0,258
x ₂ · x ₃	1,000	0,500	1,138	0,440	0,683

Foi verificada uma redução da quantidade de plântulas anormais de soja armazenadas quando comparadas às análises realizadas logo após a exposição de radiação. No entanto, não houve nenhum efeito significativo dos fatores sobre essa variável após o armazenamento.

5.4.3 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas mortas de soja

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre a porcentagem de plântulas mortas de soja (Tabela 22) mostram que nenhum dos fatores apresentou efeito significativo em relação a este percentual.

Tabela 22 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a porcentagem de plântulas mortas após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	13,273	13,273	3,475	3,820	0,019
x ₁ Intensidade de radiação	12,500	6,250	4,074	1,534	0,200
x ₂ Tempo de exposição	10,000	5,000	4,074	1,227	0,287
x ₃ Camada de grãos	2,000	1,000	4,074	0,245	0,818
x ₁ · x ₂	0,000	0,000	4,074	0,000	1,000
x ₁ · x ₃	-6,000	-3,000	4,074	-0,736	0,502
x ₂ · x ₃	-12,500	-6,250	4,074	-1,534	0,200

5.4.4 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema radicular das plântulas de soja (Tabela 23) mostram que apenas o fator camada de grãos (x₃) apresentou efeito significativo (p<0,10) em relação a este percentual.

Tabela 23 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para o comprimento do sistema radicular após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	9,910	9,910	0,275	36,070	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-0,070	-0,035	0,322	-0,109	0,919
x ₂ Tempo de exposição	-0,083	-0,041	0,322	-0,129	0,904
x ₃ Camada de grãos	1,472*	0,736	0,322	2,284	0,084
x ₁ · x ₂	0,744	0,372	0,322	1,155	0,313
x ₁ · x ₃	-0,032	-0,016	0,322	-0,049	0,963
x ₂ · x ₃	-0,155	-0,077	0,322	-0,240	0,822

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos (p<0,10)

O modelo foi avaliado por meio de análise de variância (Tabela 24). Observou-se que para a medida de adequação do ajuste do modelo, o coeficiente de determinação (R²) é igual a 0,4943, considerando baixa qualidade. Porém, a regressão foi considerada significativa, sendo o modelo considerado ajustado.

Tabela 24 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o comprimento do sistema radicular das sementes de soja armazenadas após a irradiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	4,331	1	4,331	8,658	0,016
Resíduos	4,502	9	0,500		
Falta de Ajuste	4,333	7	0,619	7,334	0,125
Erro Puro	0,169	2	0,084		
Total	8,832	10			

R² = 49,03%

Quanto maior a camada de grãos, maior o comprimento radicular das plântulas de soja armazenadas. Isso pode ter correlação com o menor stress, pois camadas de grãos maiores tendem a ter menor exposição à radiação UV-C.

5.4.5 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema aéreo das plântulas de soja

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre o comprimento do sistema aéreo das plântulas mortas de soja (Tabela 25) mostram que nenhum dos fatores apresentou efeito significativo em relação a essa variável.

Tabela 25 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para o comprimento do sistema aéreo das plântulas após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	8,939	8,939	0,196	45,706	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-0,291	-0,146	0,229	-0,635	0,560
x ₂ Tempo de exposição	0,090	0,045	0,229	0,197	0,854
x ₃ Camada de grãos	0,937	0,468	0,229	2,042	0,111
x ₁ · x ₂	-0,045	-0,023	0,229	-0,099	0,926
x ₁ · x ₃	-0,401	-0,200	0,229	-0,874	0,432
x ₂ · x ₃	0,706	0,353	0,229	1,539	0,199

5.4.6 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre o índice de velocidade de emergência das sementes de soja armazenadas

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C nas sementes de soja armazenadas sobre a velocidade de emergência são apresentados na Tabela 26. Para esta análise foram significativos ($p < 0,10$) os fatores intensidade de radiação e da interação tempo de exposição x camada de grãos.

Tabela 26 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a resposta índice de velocidade de emergência após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	10,135	10,135	0,170	59,605	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-2,199*	-1,099	0,199	-5,513	0,005
x ₂ Tempo de exposição	-0,656	-0,328	0,199	-1,645	0,175
x ₃ Camada de grãos	0,117	0,058	0,199	0,292	0,785
x ₁ · x ₂	0,341	0,170	0,199	0,855	0,441
x ₁ · x ₃	1,371*	0,685	0,199	3,437	0,026
x ₂ · x ₃	-0,246	-0,123	0,199	-0,617	0,571

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,10$).

A Equação 7 descreve o índice de velocidade de emergência (IVE) após o armazenamento em função da intensidade de radiação (x₁) e da interação tempo de exposição x camada de grãos (x₁.x₃).

$$\text{IVE} = 10,13 - 1,10 x_1 + 0,69 x_1 x_3 \quad \text{Eq.(7)}$$

O modelo foi avaliado por meio de análise de variância (Tabela 27). Observou-se que para a medida de adequação do ajuste do modelo, o coeficiente de determinação (R²) é igual a 0,8423 – considerado alto para explicar o processo.

Tabela 27 Resumo da análise de variância para o ajuste do modelo para o índice de velocidade de emergência das sementes de soja de soja armazenadas após a irradiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	13,423	2	6,712	21,362	0,001
Resíduos	2,513	8	0,314		
Falta de Ajuste	2,345	6	0,391	4,652	0,187
Erro Puro	0,168	2	0,084		
Total	15,937	10			

$R^2 = 84,23\%$

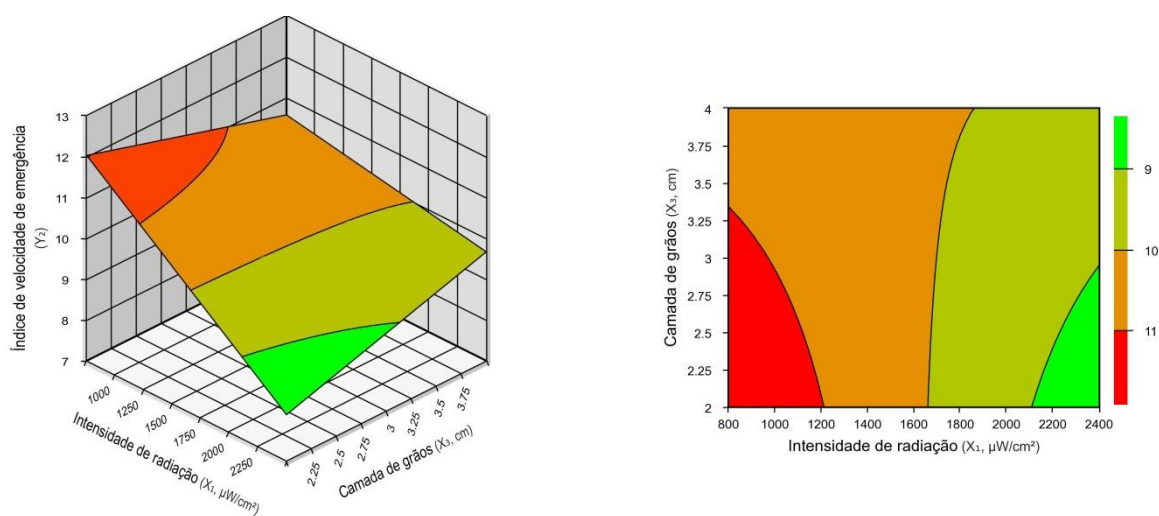


Figura 7 Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro índice de velocidade de emergência, em função da intensidade de radiação e da interação entre intensidade de exposição x camada de grãos.

O índice de velocidade de emergência (IVE) expressa o número médio de dias necessários para a ocorrência da emergência e o número médio de plântulas normais emergidas por dia (ÁVILA et al., 2005). Como esse é um parâmetro importante na previsão do comportamento das sementes em campo, observa-se que, diferente dos dados observados na análise de germinação, os efeitos da irradiação podem ainda afetar as sementes armazenadas. A maior velocidade foi observada em menores intensidades e menores camadas, porém com médias superiores às das recém-irradiadas (Tabela 6), mesmo comportamento observado para a análise de germinação. Isso reforça a importância de estudos para avaliar os efeitos do armazenamento na irradiação.

Após o armazenamento, como expresso na Figura 7, quanto menor a intensidade de radiação e a camada de grãos, melhor o índice de velocidade de emergência.

5.4.7 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja armazenadas

Os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre a condutividade elétrica das sementes de soja são apresentados na Tabela 28. Porém, para nenhum dos fatores houve efeito significativo quanto à condutividade elétrica.

Tabela 28 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a resposta da condutividade elétrica após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fator	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	81,352	81,352	3,353	24,260	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	12,634	6,317	3,932	1,606	0,183
x ₂ Tempo de exposição	6,203	3,101	3,932	0,789	0,474
x ₃ Camada de grãos	-23,351	-11,676	3,932	-2,969	0,141
x ₁ · x ₂	12,201	6,100	3,932	1,551	0,196
x ₁ · x ₃	-10,747	-5,373	3,932	-1,366	0,244
x ₂ · x ₃	-8,809	-4,405	3,932	-1,120	0,325

5.3.8 Efeito latente da utilização da radiação UV-C sobre a porcentagem de contaminação fúngica das sementes de soja

Na Tabela 29 são apresentados os resultados das análises dos efeitos latentes da radiação UV-C sobre a porcentagem da contaminação fúngica das sementes de soja, em que foi significativa (p<0,10) para esta resposta apenas a intensidade de radiação.

Tabela 29 Efeitos das interações do planejamento DCC 2³ para a resposta da porcentagem de contaminação após armazenamento das sementes irradiadas com UV-C

Fatores	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão	t- Calculado	p-valor
Média	36,366	36,366	2,454	14,820	0,000
x ₁ Intensidade de radiação	-14,998*	-7,499	2,877	-2,606	0,060
x ₂ Tempo de exposição	1,663	0,832	2,877	0,289	0,787
x ₃ Camada de grãos	8,332	4,166	2,877	1,448	0,221
x ₁ · x ₂	-11,667	-5,833	2,877	-2,027	0,113
x ₁ · x ₃	8,332	4,166	2,877	1,448	0,221
x ₂ · x ₃	-1,667	-0,833	2,877	-0,290	0,786

Nota: * Coeficientes estatisticamente significativos (p<0,10).

A Equação 8 descreve a porcentagem de contaminação das sementes (%contaminação), após a exposição à radiação UV-C em função da intensidade de radiação.

$$\% \text{ contaminação} = 36,37 - 7,50 x_1$$

Eq.(8)

O modelo foi avaliado por meio de análise de variância (Tabela 30). Observou-se que para a medida de adequação do ajuste do modelo, o coeficiente de determinação (R^2) é igual a 0,3526, considerando baixa qualidade por não explicar 64,74% do processo de descontaminação. Porém, a regressão foi considerada significativa, sendo o modelo considerado ajustado.

Tabela 30 Resumo da análise de variância para a porcentagem de contaminação das sementes de soja armazenadas após a irradiação

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	449,895	1	449,895	4,902	0,054
Resíduos	825,919	9	91,769		
Falta de Ajuste	796,481	7	113,783	7,730	0,119
Erro Puro	29,438	2	14,719		
Total	1275,814	10			

$R^2 = 35,26\%$

Quanto maior a intensidade de radiação, menor é a porcentagem de contaminação das sementes de soja; a redução no ensaio 4 com intensidade de radiação de $2400 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ reduziu em 80% a contaminação das sementes de soja comparadas com as controle.

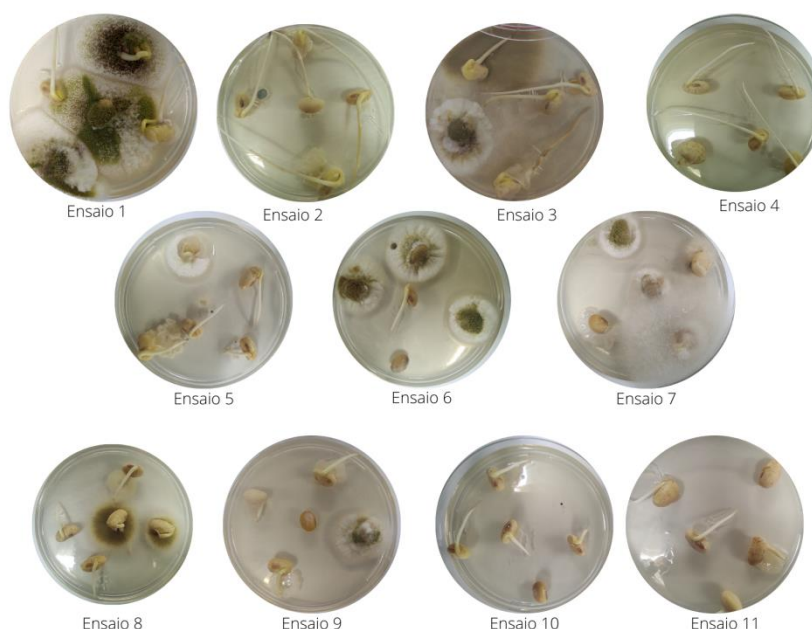


Figura 8 Aspecto visual do efeito latente da porcentagem de contaminação das sementes de soja, após a realização dos 11 ensaios do planejamento composto central (DCC2^3).

É importante observar (Figura 8) que mesmo após 30 dias de aplicação não houve aumento na média de contaminação em relação aos grãos recém-colhidos.

Paez et al. (2011) utilizaram lâmpadas UV-C de 15 W, intensidade de 11 mW cm^{-2} com tempos de exposição de até 30 min e encontraram resultados significativos nos tratamentos de 30 e 10 min, com reduções de 42,85 e 52,05% no número de grãos de milho infectados com *Fusarium spp.*, mostrando que a radiação UV-C pode ser útil para aplicação como germicida.

6 CONCLUSÃO

Com aplicação de intensidade de 2400 em $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ por 30 min, houve redução expressiva da contaminação de *Aspergillus flavus* e *Penicillium* ssp, a qual continuou reduzida após armazenamento.

Não se observou perda da qualidade fisiológica nos parâmetros testados e ainda se obtiveram indicativos de melhoria na germinação e no vigor das sementes.

Devido ao baixo poder de penetração da radiação UV-C, camadas menores com altura de 2 cm influenciaram positivamente na germinação e porcentagem de contaminação, contrapondo as análises de comprimento radicular e índice de velocidade de emergência, nas quais quanto maior a camada de semente, ou seja, alturas de 4 cm, melhores os resultados para estes fatores.

A radiação UV-C é uma tecnologia com potencial para redução fúngica de sementes de soja, sendo tempo de exposição e intensidade de radiação os fatores que mais lhe afetam.

7 REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J. M.; RIVERA, R. Hard-to-cook defect in black beans: hardening rates, water imbibition and multiple mechanism hypothesis. **Food Research International**, v. 25, n. 2, p. 101-108, 1992
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed Vigor Testing Handbook**. Lincoln. 2002. 105p. (Contribution 32).
- BACHMANN, R. **Sterilization by intense ultraviolet radiation**. The Brown Boveri Review. v. 62, p. 206-209, 1975.
- BALL, D. W. The electromagnetic spectrum: a history. **Spectroscopy**, v. 3, n. 22, p.14-17, 2007.
- BARBOSA, F.D. **Desenvolvimento de um sistema de radiação pulsada com LEDS UV-C para redução de patógenos pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos agrícolas**. 2015. 65f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2015.
- BARROS NETO, B.; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: aplicação na ciência e na indústria**. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- BARTNICKI, V. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Tratamentos hidrotérmico e com radiação UV-C no controle pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 737-745, 2011.
- BASU, R. N. Seed Viability. In: BASRA, A.S. (Ed.) **Seed Quality** - basic mechanisms and agricultural implications. New York: Food Products Press, 1994. p.1-44.
- BATISTA, F.O. **Estudo da influência das doses de radiação UV-C nas propriedades físico-química e sensorial instrumental de morango**. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2017.
- BAUD, S.; LEPINIEC, L. Physiological and developmental regulation of seed oil production. **Progress in Lipid Research**, v. 49, p. 235-249, 2010.
- BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTAL, M. D.; ROTA, G. R. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Universitária – UFPel, 2003. p. 370-418.
- BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **Seed News**, v. 9, n. 5, p. 22-24, 2007.
- BEGUM, M.; HOCKING, A. D.; MISKELLY, D. Inactivation of food spoilage fungi by ultraviolet (UVC) irradiation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 129, n. 1, p. 74-77, 2009.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2.ed., New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry: a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 6, p. 637-645, 2000.

BOTELHO, F. M.; CORREA, P. C.; MARTINS, M. A.; BOTELHO, S. C. C.; OLIVEIRA, G. H. H. Effects of the mechanical damage on the water absorption process by corn kernel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, p. 282, 2013.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **REGRAS para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 395 p.

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

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

CATÃO, H. C. R. M.; COSTA, F. M.; VALADARES, S. V.; DOURADO, E. R.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; SALES, P. N. L. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho criadas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2060-2066, 2010.

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A. P.; SILOTO, R. C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Fitossanidade**, Bragantia, v. 63, p. 227-237, 2004.

CHANG, J. C. H.; OSSOFF, S. F.; LOBE, D. C.; DORFMAN, M. H.; DUMAIS, C. M.; QUALLS, R. G.; JOHNSON, J. D. UV Inactivation of Pathogenic and Indicator Microorganisms. **Applied and environmental microbiology**, v. 49, p. 1361-1365, 1985.

CHANG, J.C.; OSSOFF, S. F.; LOBE, D. C. Inativação por UV de microrganismos patogênicos e indicadores. **Applied and Environmental Microbiology Journal**, v. 49, p.1361-1365, 1985.

CHRIST, D. **Secagem de clara de ovo em leite de jorro fluidizado bidimensional**. 2006. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2006.

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. Deterioration of stored grains by fungi. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 3, n. 1, p. 69-84, 1965.

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. **Biological processes in stored soybeans**. In: SMITH, A. K. **Soybeans Chemistry and Technology**. v.1. West Port: AVI Publishing, p. 278-293, 1972.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4167-clima-adverso-impacta-as-lavouras-e-producao-deve-chegar-a-254-milhoes-de-toneladas-na-safra-2020-21>. Acesso em 17 ago. 2021.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. New York: Chapman and Hall, 2001. 467p. DOI: 10.1007/978-1-4615-1619-4.

COSTA, L.; VICENTE, A. R.; CIVELLO, P. M.; CHAVES, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 204-210, 2006.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PEREIRA, L. A. G.; BARRETO, J. N. Efeito do retardamento de colheita de cultivares de soja sobre a

qualidade da semente produzida. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1982/83**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1983. p.61-64.

D'ARCE, M. A. B. R. **Pós-colheita e armazenamento de grãos**. 2006. Disponível em: <https://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/armazenamento-de-graos-1.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

DAI, T.; VRAHAS, M. S.; MURRAY, C. K.; HAMBLIN, M. R. Irradiação por ultravioleta C: uma abordagem antimicrobiana alternativa para infecções localizadas. **Expert Review of Anti-Infective Therapy**, v. 10, n. 2, p. 185-195, 2012.

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

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 17, n. 1, 2009. DOI: 10.13083/reveng.v17i1.88.

DENG, J.-C.; LIU, J.; LEI, T.; YANG, F.; SU, B.; CUI, L. Effect of seed mildew in field on yield and quality of soybean during harvest season. **Chinese Journal of Oil Crop Sciences**, v. 37, p. 77-82, 2015.

EMBRAPA. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade** Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. il. Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, p. 323, 2004.

FLORES-CERVANTES, D. X.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Efficacy of individual and combined UVC light and food antimicrobial treatments to inactivate *Aspergillus flavus* A. Nigerspores in peach nectar. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, n. 1, p. 244-252, 2013.

FONTANA, L. F.; DIAS, A. C. R.; HICARO, V. Interference of *Meloidogyne javanica* in the reproduction of *Pratylenchus brachyurus* in soybean cultivar BRS/MT pintado. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 143-147, 2018.

FOROUGHBAKHCH-POURNAVAB, R.; BACÓPULOS-MEJÍA, E.; BENAVIDES-MENDOZA, A. Efecto de la irradiación con uv-c en la germinación y vigor de tres especies Vegetales. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 2, n. 5, p. 129-137, 2015.

FOTOUH, M. M. A.; GUINDI, F.; EL-NAGGAR, H. A.; EL-DIN, M. T.; ELDEEN, H. S. Influence of seed treatment with UV-C on saline stress tolerance in green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences**, v.9, p. 391-414, 2014.

FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A.; ZUFFO, N. L.; BARRETO, J. N.; PEREIRA, L. A. G. **Efeito da época de semeadura sobre a qualidade da semente de soja no Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: EMPAER, p. 9, 1984.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Diacom**: diagnóstico completo da qualidade de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, p.22, 1992.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSK, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. Tecnologia da produção de semente da soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 3, 2010.

FRANCA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 107-116, 1993.

GALLI, J. A.; PANIZI, R. de C.; VIEIRA, R. D. Sobrevivência de patógenos associados a sementes de soja armazenadas durante seis meses. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 205-213, 2007.

GALLI, J. A.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Phomopsis sojae* na qualidade sanitária e fisiológica nas sementes de soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 40-46, 2007.

GIANASI, L.; BERGAMIN FILHO, A.; FERNANDES, N.; LOURENÇO, S. A.; SILVA, C. L. Eficiência do fungicida captan associado a outros fungicidas no tratamento químico de sementes de soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 241-245, 2000.

GIESE, A. C. Studies on ultraviolet radiation action upon animal cells. In: GIESE, A. C. (Ed.). **Photophysiology - Vol. 2**, p. 203-245, NY-London: Academic Press, 1964.

GONZALES-AGUILAR, G.; WANG, C. Y.; BUTA, G. J. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 5, p. 415-422, 2004.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2018.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle**. In: FERREIRA, E. N. do. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2005. 72p.

GOULART, A. C. P.; MELO FILHO, G. A. de. **Quanto custa tratar as sementes de soja, milho e algodão com fungicidas?** Dourados: Embrapa/ CPAO, 2000. 23p.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, v. 3, n. 10, p. 137-147, 2004.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOSLOWSKI, T. T. **Seed biology**. New York, Academic Press, v. 3, p. 145-245, 1972.

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

HENNING, A. A.; CATTELAN, A. J.; KRZYZANOWKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N. P. da. **Tratamento e inoculação de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 6p.

KACHARAVA, N.; CHANISHVILI, S.H.; BADRIDZE, G.; CHKHUBIANISHVILI, E.; JANUKASHVILI, N. Effect of seed irradiation on the content of antioxidants in leaves of Kidney bean, Cabbage and Beet cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, v. 3, p. 137-145, 2009.

KAREL, M.; LUND, D. B. **Physical principles of food preservation**. New York: Marcel Dekker, 2003..

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Embrapa Soja, 2018.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2 ed. Curitiba: Ed. do Autor, p.148, 1997.

LIMA, D. C.; RODRIGUES, E. L. L.; JORGE, L. A. C. **Application of Image Processing Techniques to automate the Seed Vigor Assessment Process in Soybean SeedLings**. In: Workshop de visão computacional, 2013

LING, L.; JIAFENG, J.; JIANGANG, L.; MINCHONG, S.; XIN, H.; HANLIANG, S.; YUANHUA, D. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. **Scientific Reports**, n. 4, p. 58-59, 2014.

LINKE JUNIOR, V. Armazenamento de sementes de soja em atmosfera modificada e controlada de silos e exposição a raios UV. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, 2014.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G.; TAPIA, M. S.; CANO, M. P. **Novel food processing technologies**. New York: CRC, 2005.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALTA, M. R.; THEODORO, V. C. de A.; CHAGAS, S. J. de R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. de. Caracterização de lavouras cafeeiras sob o sistema orgânico do Município de Poço Fundo, MG. In: 31º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2005, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. p. 399-400.

MANZOCCO, L.; QUARTA, B.; DRI, A. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 4, p. 506-511, 2009.

MARTINS-FILHO, S.; LOPES, J. C.; RANGEL, O. J. P.; TAGLIAFERRE, C. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em condições de ambiente natural em Alegre – ES. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 201-208, 2001.

MEDEIROS, J.; ARAUJO NETO, A.; URSULINO, M.; NASCIMENTO, L.; ALVES, E. Fungos associados às sementes de *enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 47-58, 2016.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 13-18, 2009.

MONDARDO, A. A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho, 2015. **Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2015.

OLIVEIRA, V. A.; MARTINS, L. P.; GONÇALVES, R. C.; BENÍCIO, L. P. F.; COSTA, D. L.; LUDWIG, J. Use of seed treatment with fungicide in control of *colletotrichum truncatum* and physiological quality of soybean seeds glycine max. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 98-106, 2013.

PAEZ, R.; CARMEN, L.; REYES, M. C. P.; AGUILAR, C.; DOMINGUEZ-PACHECO, A.; MARTINEZ, E. M.; CRUZ-OREA, A.; BONILLA, J. L. L. Control of natural mycobiota in maize grains by ultraviolet (UVC) irradiation. **Acta Agrophysica**, v. 18, p. 375-388, 2011.

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, G. E.; ROSA, M. C. M.; COSTA NETO, J. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p.433-440, 2009.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; HOWARD, L. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p.280-285, 2008.

PHILIPS. **Ultraviolet purification application information**. p. 1-30, 2006. Disponível em: http://www.lighting.philips.com/b-dam/b2b-li/en_AA/products/special-lighting/uv-purification/downloads/Philips%20UV%20Technology%20brochure.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

POPOVIĆ, V.; FAIRBANKS, N.; PIERSCIANOWSKI, J.; BIANCANIELLO, M.; ZHOU, T.; KOUTCHMA, T. Feasibility of 3D UV-C treatment to reduce fungal growth and mycotoxin loads on maize and wheat kernels. **Mycotoxin Research**, v. 34, n. 3, p. 211-221, 2018. DOI: 10.1007/s12550-018-0316-3.

PROMYOU, S.; SUPAPVANICH, S. Effect of ultraviolet-C (UV-C) illumination on postharvest quality and bioactive compounds in yellow bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) during storage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 4084-4096, 2012.

PROTIMIZA. **Protimiza experimental design**. Campinas: PROTIMIZA, 2014. Versão 1. Disponível em: <https://experimental-design.protimiza.com.br/>. Acesso em: 05 jun. 2019.

RIBEIRO, C.; CANADA, J.; ALVARENGA, B. Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 24, n. 6, p. 586-597, 2012.

RIVERA-PASTRANA, D. M.; BÉJAR, A. A. G.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; RIVERA-DOMÍNGUEZ, M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 30, n. 4, p. 361-372, 2007.

SALINAS, A. R.; CRAVIOTTO, R. M.; BISARO, V. Influencia de la calidad de la semilla de *Glycine max* (L.) Merrill em la implantacion del cultivo y superacion de estres ambiental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 379-386, 1996.

SANCHES, A. L.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Radiação UV-C na longevidade pós-colheita de tangerinas sob refrigeração. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, p. 338-344, 2016.

SANTOS, E. R.; SPEHAR, C. R.; CAPONE, A.; PEREIRA, P. R. Estimativa de parâmetros de variação genética em NProgênes F2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 61-70, 2018.

SANTOS, L. A.; FARIA, C. M. D. R.; MAREK, J.; DUHATSCHEK, E.; MARTINICHEN, D. Radiotherapy and thermotherapy as soybean seed treatments. **Brazilian Journal of Applied Technology in Agrarian Sciences**, v. 9, p. 37-44, 2016.

SARGHEIN, S. H.; CARAPETIAN, J.; KHARA, J. The effects of UV radiation on some structural and ultrastructural parameters in pepper (*Capsicum longum* A.DC.). **Turkish Journal of Biology**, v. 35, p. 69-77, 2011.

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

SHEN, Y.; SUN, Y.; QIAO, L.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 50-57, 2013.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2007.

SOUZA, J. F. **Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para conservação de mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas**. 2012. 116f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal - SP, 2014.

STATSOFT, Inc. **Statistica for Windows** (Data analysis software system), versão 7.1. Tulsa: Statsoft, 2005.

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

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; WHITE, G. M. Seed production and technology. In: WILCOX, J. R. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 295-353, 1987.

TEKRONY, D. M.; NELSON, C.; EGLI, D. B.; EGLI, G. M. Predicting soybean seed deterioration during warehouse storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 127-137, 1993.

TIMÓTEO, T. S.; MARCOS FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, p. 207-215, 2013.

TONG, J. Y.; HE, R.; ZHANG, X. L.; ZHAN, R. T.; CHEN, W. W.; YANG, S. Z. Effects of atmospheric pressure air plasma pretreatment on the seed germination and early growth of *Andropogon paniculata*. **Plasma Science and Technology**, v. 16, p. 260, 2014.

TURTOI, M. Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: a review. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, Timisoara, v. 19, n. 3, p. 325-337, 2013.

VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG, UFV, 2006. 206 p.

WILSON JR., D. O. The storage of orthodox seeds. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1994. p.173-207.

WOLFE, R. L. Ultraviolet disinfection of potable water. **Environmental Science & Technology**, v. 24, p. 768- 772, 1990

ZHANG, H.; HU, L. Y.; HU, K. D.; HE, Y. D.; WANG, S. H.; LUO, J. Hydrogen sulfide promotes wheat seed germination and alleviates oxidative damage against copper stress. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50 p. 1518-1529, 2008.