

# Controle de fungos e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* L.) submetidas ao calor húmido

## Control of fungi and physiological quality of soybean seeds (*Glycine max* L.) subjected to moist heat

José George Ferreira Medeiros<sup>1,\*</sup>, Ivan Clécio Gonçalves Fontes<sup>2</sup>, Edcarlos Camilo da Silva<sup>3</sup>, Petrônio Donato dos Santos<sup>2</sup> e Rummenigge de Macêdo Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé, PB, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Uruçuí, PI, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB, Brasil

(\*E-mail: georgemedeiros\_jp@hotmail.com)

<https://doi.org/10.19084/RCA.17182>

Recebido/received: 2018.07.05

Aceite/accepted: 2018.11.11

### RESUMO

A qualidade das sementes de soja (*Glycine max* L.) é um fator importante para o sucesso da cultura, uma vez que a semente pode servir como fonte de inóculo para disseminação de doenças. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da termoterapia via calor úmido na qualidade fitossanitária e fisiológica das sementes de soja. As sementes utilizadas foram da cultivar FTS ATHENA RR, as quais foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha (sementes não tratadas), fungicida (dicarboximida) e os tratamentos térmicos a 40, 50 e 60 °C por cinco e dez minutos de imersão em água. As sementes foram submetidas aos testes de sanidade e emergência em delineamento experimental inteiramente casualizado. O tratamento por imersão das sementes a 40, 50 e 60 °C por cinco e dez minutos não foi eficiente para impedir o desenvolvimento de *Penicillium* spp., *Aspergillus niger* Link e *A. Flavus* Tiegh. As temperaturas de 40 e 50 °C em todos os tempos de imersão, reduziram a microflora fúngica da parte aérea e do solo sem afetar a qualidade fisiológica.

**Palavras-chave:** proteaginosas, patologia de sementes, tratamento alternativo aos químicos.

### ABSTRACT

The quality of soybean seeds (*Glycine max* L.) is an important factor for the success of the crop, since the seeds can serve as source of inoculum for the dissemination of diseases. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of the thermotherapy via humid heat on the sanitary and physiological quality of the soybean seeds. The seeds used were from the cultivar FTS ATHENA RR, which were subjected to the following treatments: control (untreated seeds), fungicide (dicarboximide) and the heat treatments at 40, 50 and 60 °C for five and ten minutes water immersion. The seeds were subjected to sanity and emergency tests in a completely randomized experimental design. Immersion of the seeds at 40, 50 and 60 °C for five and ten minutes was not efficient to prevent the incidence of *Penicillium* spp., *Aspergillus niger* Link and *A. flavus* Tiegh. The temperatures of 40 and 50 °C in all the immersion times reduced the fungal microflora of aerial part and soil without affecting the physiological quality.

**Keywords:** proteaginous, seed pathology, non-chemical alternative treatment.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, ocupando a segunda colocação em produção, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Tal importância é consequência do investimento em pesquisas, especialmente para a obtenção de informações que proporcionem aumento na produtividade (Santos *et al.*, 2016).

Para maior rendimento por área, é indispensável, além de técnicas culturais adequadas, a utilização de sementes de alta qualidade, expressa pelos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, os quais são responsáveis por influenciar a capacidade de originar plantas de alta produtividade (Peske *et al.*, 2012).

Vários fatores são responsáveis pela perda da qualidade das sementes, principalmente, os fatores bióticos. A associação das sementes com microrganismos fitopatogênicos podem comprometer a qualidade das mesmas em todas as etapas de produção. Entre os principais microrganismos associados às sementes estão os fungos causadores de vários danos, tanto na fase de campo, como na fase de pós-colheita e durante o armazenamento. Nesta última fase, a deterioração pode ocorrer pela ação específica de fungos, afetando assim a qualidade fisiológica das sementes (Medeiros *et al.*, 2016). Por sua vez, as sementes são consideradas um meio eficiente de sobrevivência e disseminação de patógenos, os quais são responsáveis por inúmeras doenças de importância econômica (Santos *et al.*, 2016).

A eliminação ou redução dos microrganismos tem sido eficientemente alcançada por tratamentos químicos (Domene *et al.*, 2016), porém, a procura de métodos alternativos para o tratamento de sementes tem ganho atenção mundial, por causarem menos danos ao meio ambiente e à saúde humana (Oliveira *et al.*, 2017), principalmente aqueles à base de extratos vegetais, óleos essenciais, controle biológico e tratamento físico (Medeiros *et al.*, 2015; Schneider *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2016; Melo *et al.*, 2016).

A termoterapia é um procedimento físico onde o calor é o principal agente de controle de

microrganismos. Embora eficaz na erradicação de agentes patogênicos, a sua eficiência está diretamente relacionada com o conhecimento da sensibilidade diferencial ao stresse térmico entre a semente e o patógeno. Nesse caso, o período ideal de exposição das sementes ao tratamento térmico é aquele capaz de controlar os patógenos sem causar prejuízo a sua qualidade fisiológica (Françoso e Barbedo, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência da termoterapia via calor húmido na qualidade sanitária e fisiológica das sementes de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Multidisciplinar e em estufas pertencentes à Universidade Estadual do Piauí (Campus Uruçuí, Piauí), com sementes da cultivar FTS ATHENA RR, adquiridas em uma propriedade localizada no município de Sebastião Leal-PI, da colheita de 2016.

### Teste de fitossanidade

Para o teste de fitossanidade, as sementes foram colocadas em uma peneira para posterior imersão em água aquecida, utilizando um banho-maria (Fisatom 120 TM).

Os tratamentos utilizados foram: T<sub>1</sub>: testemunha (sementes não tratadas); T<sub>2</sub>: fungicida dicarboximida (240 g 100 kg<sup>-1</sup> de sementes); T<sub>3</sub>: imersão das sementes a 40 °C durante 5 minutos; T<sub>4</sub>: imersão das sementes a 40 °C durante 10 minutos; T<sub>5</sub>: imersão das sementes a 50 °C durante 5 minutos; T<sub>6</sub>: imersão das sementes a 50 °C durante 10 minutos; T<sub>7</sub>: imersão das sementes a 60 °C durante 5 minutos e T<sub>8</sub>: imersão das sementes a 60 °C durante 10 minutos.

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram incubadas em placas de Petri (90 x 15 mm) contendo dupla camada de papel filtro esterilizado, humedecido com água destilada esterilizada (ADE) e mantidas em incubação a uma temperatura ambiente de 28 ± 3 °C por um período de sete dias. A identificação dos fungos associados às sementes foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico óptico, em comparação com

literatura especializada (Seifert *et al.*, 2011) e os resultados expressos em porcentagem de sementes infetadas para cada fungo identificado.

### Teste de emergência

Para o teste de emergência foram utilizadas sementes submetidas aos mesmos tratamentos descritos anteriormente. O mesmo foi conduzido em estufa, com sombreamento de 50%. Utilizou-se como substrato areia peneirada, com a quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção. As sementes foram distribuídas em bandejas plásticas e semeadas a três centímetros de profundidade. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas normais observando-se a emergência dos cotilédones e hipocótilo, até a estabilização da emergência que ocorreu ao oitavo dia após a sementeira, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

A primeira contagem de emergência foi determinada com base na porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do ensaio e, os resultados foram expressos em porcentagem. Para o cálculo da porcentagem de plântulas anormais foram consideradas aquelas com alguma deformação na raiz, hipocótilo, cotilédone, epicótilo e no primeiro par de folhas. Ao final do teste de emergência, o comprimento de plântulas normais de cada repetição foi determinado com o auxílio de uma régua, sendo os resultados expressos em centímetros por plântula (Brasil, 2009).

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado pela contagem diária das plântulas emergidas até o oitavo dia e o índice determinado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962):

Em que  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_n$  = número de plântulas normais emergidas a cada dia;  $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  = número de dias decorridos da sementeira à primeira e última contagem.

### Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. O teste de fitossanidade consistiu em oito tratamentos distribuídos em dez repetições de dez sementes por tratamento. O teste de emergência foi distribuído em quatro repetições de vinte e cinco sementes por tratamento.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey até o nível de 5% de significância, por meio do programa estatístico SAS® (Sas, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, encontram-se a incidência de fungos da parte aérea representados por *Colletotrichum* spp., *Botrytis* spp., *Periconia* spp. e *Cercospora* spp. Em relação a incidência de *Colletotrichum* spp. e *Periconia* spp., observou-se que todos tratamentos foram eficientes, provocando uma redução

**Quadro 1** - Incidência de fungos da parte aérea sobre a microflora em sementes de *Glycine max* submetidas a tratamento de termoterapia via calor húmido

| Tratamentos                    | Incidência de Fungos (%)  |                     |                      |                       |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
|                                | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Botrytis</i> sp. | <i>Periconia</i> sp. | <i>Cercospora</i> sp. |
| T <sub>1</sub> : Testemunha    | 19,0 a                    | 29,0 a              | 10,0 a               | 11,0 a                |
| T <sub>2</sub> : Fungicida     | 0,0 c                     | 0,0                 | 0,0 b                | 0,0 b                 |
| T <sub>3</sub> : 40 °C/5 min.  | 10,0 b                    | 24,0 ab             | 1,0 b                | 10,0 a                |
| T <sub>4</sub> : 40 °C/10 min. | 2,0 c                     | 25,0 ab             | 1,0 b                | 2,0 b                 |
| T <sub>5</sub> : 50 °C/5 min.  | 2,0 c                     | 19,0 b              | 0,0 b                | 0,0 b                 |
| T <sub>6</sub> : 50 °C/10 min. | 0,0 c                     | 10,0 c              | 0,0 b                | 0,0 b                 |
| T <sub>7</sub> : 60 °C/5 min.  | 0,0 c                     | 10,0 c              | 0,0 b                | 1,0 b                 |
| T <sub>8</sub> : 60 °C/10 min. | 0,0 c                     | 9,0 c               | 0,0 b                | 0,0 b                 |
| CV (%)                         | 14,1                      | 18,1                | 11,5                 | 13,7                  |
| D.M.S                          | 0,8                       | 1,4                 | 1,1                  | 2,2                   |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

significativa dos patogénios quando comparados à testemunha.

Para a redução de *Botrytis* spp., apenas as temperaturas de 50 e 60 °C por cinco e dez minutos foram eficazes, diferindo significativamente da testemunha. A maior ocorrência de *Cercospora* spp. ocorreu a 40 °C por cinco minutos, não diferindo estatisticamente da testemunha (Quadro 1). Nos restantes tratamentos observou-se uma redução significativa da incidência de fungos.

Os fungos associados a sementes pode promoverem redução da qualidade fisiológica e a emergência pouco uniforme, levam à perda parcial ou total da produtividade, além do aumento significativo do custo de produção (Parsa *et al.*, 2016). Além disso, sementes infetadas podem introduzir e disseminar patogénios em novas áreas de produção, favorecendo o avanço de doenças no campo (Oliveira *et al.*, 2013).

Na avaliação da fitossanidade das sementes de *Glycine max* foram detetados os patogénios de solo: *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Macrophomina* spp. (Quadro 2). Para *Fusarium* spp., a incidência máxima ocorreu a 40 °C durante cinco e dez minutos de exposição ao calor húmido. Os demais tratamentos apresentaram-se eficazes quando comparados a testemunha. Schneider *et al.* (2015) avaliando a qualidade fitossanitária e fisiológica de sementes armazenadas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) constataram que os tratamentos térmicos a 45, 50 e 55 °C durante 15 minutos de imersão não foram eficientes no controlo de *Fusarium* spp. De acordo com Françaço e Barbedo (2014) a resistência de *Fusarium* spp. aos tratamentos térmicos deve-se provavelmente a formação de clamidósporos, estruturas de resistência que permanecem em repouso em condições desfavoráveis.

Os tratamentos térmicos a 40, 50 e 60 °C em todos os tempos de imersão reduziram significativamente a incidência *Rhizoctonia* spp., demonstrando um controlo efetivo, uma vez que a incidência dos fungos foi igual à obtida com o tratamento químico (0%). No controlo de *Macrophomina* spp. a redução foi observada a partir da temperatura de 50 °C durante 10 minutos de imersão. Os tratamentos a temperaturas de 40 e 50 °C durante

cinco minutos de imersão não foram eficientes (Quadro 2).

Fungos dos géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Macrophomina*, podem sobreviver no solo por meio de estruturas de resistência e, ainda, em estruturas internas das sementes, como o embrião (Ramos *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2016; Ishikawa *et al.*, 2018).

Entre as doenças que infetam a cultura da soja, o "damping-off" é considerado uma das principais, causado por um grupo de fungos de solo e de semente, os quais, ocorrendo separadamente ou em conjunto, podem ocasionar tombamento em plântulas em pré e pós-emergência. Os principais agentes causais responsáveis por tombamento de plântulas de soja são *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp. (Lamichhane *et al.*, 2017), seguido de *Macrophomina phaseolina*, causador da podridão negra da raiz (Ishikawa *et al.*, 2018). Dessa forma, tratamentos alternativos como a termoterapia podem diminuir a dependência de fungicidas, reduzir custos e atenuar impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente na ausência de cultivares resistentes (Lamichhane *et al.*, 2016).

No Quadro 3, encontram-se a incidência de fungos de armazenamento, sendo estes: *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus*. Para os fungos *Penicillium* spp., *A. niger* e *A. flavus*, nenhum dos tratamentos com calor húmido foram eficientes. Possivelmente, a temperatura elevada

**Quadro 2** - Incidência de fungos de solo em sementes de *Glycine max*

| Tratamentos                    | Incidência de Fungos (%) |                         |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                | <i>Fusarium</i> spp.     | <i>Rhizoctonia</i> spp. |
| T <sub>1</sub> : Testemunha    | 7,0 a                    | 3,0 a                   |
| T <sub>2</sub> : Fungicida     | 0,0 b                    | 0,0 b                   |
| T <sub>3</sub> : 40 °C/5 min.  | 4,0 ab                   | 0,0 b                   |
| T <sub>4</sub> : 40 °C/10 min. | 4,0 ab                   | 0,0 b                   |
| T <sub>5</sub> : 50 °C/5 min.  | 0,0 b                    | 0,0 b                   |
| T <sub>6</sub> : 50 °C/10 min. | 0,0 b                    | 0,0 b                   |
| T <sub>7</sub> : 60 °C/5 min.  | 0,0 b                    | 0,0 b                   |
| T <sub>8</sub> : 60 °C/10 min. | 0,0 b                    | 0,0 b                   |
| CV (%)                         | 11,7                     | 9,4                     |
| D.M.S                          | 2,2                      | 1,8                     |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

**Quadro 3** - Incidência de fungos de armazenamento em sementes de *Glycine max*

| Tratamentos                    | Incidência de Fungos (%) |                      |                          |                           |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                | <i>Penicillium</i> spp.  | <i>Rhizopus</i> spp. | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Aspergillus flavus</i> |
| T <sub>1</sub> : Testemunha    | 11,0 b                   | 11,0 ab              | 30,0 c                   | 43,0 b                    |
| T <sub>2</sub> : Fungicida     | 0,0 c                    | 1,0 c                | 0,0 d                    | 0,0 c                     |
| T <sub>3</sub> : 40 °C/5 min.  | 19,0 ab                  | 13,0 a               | 36,0 b                   | 41,0 b                    |
| T <sub>4</sub> : 40 °C/10 min. | 20,0 ab                  | 10,0 ab              | 30,0 c                   | 38,0 b                    |
| T <sub>5</sub> : 50 °C/5 min.  | 28,0 a                   | 4,0 b                | 29,0 c                   | 44,0 b                    |
| T <sub>6</sub> : 50 °C/10 min. | 22,0 ab                  | 0,0 c                | 36,0 b                   | 53,0 ab                   |
| T <sub>7</sub> : 60 °C/5 min.  | 17,0 ab                  | 0,0 c                | 36,0 b                   | 50,0 ab                   |
| T <sub>8</sub> : 60 °C/10 min. | 20,0 ab                  | 0,0 c                | 42,0 a                   | 57,0 a                    |
| CV (%)                         | 8,4                      | 11,2                 | 12,7                     | 10,5                      |
| D.M.S                          | 1,1                      | 2,5                  | 1,8                      | 1,0                       |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

associada com a humidade das sementes, pode ter favorecido o desenvolvimento desses fungos. O controlo de *Rhizopus* spp., foi observado a partir da temperatura de 50 °C durante dez minutos de imersão.

Os danos causados pelos fungos dos géneros *Aspergillus* e *Penicillium* são variáveis, como: perda do poder germinativo, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, resultando no aumento da taxa respiratória e produção de micotoxinas (Carvalho e Nakagawa, 2012; Conceição *et al.*, 2016).

Lazarotto *et al.* (2013) ao avaliar o efeito da termoterapia via calor húmido em sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), constataram que a temperatura de 80 °C durante 5, 10, 15 e 20 minutos de imersão não foi suficiente para impedir a incidência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Curvularia* spp. e *Fusarium* spp., sem afetar a qualidade fisiológica das sementes. Também Cunha *et al.* (2017) com uso de calor húmido a 60 °C durante 18 minutos de imersão em sementes de *Cucurbita pepo*, verificou redução na incidência de *Rhizopus* spp. Françoso e Barbedo (2016) verificaram que o tratamento térmico via calor úmido a 55 °C durante 30 e 150 minutos de imersão não foi eficiente para reduzir a incidência de *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. em sementes de *Eugenia brasiliensis* e *E. pyriformis*. A eficiência do tratamento de semente objetivando o controlo de patogénios, dependerá do tipo e localização do patogénio (misturado, aderido à superfície

ou localizado no interior da semente), do vigor das mesmas e da disponibilidade de substâncias e procedimentos adequados (Menten e Moraes, 2010).

Os valores da primeira contagem da emergência (PCE), emergência (EMR), plantas anormais (PAN) e índice de velocidade de emergência (IVE), estão apresentados no Quadro 4.

Verificou-se um efeito negativo para a PCE quando foi utilizada a temperatura de 60 °C durante cinco e dez minutos de imersão. Para a EMR, a temperatura de 60 °C durante dez minutos de imersão ocasionou menos plantas emergidas. Dessa forma, a redução de plântulas emergidas nos tratamentos analisados pode estar relacionado com a desnaturação de proteínas e enzimas que são responsáveis por manter a tolerância das sementes ao calor (Oliveira *et al.*, 2014).

Em relação à percentagem de PAN e aos valores do IVE, não houve diferenças significativas quando comparadas com a testemunha (Quadro 4). O aumento de plântulas anormais é resultado de danos mecânicos no embrião, infeção por patogénios ou danos fisiológicos na semente provocados pelo stress térmico (Rashid *et al.*, 2018).

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, pode concluir-se que a temperatura de 60 °C influenciou negativamente o vigor das sementes. Embora esta mesma temperatura tenha sido eficiente na redução de *Colletotrichum* spp., *Botrytis* spp., *Periconia* spp.,

**Quadro 4** - Valores médios percentuais da primeira contagem de emergência (PCE), emergência (EMR), plantas anormais (PAN) e índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de *Glycine max*

| Tratamentos                    | PCE (%) | EMR (%) | PAN (%) | IVE   |
|--------------------------------|---------|---------|---------|-------|
| T <sub>1</sub> : Testemunha    | 63,0 a  | 66,0 bc | 9,0 a   | 4,4 a |
| T <sub>2</sub> : Fungicida     | 65,0 a  | 78,0 a  | 0,0 c   | 3,2 a |
| T <sub>3</sub> : 40 °C/5 min.  | 55,0 ab | 63,0 bc | 5,0 ab  | 3,5 a |
| T <sub>4</sub> : 40 °C/10 min. | 49,0 ab | 58,0 bc | 4,0 ab  | 3,4 a |
| T <sub>5</sub> : 50 °C/5 min.  | 61,0 a  | 73,0 b  | 4,0 ab  | 3,1 a |
| T <sub>6</sub> : 50 °C/10 min. | 58,0 ab | 68,0 b  | 5,0 ab  | 3,1 a |
| T <sub>7</sub> : 60 °C/5 min.  | 15,0 b  | 22,0 c  | 3,0 ab  | 3,4 a |
| T <sub>8</sub> : 60 °C/10 min. | 3,0 c   | 7,0 d   | 3,0 ab  | 3,6 a |
| CV (%)                         | 7,1     | 9,2     | 8,5     | 8,1   |
| D.M.S                          | 1,3     | 1,8     | 0,8     | 0,4   |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

*Cercospora* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Macrophomina* spp. e *Rhizopus* spp., sugere-se não a utilizar no tratamento das sementes, uma vez que ocasiona danos nos órgãos de reserva da semente.

Os dados referentes ao comprimento da parte aérea, raiz e planta, podem ser visualizados no Quadro 5. Para o comprimento da parte aérea, os tratamentos a 40 e 50 °C durante cinco e dez minutos de imersão apresentaram valores significativamente superiores quando comparados com a testemunha com 5,8 cm.

Em relação ao comprimento de raiz, a temperatura de 40 °C durante cinco minutos a 50 °C em todos os tempos de imersão apresentaram os maiores valores de comprimento da raiz quando comparados com a testemunha. Para o comprimento de plantas, todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao da testemunha, demonstrando que para esta variável não houve efeito prejudicial do tratamento térmico (Quadro 5).

Gama *et al.* (2014) avaliaram os efeitos da termoterapia na qualidade fisiológica e sanitária em sementes de *Foeniculum vulgare* e constataram que o tratamento térmico a 70 °C proporcionou um aumento no comprimento das plantas de 3,57 para 6,74 cm.

Araújo *et al.* (2014) avaliaram diferentes regimes térmicos na fisiologia de sementes de *Oryza sativa* e verificaram que o comprimento das plântulas foi crescente até a elevação da temperatura a 32 °C, seguida de redução com o aumento da mesma. A avaliação do comprimento das plântulas tem como finalidade fornecer informações complementares às obtidas no teste de germinação que possibilitem estimar o potencial de emergência de plântulas em campo (Guedes *et al.*, 2015).

**Quadro 5** - Valores médios percentuais do comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CPR) e planta (CPL) em sementes de *Glycine max*

| Tratamentos                    | CPA (cm) | CPR (cm) | CPL (cm) |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| T <sub>1</sub> : Testemunha    | 5,8 b    | 14,2 b   | 20,0 c   |
| T <sub>2</sub> : Fungicida     | 9,8 a    | 18,6 ab  | 28,4 ab  |
| T <sub>3</sub> : 40 °C/5 min.  | 9,6 a    | 20,4 a   | 30,0 ab  |
| T <sub>4</sub> : 40 °C/10 min. | 10,5 a   | 19,6 ab  | 30,0 ab  |
| T <sub>5</sub> : 50 °C/5 min.  | 9,3 a    | 20,2 a   | 29,5 ab  |
| T <sub>6</sub> : 50 °C/10 min. | 9,8 a    | 21,4 a   | 31,2 a   |
| T <sub>7</sub> : 60 °C/5 min.  | 7,4 ab   | 16,5 b   | 23,9 b   |
| T <sub>8</sub> : 60 °C/10 min. | 7,9 ab   | 17,7 b   | 25,6 b   |
| CV (%)                         | 9,2      | 10,7     | 11,6     |
| D.M.S                          | 1,4      | 2,3      | 2,4      |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

## CONCLUSÕES

A imersão das sementes a 40, 50 e 60 °C durante cinco e dez minutos não foi eficiente para impedir a incidência de *Penicillium* spp., *Aspergillus niger* e *A. flavus*.

As temperaturas de 40 e 50 °C em todos os tempos de imersão, proporcionaram redução na microflora fúngica da parte aérea e de solo sem afetar a qualidade fisiológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, F.S.; Silva, G.Z.; Belarmino, K.S.; Pacheco, M.V.; Bruno, R.L.A. & Borges, S.R.S. (2014) – Germinação de sementes de arroz vermelho expostas a diferentes regimes térmicos. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, vol. 8, n. 4, p. 17-22.
- Brasil (2009) – *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS, Brasília. 399 p.
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. (2012) – *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. FUNEP, Jaboticabal. 590 p.
- Conceição, G.M.; Lúcio, A.D.; Mertz-Henning, L.M.; Henning, F.A.; Beche, M. & Andrade, F.F.D. (2016) – Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 20, n. 11, p. 1020-1024. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p1020-1024>
- Cunha, R.P.; Carvalho, I.L.; Olsen, D.; Vieira, J.F.; Soares, V.N. & Tunes, L.M. (2017) – Termoterapia no controle de patógenos associados às sementes de abóbora. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, vol. 11, n. 2, p. 53-57.
- Domene, M.P.; Gloria, E.M.; Biagi, J.; Benedetti, B.C. & Martins, L. (2016) – Efeito do tratamento com óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de milho (*Zea mays*). *Arquivos do Instituto Biológico*, vol. 83, p. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000072014>
- Françoso, C.B. & Barbedo, C.J. (2014) – Tratamentos osmóticos e térmicos para controle de fungos em sementes de grumixameira (*Eugenia brasiliensis* Lam.) e pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). *Hoehnea*, vol. 41, n. 4, p. 541-552. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-30/2013>
- Françoso, C.F. & Barbedo, C.J. (2016) – Osmotic and heat treatments on control of fungi associated with seeds of *Eugenia brasiliensis* and *E. pyriformis* (Myrtaceae). *Journal of Seed Science*, vol. 38, n. 3, p. 195-203. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n3159481>
- Gama, J.S.N.; Araujo Neto, A.C.; Bruno, R.L.A.; Pereira Junior, L.R. & Medeiros, J.G.F. (2014) – Thermotherapy in treating fennel seeds (*Foeniculum vulgare* Mill.): effects on health and physiological quality. *Revista Ciência Agrônômica*, vol. 45, n. 4, p. 842-849. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000400023>
- Gomes, R.S.S.; Nunes, M.C.; Nascimento, L.C.; Souza, J.O. & Porcino, M.M. (2016) – Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, vol. 18, n. 1, p. 279-287. [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15\\_117](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15_117)
- Guedes, R.S.; Alves, E.U.; Santos-Moura, S.S. & Galindo, E.A. (2015) – Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 4, p. 2373-2382. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373>
- Ishikawa, M.S.; Ribeiro, N.R.; Oliveira, E.C.; Almeida, A.A. & Balbi-Peña, M.I. (2018) – Screening of soybean cultivars resistant to black root rot (*Macrophomina phaseolina*). *Summa Phytopathologica*, vol. 44, n. 1, p. 38-44. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/178653>
- Lamichhane, J.R.; Dachbrodt-Saaydeh, S.; Kudsk, P. & Messéan, A. (2016) – Toward a reduced reliance on conventional pesticides in European agriculture. *Plant Disease*, vol. 100, n. 1, p. 10-24. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-15-0574-FE>
- Lamichhane, J.R.; Durr, C.; Schwanck, A.A.; Robin, M.H.; Sarthou, J.P.; Cellier, V.; Messéan, A. & Aubertot, J.N. (2017) – Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 37, n. 2, p. 10-25. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0417-y>

- Lazarotto, M.; Mezzomo, R.; Maciel, C.G.; Bovolini, M.P. & Muniz, M.F.B. (2013) – Tratamento de sementes de canafistula via calor úmido. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, vol. 56, n. 3, p. 268-273. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.038>
- Maguire, J. D. (1962) – Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, vol. 2, n. 2, p. 176-177.
- Medeiros, J.G.F.; Neto, A.C.A.; Silva, E.C.; Huang, M.F.N. & Nascimento, L.C. (2015) – Qualidade sanitária de sementes de *Caesalpinia ferrea*: incidência de fungos, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. *Floresta*, vol. 45, n. 1, p. 163-174. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i1.34074>
- Medeiros, J.G.F.; Neto, A.C.A.; Ursulino, M.M.; Nascimento, L.C. & Alves, E.U. (2016) – Fungos associados às sementes de *Enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. *Ciência Florestal*, vol. 26, n. 1, p. 47-58. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821090>
- Melo, P.A.F.R.; Alves, E.U.; Martins, C.C.; Anjos Neto, A.P.; Pinto, K.M.S.; Araújo, L.R.; Vieira, C.P. & Nascimento, L.C. (2016) – Extracts of *Caesalpinia ferrea* and *Trichoderma* sp. on the control of *Colletotrichum* sp. transmission in *Sideroxylon obtusifolium* seeds. *Revista Brasileira de Plantas Medicináveis*, vol. 18, n. 2, p. 494-501. [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15\\_191](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15_191)
- Menten, J.O. & Moraes, M.H.D. (2010) – Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. *Informativo Abrates*, vol. 20, n. 3, p. 52-71.
- Oliveira, A.K.M.; Ribeiro, J.W.F.; Pereira, K.C.L. & Silva, C.A.A. (2014) – Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. *Científica*, vol. 42, n. 4, p. 316-324. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n4p316-324>
- Oliveira, J.S.B.; Schwan-Estrada, K.R.F.; Bonato, C.M. & Carneiro, S.M.T.P.G. (2017) – Homeopatas de óleos essenciais sobre a germinação de esporos e indução de fitoalexinas. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 48, n. 1, p. 208-215. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170024>
- Oliveira, V.A.; Martins, L.P.; Gonçalves, R.C.; Benício, L.P.F.; Costa, D.L. & Ludwig, J. (2013) – Use of seed treatment with fungicide in control of *Colletotrichum truncatum* and physiological quality of soybean seeds *Glycine max*. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, vol. 4, n. 2, p. 98-106.
- Parsa, S.; Garcia-Lemos, A.M.; Castillo, K.; Ortiz, V.; Lopez-lavalle, L.A.B. & Jerome, F.B.V. (2016) – Fungal endophytes in germinated seeds of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Fungal Biology*, vol. 120, n. 5, p. 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.01.017>
- Peske, S.T.; Rosenthal, M.D. & Rota, G.R.M. (2012) – *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 3.ª ed. Pelotas: Editora rua Pelotas. 573 p.
- Ramos, D.P.; Barbosa, R.M.; Vieira, B.G.T.L.; Panizzi, R.C. & Vieirar, D. (2014) – Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 44, n. 1, p. 24-31. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000100011>
- Rashid, M.; Hampton, J.G.; Rolston, M.P.; Trethewey, J.A. & Saville, D.J. (2018) – Forage rape (*Brassica napus* L.) seed quality: Impact of heat stress in the field during seed development. *Field Crops Research*, vol. 217, p. 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.022>
- Santos, L.A.; Faria, C.M.D.R.; Marek, J.; Duhatschek, E. & Martinichen, D. (2016) – Radioterapia e Termoterapia como tratamentos de sementes de Soja. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, vol. 9, n. 2, p. 37-44. <https://doi.org/10.5935/10.5935/PAeT.V9.N2.04>
- SAS (2011) – *SAS/STAT® 9.3. User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute. 8621 p.
- Schneider, C.F.; Gusatto, F.C.; Malavasi, M.M.; Stangarlin, J.R. & Malavasi, U.C. (2015) – Termoterapia na qualidade fisiológica e sanitária de sementes armazenadas de pinhão-manso. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 1, p. 47-56. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p47>
- Seifert, K.; Morgan-Jones, G.; Gams, W. & Kendrick, B. (2011) – *The genera of Hyphomycetes*. 1.ª ed. Utrecht, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 866 p.
- Silva, R.N.O.; Migliorini, P.; Junges, E.; Nunes, A.F. & Tunes, L.V.M. (2016) – Métodos de inoculação de *Rhizoctonia bataticola* (taub.) (*Macrophomina phaseolina* (tassi) goid) em sementes de feijão. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, vol. 11, n. 4, p. 7-11. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i4.4252>