



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA



ALISSON MENDES DE SOUSA BARROS

**EFEITO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY,
1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM MILHO ARMAZENADO**

TERESINA - PI

2024

ALISSON MENDES DE SOUSA BARROS

**EFEITO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY,
1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM MILHO ARMAZENADO**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. Jean Kelson da Silva Paz.

**TERESINA - PI
2024**

ALISSON MENDES DE SOUSA BARROS

**EFEITO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY,
1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM MILHO ARMAZENADO**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. Jean Kelson da Silva Paz.

Aprovado em 13 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jean Kelson da Silva Paz – CCA / UESPI
Orientador

Prof. Dra. Helen Cristina de Arruda Rodrigues – CCA / UESPI
Membro

Prof. Dr. Cícero Nicolini – CCA / UESPI
Membro

EFEITO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM MILHO ARMAZENADO¹

EFFECT OF UV-C IRRADIATION ON *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN STORED CORN

Alisson Mendes de Sousa Barros²

Jean Kelson da Silva Paz³

Resumo: O milho (*Z. mays* L.) é um dos principais grãos produzidos no Brasil, tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal. Entretanto, quando o armazenamento do grão é realizado de forma inadequada, contribui para o ataque de insetos e fungos que geram perdas de valor nutricional e comercial. Dessa maneira, pode-se utilizar medidas alternativas de controle, visando a diminuição dos resíduos químicos nos grãos e prezando pela saúde dos trabalhadores rurais. Esta pesquisa fez-se necessária para avaliar o efeito do tempo da irradiação UV-C sobre *S. zeamais* em milho armazenado. O experimento foi desenvolvido em câmara de avaliação de resistência de produtos armazenados a pragas, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), com condições controladas. Foi utilizada colônia de *S. zeamais* que foi mantida através da adição semanal de grãos de milhos não tratados quimicamente. O experimento foi implantado em delineamento experimental inteiramente casualizado com 7 tratamentos (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos de irradiação UV-C sobre grãos infestados). Cada tratamento teve 5 repetições, onde cada parcela consistiu em um recipiente plástico contendo 15 gramas de grãos de milho infestado com *S. zeamais*. As 35 parcelas foram dispostas aleatoriamente dentro de armário de armazenamento, sem iluminação. As parcelas eram avaliadas a cada 30 dias, quando ocorria a contagem dos insetos. Posteriormente os dados foram avaliados através de análise de regressão, onde foram obtidas a curva de regressão e o coeficiente de determinação. A quantidade de insetos decresce linearmente entre 10 e 20 e entre 30 e 50 minutos de exposição à irradiação ultravioleta, contribuindo para a diminuição da perda de peso dos grãos, que ocorre linearmente entre 10 e 40 minutos, se estabilizando entre 40 e 60 minutos de exposição à irradiação ultravioleta. A irradiação de luz UV-C afeta negativamente o crescimento da população de *S. zeamais*, diminuindo a perda de peso dos grãos em milho armazenado.

Palavras-chave: luz; gorgulho; grãos.

Abstract: Corn (*Z. mays* L.) is one of the main grains produced in Brazil, intended for both human and animal consumption. However, when grain storage is carried out inadequately, it contributes to insect and fungal attacks that result in losses in nutritional and commercial value. Thus, alternative control measures can be employed to reduce chemical residues in the grains and to ensure the health of rural workers.

¹ Artigo apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Data de submissão à Universidade: 13/12/2024.

² Aluno do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina-PI. E-mail: alissonmendesbarros@aluno.uespi.br.

³ Professor(a) do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Título (especialista, mestre, doutor) em agronomia.

This research was necessary to evaluate the effect of UV-C irradiation time on *S. zeamais* in stored corn. The experiment was conducted in a pest resistance evaluation chamber at the Agricultural Sciences Center (CCA), under controlled conditions. A colony of *S. zeamais* was maintained by the weekly addition of chemically untreated corn kernels. The experiment was designed in a completely randomized experimental design with 7 treatments (0, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 minutes of UV-C irradiation on infested grains). Each treatment had 5 replications, with each plot consisting of a plastic container containing 15 grams of corn kernels infested with *S. zeamais*. The 35 plots were randomly arranged inside a storage cabinet without lighting. The plots were evaluated every 30 days, when insect counting took place. Subsequently, the data were evaluated through regression analysis, obtaining the regression curve and the determination coefficient. The number of insects decreases linearly between 10 and 20 and between 30 and 50 minutes of exposure to ultraviolet irradiation, contributing to the decrease in grain weight loss, which occurs linearly between 10 and 40 minutes, stabilizing between 40 and 60 minutes of ultraviolet irradiation exposure. UV-C light irradiation negatively affects the growth of the *S. zeamais* population, reducing the weight loss of stored corn grains.

Keywords: light; weevil; grains.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae, apresenta grande adaptabilidade, visto que possui variados genótipos, o que permite o seu cultivo desde a linha do Equador até as regiões temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em regiões de climas tropicais, subtropicais e temperados (Barros; Calado, 2014).

Trata-se de um grão que tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais, sendo uma importante fonte de carboidratos e contendo quase todos os aminoácidos conhecidos, com exceção da lisina e do triptofano (Barros; Calado, 2014). Além disso, o milho é fonte de matéria prima para diferentes produtos como bebidas, combustíveis, polímeros, entre outros (Contini *et al.*, 2019).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção da safra 2022/23, atingiu aproximadamente 131 milhões de toneladas, representando um aumento de 16% em comparação com a safra anterior. Essa expansão na produção total é resultado do aumento da área de cultivo de milho segunda safra (CONAB, 2023).

Segundo a Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (2016), no Brasil existem aproximadamente 4,4 milhões de estabelecimentos familiares, e sua maior parte está concentrado no Nordeste. A agricultura familiar está presente em 90% dos municípios brasileiros e, também responde por 35% do produto interno bruto nacional, absorve 40% da população economicamente ativa do país; sendo responsável por 46% do milho produzido.

O armazenamento do milho na propriedade familiar é muitas vezes realizado utilizando-se técnicas rudimentares e estruturas improvisadas, que geralmente são inadequadas para o correto acondicionamento dos grãos e das espigas. Grande parte dos agricultores familiares cultiva o milho para ser consumido na propriedade, principalmente para alimentação animal (Pimentel *et al.*, 2011).

Em determinadas regiões, dependendo da mão de obra disponível, o agricultor realiza a colheita do milho em etapas, misturando produtos com diferentes características. Após a colheita, o milho é, em sua maioria, armazenado em espigas empalhadas, principalmente em paióis de alvenaria ou de madeira. A precariedade das estruturas e a falta de cuidados no armazenamento podem potencializar os riscos de perdas por ataque de roedores, fungos e insetos, além da contaminação por micotoxinas, reduzindo a quantidade e a qualidade do milho armazenado. Estima-se que pelo menos 15% das perdas de grãos armazenados são causadas diretamente por insetos e fungos (Pimentel *et al.*, 2011).

Além disso, os climas tropical e subtropical são predominantes no Brasil, isso aliado a condições inadequadas de armazenamento dos grãos como alta umidade, alta temperatura, baixa aeração e estruturas precárias, favorecem o desenvolvimento completo de insetos-praga e fungos, contribuindo para as perdas quantitativas e qualitativas nos grãos (Dias *et al.*, 2020).

As pragas agrícolas são responsáveis por grande parte das perdas durante o armazenamento dos grãos, sendo que os *Sitophilus* sp. (gorgulhos) são os principais agentes de infestação do milho. Esses insetos podem acarretar a redução da qualidade geral dos grãos, com perda de valor nutricional e comercial (Feliciano, 2023).

O ciclo da praga se relaciona aos danos diretos no milho, onde as fêmeas adultas fazem um pequeno buraco no grão, depositando os ovos e depois o selam com substância mucosa. As fêmeas ovipositam um único ovo em cada buraco. O ovo eclode de 3 a 6 dias após a postura, dando origem a uma larva que se alimenta do interior do grão. A larva passa por 4 estágios larvais antes de formar a pupa, que também se desenvolve internamente no grão até a emergência do adulto, que deixa um buraco de emergência característico, de formato circular. O ciclo de vida se completa em cerca de 30 dias e o adulto tem uma longevidade de cerca de 3-6 meses (Gallo *et al.*, 2002; Correias, 2020).

Por sua vez, os danos indiretos no milho, estão relacionadas a chegada de fungos trazidos do campo pelos gorgulhos e que entram em contato com o milho após os danos nos grãos provocados pelos insetos. Os fungos em contato com os grãos, produzem substâncias tóxicas denominadas micotoxinas, um grupo de metabólitos secundários que induzem a uma série de reações tóxicas no organismo animal, podendo desencadear a diminuição da atividade motora, perda de capacidade reprodutiva e doenças psíquicas, principalmente em bovinos, ovinos, suínos e aves (Dias *et al.*, 2020).

Dessa forma, a irradiação ultravioleta do tipo C (UV-C), pode ser usada para o controle de pragas e fungos em grãos armazenados, visto que é uma tecnologia amplamente utilizada na indústria alimentícia para o controle de deterioração de alimentos, uma vez que a irradiação atua como germicida, resultando na descontaminação dos produtos alimentícios, por meio da destruição total ou parcial dos microrganismos (Gouvêa *et al.*, 2014). Segundo Feliciano (2023), os efeitos da irradiação são incontestáveis, uma vez que a mortalidade dos insetos é ocasionada devido aos radicais livres da irradiação, os quais são muito reativos, danificando o DNA e as estruturas da membrana celular, garantindo a morte dos insetos.

O UV-C corresponde ao conjunto de frequência de ondas eletromagnéticas que são maiores que as frequências da luz visível e menores que as frequências dos raios-x (Clough *et al.*, 1996). Os raios ultravioletas também podem ser subdivididos em raios UV - A (320-400 nm), UV - B (280-320 nm) e UV - C (1-280 nm). O UV - C, por sua

vez, é o ultravioleta de maior frequência, capaz de destruir micro-organismos e esterilizar objetos (Helerbrock, 2022).

A irradiação UV-C possui alto poder desinfetante e ação germicida, promovendo danos ao DNA e à membrana celular, por meio da oxidação de moléculas biológicas, lipídios, proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos. O uso da irradiação ultravioleta pode substituir o controle químico utilizado, pois é uma forma mais prática de realizar o controle, diminuindo os riscos de contaminação ao meio ambiente e a saúde humana, principalmente em relação a aplicação inadequada dos químicos (Feliciano, 2023). Além disso, o uso da irradiação luminosa UV-C oferece alternativas viáveis e de baixo custo para o tratamento de sementes infestadas por pragas de produtos armazenados (Souza, 2022).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tempo da irradiação UV-C sobre *S. zeamais* em milho armazenado, em Teresina (PI).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Piauí, em Teresina (PI), de junho a agosto de 2024, na câmara de avaliação de resistência de produtos armazenados a pragas, do Centro de Ciências Agrárias (CCA). Para isso foi usado uma colônia de insetos da espécie *S. zeamais*, colônia essa obtida na zona rural de Teresina (Povoado Soinho) e mantida com a adição de grãos de milho não tratado quimicamente. A colônia era composta por insetos nos estágios de ovo, larva, pupa, jovens e adultos.

O experimento foi conduzido em uma estufa de dimensões 0,60 m x 0,80 m x 0,80 m revestida com isopor e papel alumínio, com uma lâmpada germicida UV-C. A lâmpada usada osram UV-C (uv-c lamps for purification) com comprimento de onda UV - C entre 200...280 nm, diâmetro 16,0 mm e Comprimento 136,0 mm com referência do pedido HNS 4W G5.

A colônia de insetos foi submetida a diferentes períodos de irradiação luminosa dentro da estufa, seguindo respectivamente os tratamentos de 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. A cada tempo de irradiação realizado, o milho era retirado da estufa e adicionado em recipiente plástico fechado. Estes tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, onde cada parcela era representada por 15 gramas de grãos de milho infestados com *S. zeamais*, totalizando 35 parcelas.

Após o processo de irradiação, as parcelas foram armazenadas em armário em câmara de avaliação de resistência de produtos armazenados a pragas, mantendo-se a iluminação desligada, por um período de 90 dias, onde foram avaliadas a evolução da infestação da praga, seguindo metodologia adaptada de Souza (2022).

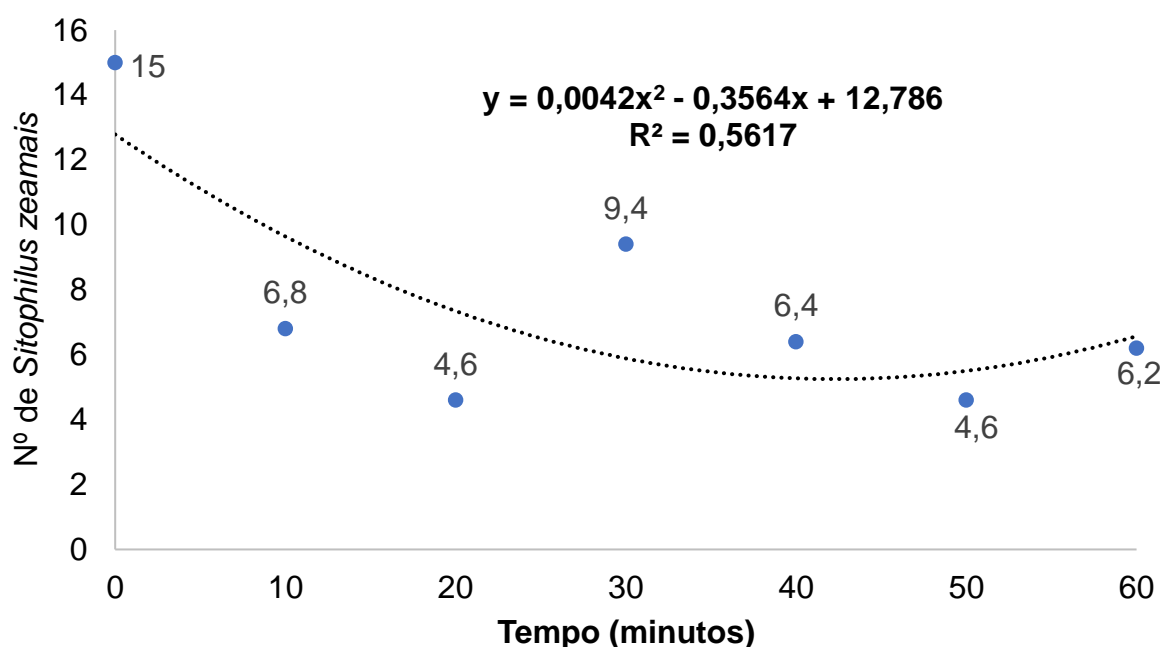
Posteriormente os dados coletados foram tabulados e avaliados através de análise de regressão, onde foram obtidas a curva de regressão e o coeficiente de determinação, com auxílio do programa computacional Microsoft Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos tempos de irradiação UV-C testados em cada tratamento, observou-se o decréscimo da população de *S. zeamais* a partir de 10 minutos de irradiação e, em momento algum, a quantidade de insetos nos tempos de irradiação testados foi superior a quantidade de insetos no tratamento controle (0 minutos).

A quantidade de insetos decresce linearmente entre 10 e 20 e entre 30 e 50 minutos de exposição à irradiação ultravioleta. Em relação a quantidade de insetos em cada tratamento, no tempo de 0 minutos foi observado o maior número, com uma média de 15 insetos, nos períodos de 20 e 50 minutos observou-se as menores quantidades, ambos com uma média de 4,6 insetos, seguido pelos tempos de 60, 40 e 10 minutos, que apresentaram uma média de 6,2; 6,4 e 6,8 insetos, respectivamente. Em relação ao período de 30 minutos, foi observado uma média de 9,4 insetos, sendo a segunda maior média, abaixo apenas do tempo de 0 minutos, que registrou uma média de 15 insetos. A irradiação de luz UV-C afeta negativamente o crescimento da população de *S. zeamais* em milho armazenado, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Número de *S. zeamais* em diferentes tempos de irradiação UV-C, em milho armazenado, em Teresina (PI)



Fonte: Autores (2024)

Em relação ao percentual de diminuição da população dos insetos em cada tempo de irradiação UV-C, em relação ao tempo controle (0 minutos), os tempos de 20 e 50 minutos registraram as maiores diminuições, ambos com 69,33%, seguidos pelos períodos de 60, 40 e 10 minutos, que registraram reduções de 58,67%, 57,33% e 54,67%, respectivamente. Em relação ao tempo de 30 minutos, observou-se uma redução 37,33% da população de *S. zeamais*, representando a menor diminuição de todos os tempos de irradiação UV-C testados. Por sua vez, o período de 0 minutos de UV-C não apresentou redução da população dos insetos, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – Percentual de diminuição da população de *S. zeamais*, em diferentes tempos de irradiação UV-C em milho armazenado, em Teresina (PI)

Tempos de irradiação UV-C (minutos)	Diminuição da população de <i>S. zeamais</i> (%)
0	0
10	54,67
20	69,33
30	37,33
40	57,33
50	69,33
60	58,67

Fonte: Autores (2024)

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com o observado por Souza (2022), que utilizando os mesmos tempos de irradiação UV-C, observou que as sementes de feijão irradiadas com *Sitophilus* sp. apresentaram redução na eclosão dos ovos após 30 dias de repouso. Entretanto, o trabalho demonstrou que a maior quantidade de insetos foi observada no tempo de 10 minutos (3,2 insetos), diferindo do presente trabalho em que a maior quantidade de insetos foi observada no tempo de 0 minutos (15 insetos). Nos tempos de 20, 30, 40, 50 e 60 minutos, foi observada a diminuição da população dos insetos em ambos os trabalhos, demonstrando que o aumento do tempo de irradiação UV-C melhora a eficiência no controle da praga.

Além disso, Souza (2022) destacou o efeito dos diferentes tempos da luz UV-C na germinação de sementes *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Infestadas com *Sitophilus* sp. observando que a germinação média foi em torno de 15%, sendo o tratamento de 40 minutos o que apresentou porcentagem de germinação em torno de 30%.

Enu e Enu (2014), observaram que a irradiação UV-C controlou os *S. zeamais* adultos em grãos de milho, com uma eficiência de 99,5 e 100% de mortalidade por 21 e 52 dias, respectivamente. No presente trabalho, os tempos de 20 e 50 minutos de irradiação UV-C registraram o maior percentual de controle da população de *S. zeamais*, ambos com 69,33% de diminuição da população dos insetos, após 90 dias da irradiação realizada.

Os resultados obtidos por Feliciano (2023), indicam que a aplicação de luz UV-C não causou alteração da população em relação ao controle em nenhum dos tempos de aplicação verificados, diferindo do presente trabalho. Isso pode ser devido à aplicação no início do armazenamento, quando ainda não há ovoposição, visto que foi utilizado milho sadio e os insetos foram adicionados para iniciar a infestação, seguindo uma metodologia diferente do presente trabalho, onde o milho utilizado já estava infestado com a presença de ovos, larvas, pupas, insetos jovens e adultos. Além disso, em casos em que a aplicação da irradiação UV-C foi não efetiva, a redução pode ser explicada muitas das vezes pela camada de grãos, que pode interferir com menor potencial (Silva, 2021).

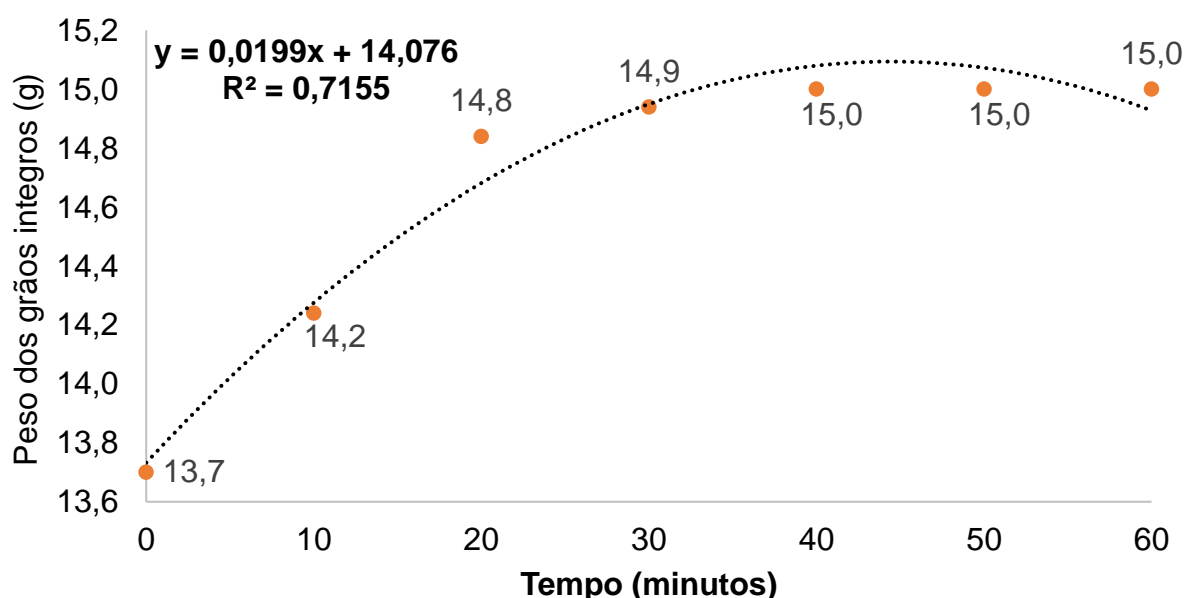
O efeito da irradiação UV-C em insetos tem relação com o observado por Faruki *et al.* (2007) e Ghanem, Orfi e Shamma (2007), que irradiando ovos e larvas de gorgulho do trigo diretamente em placas de Petri, verificaram que houve uma redução do número de ovos chocados bem como uma menor população de indivíduos adultos. Segundo Tungjitwitayakul *et al.* (2016), a irradiação é mais efetiva nessa ordem: ovos, larvas, pupas e adultos.

De acordo com Ahmed *et al.* (2019), o uso da luz ultravioleta no controle das pragas de grãos armazenados está diretamente relacionado com a ação dela sobre as funções celulares e genéticas, pois causa danos diretos no DNA, como por

exemplo, a metilação do mesmo e alteração nas bases nitrogenadas, de modo que uma maior concentração de luz permite um aumento nas espécies reativas do oxigênio, promovendo estresse oxidativo e oxidando moléculas biológicas como, por exemplo, os lipídeos e as membranas.

Para mais, como resultado da diminuição da população de *S. zeamais* pelo efeito da irradiação de luz UV-C, foi observado no presente trabalho a diminuição da perda de peso dos grãos de milho, que ocorre linearmente entre 10 e 40 minutos, se estabilizando entre 40 e 60 minutos de exposição à irradiação ultravioleta. Em relação ao peso médio dos grãos inteiros em cada tratamento, o tempo 0 minutos registrou o menor peso, com 13,7 gramas, seguido pelos períodos de 10, 20 e 30 minutos, que registraram 14,2; 14,8 e 14,9 gramas, respectivamente. Em relação aos tempos de 40, 50 e 60 minutos, não ocorreram perdas de peso e os grãos mantiveram 15 gramas, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Peso de grãos de milho armazenado sob infestação de *S. zeamais*, em diferentes tempos de irradiação UV-C, em Teresina (PI)



Fonte: Autores (2024)

Em relação ao percentual de perda de peso dos grãos em cada tratamento, o tempo controle (0 minutos), registrou a maior perda, com 8,67%, seguido pelos períodos de 10, 20 e 30 minutos, que registram perdas de 5,33%, 1,33% e 0,67%, respectivamente. Em relação aos tempos de 40, 50 e 60 minutos, não ocorreram perdas de peso dos grãos, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 – Percentual de perda de peso de grãos sob infestação de *S. zeamais*, em diferentes tempos de irradiação UV-C em milho armazenado, em Teresina (PI)

Tempos de irradiação UV-C (minutos)	Perda de peso de grãos de milho (%)
0	8,67
10	5,33

20	1,33
30	0,67
40	0
50	0
60	0

Fonte: Autores (2024)

Os resultados obtidos foram semelhantes ao observado por Ferreira (2018), em que a redução da massa seca dos grãos pelo ataque do gorgulho foi de 0%, 1,6%, 2,7%, 2,8% e 6,5%, ao testar 0 e 10 J/cm² de irradiação UV-C em tratamentos com gorgulhos imaturos, com gorgulhos adultos e tratamentos sem nenhum gorgulho.

No mesmo trabalho, o autor observou que a maior perda da massa seca dos grãos foi de 6,5%, ocorrendo no tratamento que continha gorgulhos adultos e que não foi aplicada a irradiação UV-C, resultado semelhante ao observado no presente trabalho, em que a maior perda de peso dos grãos foi de 8,67%, ocorrendo no tratamento de 0 minutos de irradiação UV-C. O autor observou ainda, que ao aplicar 10 J/cm² de UV-C nos tratamentos com gorgulhos adultos, a perda da massa seca dos grãos diminuiu para 1,6%, resultando semelhante foi observado no presente trabalho, em que ao aplicar 20 minutos de UV-C, a perda de peso dos grãos diminuiu para 1,33%. Além disso, Ferreira (2018) observou que ao aplicar a irradiação UV-C nos tratamentos sem nenhum gorgulho, não ocorreram perdas da massa seca dos grãos, observou-se o mesmo neste trabalho, visto que nos tempos de 40, 50 e 60 minutos de UV-C não ocorreram perdas de peso dos grãos.

Entretanto, em relação aos tratamentos onde não ocorreram perdas de massa seca dos grãos, no presente trabalho esse resultado ocorreu em função dos tempos de irradiação UV-C, apenas nos tempos de 40, 50 e 60 minutos, enquanto que no trabalho de Feliciano (2018), isso ocorreu em função da presença dos insetos, apenas no tratamento que não tinha nenhum gorgulho, visto que nos tratamentos onde haviam gorgulhos, a aplicação do UV-C diminuiu a perda de massa seca dos grãos, porém as perdas não foram nulas, demonstrando que 10 J/cm² de UV-C não foi suficiente para anular as perdas de peso dos grãos em milho sob a infestação de gorgulho, talvez sendo necessário uma quantidade maior de irradiação UV-C em J/cm².

Além de apresentar efeito na diminuição da população de pragas de grãos armazenados, diminuindo a perda de peso dos grãos, a irradiação UV-C apresenta efeito na diminuição de fungos que produzem micotoxinas nos grãos. Feliciano (2023), ao testar a aplicação da luz UV-C com tempo de 9 e 5 minutos com camadas de grãos de 2,5 e 1,5 cm, respectivamente, observou que a aplicação de luz UV-C teve efeitos significativos e positivos na qualidade dos grãos contaminados com aflatoxina. Além disso, demonstrou que o menor tempo testado já foi suficiente para eliminação total desse contaminante nos grãos e que a redução da altura da camada de grãos tem efeito confirmatório na eliminação das micotoxinas.

Tungjitwitayakul, Yasanga e Tatun (2020), observaram que as pupas de *Tribolium castaneum* irradiadas com UV-C, apresentaram anormalidades nas antenas dos insetos adultos. Segundo Tungjitwitayakul, Suppasat e Tatun (2022), a irradiação UV-C reduz a quantidade total de proteína nos órgãos reprodutivos de *T. castaneum*, o que se correlaciona com a redução no tamanho dos órgãos reprodutivos, se relacionando com o observado por Bhardwaj et al., (2019), que em estudos com *Callosobruchus* sp. observaram atraso na eclosão de ovos ovipositados por insetos adultos irradiados com UV. Mesmo após um mês, não houve eclosão de ovos com 30

e 60 min de exposição à luz UV-C. No caso de insetos adultos tratados com UV, o ciclo de vida foi atrasado com muita supressão do desenvolvimento e durações prolongadas de estágios imaturos com crescente exposição de UV.

Segundo Hori et al., (2014), os efeitos da irradiação UV-C atuam diretamente na composição dos ácidos nucleicos, bioquímicos ou fisiológicos, afetando negativamente o desenvolvimento dos insetos, ocorrendo a degradação do feromônio, reduzindo a taxa de fecundação das fêmeas e produzindo menores quantidades de ovos.

Esses estudos são um indicativo do efeito da irradiação UV-C na alteração da morfologia e do ciclo reprodutivo desses insetos, o que se correlaciona com a diminuição da população da praga, diminuindo a perda de peso dos grãos armazenados.

4 CONCLUSÃO

A irradiação de luz UV-C afeta negativamente o crescimento da população de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae), diminuindo a perda de peso dos grãos em milho armazenado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, N. M.; SABAH, F. A.; ABDULGAFOUR, H. I.; ALSADIG, A.; SULIEMAN, A.; ALKHOARYEF, M. The effect of post annealing temperature on grain size of indium-tin-oxide for optical and electrical properties improvement. **Results in Physics**, v. 13, p. 102159, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211379718334399>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BHARDWAJ, M.; SOANES, K.; LAHOZ-MONFORT, J. J.; LUMSDEN, L. F.; VAN DER REE, R. Little evidence of a road-effect zone for nocturnal, flying insects. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 1, p. 65-72, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.4609>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BARROS, F. C. J.; CALADO, G. J. **A Cultura do Milho**: texto de apoio para as unidades curriculares de sistemas e tecnologias agropecuários, tecnologia do solo e das culturas, noções Básicas de agricultura e fundamentos de agricultura geral. Évora: Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 17 out. de 2024.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Embrapa Milho**: Caracterização e Desafios Tecnológicos. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 25 out., 2024.

CLOUGH, R. L.; GILLEN, K. T.; MALONE, G. M.; WALLACE, J. S. Color Formation in Irradiated Polymers. **Radiation Physics and Chemistry**, v.48, n.5, p.583-594, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0969806X96000758>. Acesso

em: 25 nov. 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** – Monitoramento Agrícola – Safra 2022/23, décimo levantamento. v.10, n.9, p. 73, julho/2023. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2023/2023-07-13_levantamento-de-safras_conab.pdf. Acesso em: 25 nov. 2024.

CORREAS, D. R. **Control biológico del gorgojo *Sitophilus zeamais* en arroz almacenado**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agroambiental e Paisagística) - Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2020. Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/329046>. Acesso em: 27 jan. de 2024.

DIAS, T. F. de V.; ARCANJO, L. de L.; COSTA, G. L. da.; SOUZA, C. S.; LIMA, C. A. R. de. Pest control and treatment of stored grains for use in animal feed. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e739996964, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.6964. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6964>. Acesso em: 5 dez. 2024.

ENU, R.; ENU, P. Sterilization of grains using ionizing radiation: The case in Ghana. **European Scientific Journal**, Acra, 10(6), 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Enu/publication/276267159_STERILIZATION_OF_GRAINS_USING_IONIZING_RADIATION_THE_CASE_IN_GHANA/links/555364fb08ae6943a86f27eb/STERILIZATION-OF-GRAINS-USING-IONIZING-RADIATION-THE-CASE-IN-GHANA.pdf. Acesso em: 25 nov. 2024.

FARUKI, S. I.; DAS, D. R.; KHAN, A. R.; KHATUN, M. Effects of ultraviolet (254nm) irradiation on egg hatching and adult emergence of the flour beetles, *Tribolium castaneum*, *T. confusum* and the almond moth, *Cadra cautella*. **Journal of Insect Science**, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/7/1/36/870341?login=false>. Acesso em: 25 nov. 2024.

FELICIANO, J. G. **Irradiação com UV-C para controle de *Sitophilus* sp e aflatoxina em grãos de milho armazenados**. 2023. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2023. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6742>. Acesso em: 17 out. de 2024.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; GOEBEL, J. T. S.; LANG, G. H.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Quality of grain and oil of maize subjected to UV-C radiation (254 nm) for the control of weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **Journal Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 2, e13453. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.13453>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GHANEM, I.; ORFI, M.; SHAMMA, M. Biodegradation of chlorophyrifos by *Klebsiella* sp. isolated from an activated sludge sample of waste water treatment plant in

damascus. **Folia Microbiologica**, v. 52, p. 423-427, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02932098>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C.2002. **Entomologia**. Piracicaba, FEALQ, 920p.

GOUVÊA, M. M.; LIMA, G. S.; SILVA NETO, A. A.; PEREIRA NETTO, A. D.; MARQUES, F.F. C. Application of ultraviolet radiation as a contribution to green chemistry and construction of an alternative and low-cost photochemical reactor for pre-treatment of samples. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 337-343, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/RsqpvFTvCfJw44f4WqMXxnH/abstract/?lang=en>. Acesso em: 25 nov. 2024.

HELERBROCK, R. “Espectro eletromagnético”; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 25 nov. 2024.

HORI, M.; SHIBUYA, K.; SATO, M.; SAITO, Y. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 7383, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep07383>. Acesso em: 25 nov. 2024.

PIMENTEL, M. A. G.; QUEIROZ, V. A. V.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V.; ALBERNAZ, W. M. **Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar**. Circular Técnica161. Sete Lagoas, p.1-11, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/905576/1/circ161.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SILVA, L. B. **Radiação UV-C: efeito na redução de contaminação fúngica em sementes de soja armazenadas**. 2021. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2021. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5785>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SECRETARIA DE AGRICULTURA FAMILIAR E COOPERATIVISMO. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/quem-e-quem/secretaria-de-inovacao-desenvolvimento-rural-e-irrigacao>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SOUZA, R. A. P de. **Efeito de irradiação luminosa UV-C sobre a infestação de *Sitophilus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) em sementes *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Brasil**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2022.

TUNGJITWITAYAKUL, J.; TATUN, N.; VAJARASATHIRA, B.; SAKURAI, S. Effects of ultraviolet-C and microwave irradiation on the expression of heat shock protein genes in the maize weevil (Coleoptera: Curculionidae). **European Journal of Entomology**, v. 113, p. 135-142, 2016. Disponível em:

<https://www.eje.cz/pdfs/eje/2016/01/17.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

TUNGJITWITAYAKUL, J.; SUPPASAT, T.; TATUN, N. Adverse effects of UV-C irradiation on the morphology of reproductive organs, fecundity, and fertility of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera; Tenebrionidae). **Polish Journal of Entomology**, v. 91, n. 2, p. 56-67, 2022. Disponível em: <https://pje-journal.com/article/01.3001.0015.8555/en>. Acesso em: 25 nov. 2024.

TUNGJITWITAYAKUL, J.; YASANGA, T.; TATUN, N. Impact of UV-C radiation on morphology of the antenna and antennal sensilla in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 13, n. 1, p. 648-656, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850721003186>. Acesso em: 25 nov. 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela realização desse sonho e pela força para superar os obstáculos ao longo dessa caminhada.

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram nesse objetivo, especialmente minha avó Alba Estela, minha mãe Anaina de Sousa, meu pai José de Sousa e minha tia Albaly Mendes.

Ao grupo de estudos e pesquisas em proteção de plantas (GEPPP), pela oportunidade de publicar trabalhos em parceria com os colegas do grupo.

À Universidade Estadual do Piauí e todo o corpo docente, especialmente ao professor Jean Paz, pela orientação ao longo da graduação, por todo incentivo e ensinamentos.