



**CONTROLE BIOLÓGICO SOBRE A QUALIDADE DE SEMENTES DE CAJANUS
CAJAN (L.) MILLSP**

*BIOLOGICAL CONTROL ON THE QUALITY OF CAJANUS CAJAN (L) MILLSP
SEEDS*

Adiel Felipe da Silva Cruz

Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8571-6125>
E-mail: felipe.adiel@gmail.com

Daniele Batista Araújo

Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0394-1490>
E-mail: danielearauujo12@gmail.com

Edmilson Gomes das Neves

Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-5264-2649>
E-mail: edmilson.neves@academico.ufpb.br

Otilia Ricardo de Farias

Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0753-0712>
E-mail: otiliarfarias@gmail.com

Luciana Cordeiro do Nascimento

Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5706-7041>
E-mail: luciana.cordeiro@academico.ufpb.br

Submetido: 27 fev. 2024.

Aprovado: 18 jun. 2024.

Publicado: 5 jul. 2024.

E-mail para correspondência:

felipe.adiel@gmail.com

Resumo: O controle biológico de patógenos em sementes vem conquistando destaque por ser uma alternativa promissora no manejo integrado de doenças e ação benéfica sobre o crescimento das plantas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de produtos à base de *Trichoderma* spp. e *Bacillus amyloliquefaciens* no controle de fungos associados a sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp e no crescimento inicial das plântulas. Foram utilizados quatro produtos biológicos comerciais Ecotrich® (*Trichoderma harzianum*) (60g/100kg contato); Quality® (*Trichoderma asperellum*) (200g/100kg imersão); Pardelha® (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperallum*, *Bacillus amyloliquefaciens*) (60g/100kg imersão) Shocker® (*T. harzianum*, *B. amyloliquefaciens*) (300g/100kg imersão). Também foi realizado o tratamento das sementes com fungicida Captana (240g / 100 kg de sementes) e imersão em água destilada esterilizada 100 ml. O controle biológico de sementes é eficaz na redução da incidência de fungos e apresentam atividade antimicrobiana semelhante ao



fungicida. O controle biológico reduziu a incidência dos fungos bem como, não afetou a qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chave: Produtos biológicos. Microbiolização. Sanidade. Fisiologia.

Abstract: Biological control of pathogens in seeds has gained prominence as it is a promising alternative in the integrated management of diseases and has a beneficial effect on plant growth. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of products based on *Trichoderma* spp. and *Bacillus amyloliquefaciens* in the control of fungi associated with *Cajanus cajan* (L.) Millsp seeds and in the initial growth of seedlings. Four commercial biological products Ecotrich® (*Trichoderma harzianum*) were used (60g/100kg contact); Quality® (*Trichoderma asperellum*) (200g/100kg immersion); Pardelha® (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum*, *Bacillus amyloliquefaciens*) (60g/100kg immersion) Shocker® (*T. harzianum*, *B. amyloliquefaciens*) (300g/100kg immersion). Seed treatment was also carried out with Captana fungicide (240g / 100 kg of seeds) and immersion in sterilized distilled water 100 ml. Biological seed control is effective in reducing the incidence of fungi and has antimicrobial activity similar to fungicides. Biological control reduced the incidence of fungi and did not affect the physiological quality of the seeds.

Keywords: Biological products. Microbiolization. Sanity. Physiology.

Introdução

O *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (família Fabaceae) é uma leguminosa de clima tropical, cultivada a partir de sementes, apresentando grãos comestíveis com alto valor nutritivo ⁽¹⁾. É uma cultura de grande interesse mundial, principalmente por ser uma importante fonte de proteína para alimentação humana e animal. É amplamente cultivada, em especial devido a sua elevada capacidade de adaptação em condições edafoclimáticas adversas, garantindo produção em locais sujeitos à elevada temperatura, déficit hídrico e localidades com baixa fertilidade do solo, quando comparada a outras leguminosas ⁽²⁾.

A qualidade sanitária das sementes é considerada um dos fatores mais importantes na propagação de espécies vegetais, principalmente pelo fato de que a ocorrência de doenças em plantas pode comprometer os demais atributos de qualidade, e atrelado a isso, pode favorecer a transmissão das inúmeras doenças que afetam a sanidade das plântulas e conseqüentemente, o desenvolvimento vegetal e a produção final ⁽³⁾. Nesse sentido, o uso de sementes infectadas oferece um sério risco às áreas de produção, pois podem favorecer a disseminação de patógenos ⁽⁴⁾. Desta forma, os patógenos podem sobreviver e se disseminar nas sementes de diferentes maneiras onde os meios mais comuns são na infecção primária ocorrendo a colonização de estruturas reprodutivas (flores e frutos), infecção secundária que caracteriza pelos patógenos infectar as sementes após a sua formação, durante o



armazenamento ou no campo ⁽⁵⁾. Os patógenos podem sobreviver no endosperma e embrião das sementes podendo se adaptarem e permanecerem latentes ⁽⁶⁾.

Um dos métodos mais utilizados para controlar patógenos em sementes é o controle químico, contudo, com o avanço da agricultura sustentável e a maior conscientização sobre os efeitos negativos do uso continuado dos ativos químicos, dos efeitos adversos ao meio ambiente, ao ser humano e aos animais causados pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas, além do custo desses produtos, tem-se intensificado a procura por novos métodos de controle de fitopatógenos ^(7; 8).

Uma alternativa para amenizar o uso de produtos químicos é a utilização do controle biológico, que por sua vez é bastante eficiente ⁽⁹⁾. O uso de *Trichoderma* spp. no controle de doenças vem sendo bastante estudado, principalmente pelo fato desse organismo ser capaz de controlar diferentes patógenos por mecanismos de ação como parasitismo, competição e produção de metabólitos secundários (antibiose) ⁽¹⁰⁾. Por outro lado, *Bacillus* spp. vêm sendo também estudado e tem apresentado potencial na produção de antibióticos, capaz de produzir compostos antimicrobianos que podem inibir o crescimento dos patógenos ⁽¹¹⁾. Vale destacar que estes poderão também promover o crescimento das plantas por meio da produção de substâncias bioativas ⁽¹²⁾.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de *Cajanus cajan* tratadas com produtos biológicos a base de *Trichoderma* spp. e *Bacillus amyloliquefaciens*.

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT), pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia – PB (Latitude: -6.96179, Longitude: -35.6953 6°57' 42" Sul, 35° 41' 43" Oeste).

As sementes de *Cajanus cajan* da safra 2022/2023 foram cedidas por agricultores do município de Montadas-PB. As sementes foram desinfestadas previamente em álcool 70% por 30 s, solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 1 min e dupla lavagem em água destilada esterilizada - ADE. Em seguida, foram tratadas seguindo a recomendação de cada produto.

Os tratamentos foram constituídos de T1 = Testemunha – apenas água destilada estéril - ADE a 100 ml; T2 = Shocker® - *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*



(300g/100kg de sementes/0,1g em 100 ml de ADE); T3 = Ecotrich® - *T. harzianum* (60g/100kg de sementes/0,085g em 100 mL de ADE); T4 = Quality® - *Trichoderma asperellum* (200g/100kg de sementes/0,04g em 100 ml de ADE); T5 = Pardelha® - *T. harzianum*, *T. asperallum*, *B. amyloliquefaciens* (60g/100kg de sementes/0,04g em 100 ml de ADE); T6 = Captana – fungicida (350g/100kg de sementes/0,1447g). No T1, T2, T4 e T5 as sementes foram imersas por 3 min em cada tratamento individualmente. No T3 e T6 os produtos foram aplicados de forma homogênea sobre as sementes.

Para determinar a qualidade sanitária, as sementes tratadas foram incubadas utilizando o *Blotter test* ⁽¹³⁾ sendo utilizadas 200 sementes por tratamento (10 repetições de 20 sementes). As placas foram colocadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, durante sete dias. Posteriormente, realizou-se a identificação dos fungos com o auxílio de microscópio óptico e literatura especializada ⁽¹⁴⁾. Os resultados foram expressos em percentagem de incidência de fungos.

Também foi determinado o teor de água das sementes através do método de estufa $105 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas ⁽¹³⁾.

Para avaliar a influência dos produtos biológicos na qualidade fisiológica das sementes foram realizados testes de germinação e de emergência ⁽¹³⁾. Para o teste de germinação foram utilizadas 200 sementes, subdivididas em quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em duas folhas de papel Germitest® coberta com uma terceira folha, organizadas em forma de rolos, umedecido com ADE e acondicionados em câmara de germinação BOD a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ com fotoperíodo de 12 h ⁽¹³⁾.

As sementes germinadas foram contabilizadas em intervalos de 24 horas, do 4º até o 10º dia, sendo determinada a primeira porcentagem de germinação, $\text{PPG} = N_1/N_2 \times 100$, onde N_1 = número de plântulas germinadas no 4º dia e N_2 = número de sementes semeadas; a porcentagem de germinação, $G = N_1/N_2 \times 100$, onde N_1 = número de plântulas germinadas no 10º dia e N_2 = número de sementes semeadas; índice de velocidade de germinação, $\text{IVG} = (100/N) \times \sum(n/j)$, onde, N = número de sementes semeadas, n = número de plântulas emergidas no dia, j = o número de dias após a semeadura ⁽¹⁵⁾. Também foram contabilizadas as sementes duras e sementes mortas, além do comprimento da plântula e matéria seca da raiz e da parte aérea.

O teste de emergência foi realizado na casa de vegetação. Foram utilizadas 200 sementes por tratamento, subdividas em 4 repetições de 50 sementes. Essas foram semeadas em bandejas de poliestireno, contendo areia autoclavada, sendo irrigadas a cada 24 h. As sementes emergidas foram contabilizadas em intervalos de 24 horas, começando no



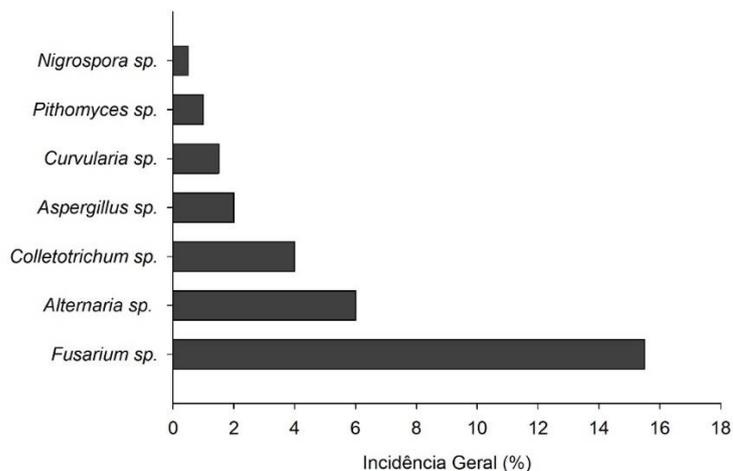
4º e se estendendo até o 10º dia, sendo determinadas a primeira contagem de emergência, $PCE = N_1/N_2 \times 100$, onde N_1 = número de plântulas emergidas no 4º dia e N_2 = número de sementes semeadas; a porcentagem de emergência, $E = N_1/N_2 \times 100$, onde N_1 = número de plântulas emergidas no 10º dia e N_2 = número de sementes semeadas; índice de velocidade de emergência, $IVE = (100/N) \times \Sigma(n/j)$, onde, N = número de sementes semeadas, n = número de plântulas emergidas no dia, j = o número de dias após a semeadura. Também foram contabilizadas o comprimento de plântula e matéria seca da raiz e da parte aérea ⁽¹⁴⁾.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade por Shapiro-Wilk, e ajustados pela análise de variância (Anova) nos modelos lineares generalizados (GLMs), tanto para a incidência de fungos (Distribuição Negativa Binomial) como para as variáveis de germinação e emergência (Distribuição Gama e Poisson) respectivamente ⁽¹⁶⁾. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o software R[®] ⁽¹⁷⁾.

Resultados e Discussão

Em relação ao teor de água nas sementes de *Cajanus cajan* obteve o valor de 13,5% que é considerado elevado com base nos trabalhos anteriores e nas regras para a análise de sementes ^(13;18). Desta forma, este resultado poderá ocasionar o desenvolvimento fúngico na superfície das sementes ⁽¹⁹⁾. Estes fungos podem penetrar a semente e crescer no seu interior, causando deterioração e reduzindo a viabilidade das mesmas ⁽²⁰⁾. Além disso, a presença destes patógenos nas sementes pode ocasionar desenvolvimento de doenças fúngicas, que podem comprometer a germinação das sementes e afetar negativamente o crescimento das plantas jovens ⁽²¹⁾. Para minimizar a ocorrência de fungos nas sementes, é importante realizar práticas adequadas de secagem e armazenamento. A secagem das sementes após a colheita é essencial para reduzir o teor de água a níveis que inibam o crescimento fúngico ⁽²²⁾. As sementes devem ser armazenadas em condições adequadas, como ambientes secos e frescos, com controle de temperatura e umidade relativa ⁽²³⁾.

Os fungos identificados e suas respectivas incidências nas sementes de *Cajanus cajan* foram: *Fusarium* sp., (15,5%), *Alternaria* sp., (6,0%), *Colletotrichum* sp. (4,0%), *Aspergillus* sp., (2,0%), *Curvularia* sp. (1,5%), *Pithomyces* sp., (1,0%) e *Nigrospora* sp., (0,5%) (Figura 1).

Figura 1. Incidência geral de fungos associados as sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp

Fonte: Dos autores (2024).

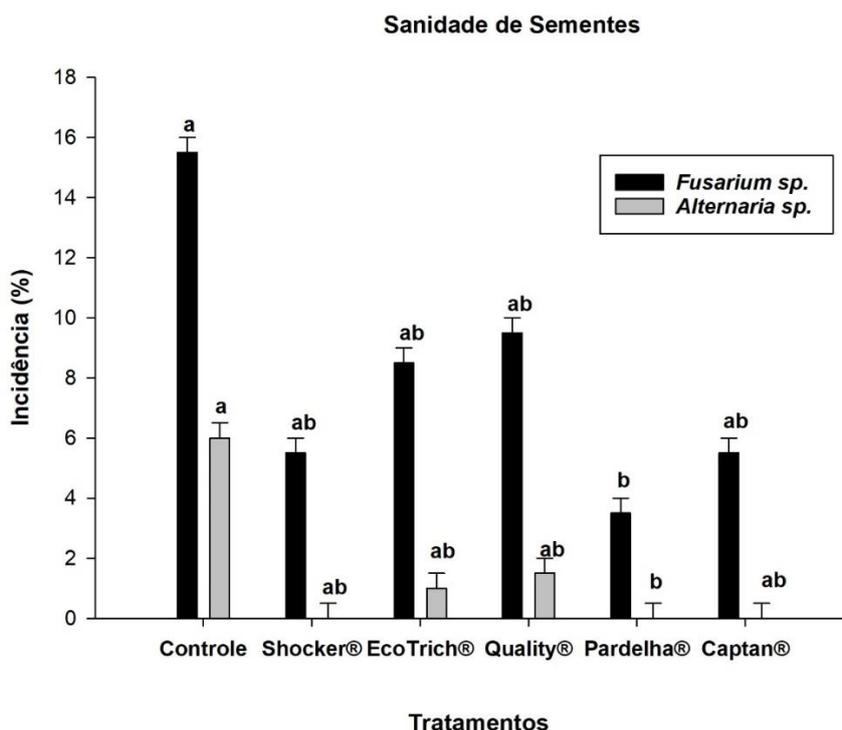
A incidência dos gêneros *Fusarium* spp. *Alternaria* spp. *Colletotrichum* spp. *Aspergillus* spp. *Curvularia* spp. *Pithomyces* spp. e *Nigrospora* spp. em plantas e sementes de maneira geral pode causar uma série de danos e doenças, sendo que os principais são a murcha, onde as folhas ficam amareladas devido ao bloqueio dos vasos condutores de água e nutrientes no sistema vascular da planta, podridão da raiz e do caule. Podendo também provocar redução da viabilidade das sementes que ocasiona a redução da capacidade de germinação, diminuição do vigor das plântulas, e ainda promover a transmissão da doença para plantas jovens, redução do rendimento, contaminação secundária, perda de qualidade do produto final ^(24; 25). A elevada incidência de fungos pertencentes aos gêneros *Fusarium* spp. e *Alternaria* spp. pode estar associada a colonização tanto da superfície exterior quanto o interior das sementes ^(26; 27). Esses microrganismos podem colonizar as sementes internamente, de forma latente, ou seja, as sementes parecem saudáveis visualmente, mas podem conter o fungo em seu interior ⁽²⁸⁾.

A infecção das sementes por fungos, possivelmente pode levar a vários efeitos bioquímicos, com a produção de enzimas hidrolíticas, toxinas e metabolitos secundários que contribuem para a degradação de componentes estruturais da semente, resultando em perda do potencial germinativo e vigor. Além disso, estes fungos são conhecidos por produzir toxinas fúngicas, como tricotecenos, zearalenona, fumonisinas e alternariol ^(29; 30; 5; 31). Essas toxinas

podem afetar o metabolismo, a expressão gênica, a síntese de proteínas e a integridade das membranas celulares das sementes ⁽³²⁾.

Observou-se uma redução significativa da incidência de *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. nas sementes tratadas com os produtos biológicos a base de *Trichoderma* spp. e *B. amyloliquefaciens*. Com relação ao *Fusarium* sp., verificou-se que todos os tratamentos reduziram a ocorrência nas sementes, com valores variando de 38,7% a 77,4%. Ao tratar as sementes com Shocker® e Pardelha® houve uma redução de 100% da ocorrência de *Alternaria* sp., não diferindo do tratamento fungicida, se mostrando uma alternativa promissora no controle desse patógeno. Com relação a *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., *Pithomyces* sp. e *Nigrospora* e *Penicillium* sp. não foi observado diferença entre os tratamentos (Figura 2).

Figura 2. Incidência de fungos (%) em sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp tratadas com produtos à base de *Trichoderma* spp. e *B. amyloliquefaciens*



Fonte: Dos autores (2024).

A redução de incidência fúngica dos antagonistas possivelmente está associada aos mecanismos de ação destes, o *Trichoderma* spp. por exemplo por meio da ação direta, pode parasitar diretamente outros fungos patogênicos, penetrando em suas células e destruindo-os por meio da liberação de enzimas e substâncias tóxicas. Outro exemplo é que este



antagonista compete diretamente com os patógenos por nutrientes e espaço no ambiente onde pode promover a produção de metabólitos antifúngicos por meio da secreção de peptídeos e compostos voláteis. Além disso, o *Trichoderma* spp. por meio da sua ação indireta possivelmente está associada a indução de resistência sistêmica ativando genes relacionados a este fim contra os patógenos ⁽³³⁾. Por outro lado, a ação do *Bacillus* spp. está possivelmente associado a produção de antibióticos como bacitracina e polimixina, que tem a capacidade de matar ou inibir o crescimento de bactérias patogênicas. Além disso, também pode competir diretamente com os patógenos por nutrientes e espaço e assim dificultando o crescimento dos mesmos. A ação indireta do *Bacillus* spp. também possivelmente está associado a indução de resistência sistêmica em plantas com ativação de mecanismos de defesa ⁽³⁴⁾.

Do ponto de vista bioquímico, a redução da incidência fúngica proveniente da ação do *Trichoderma* spp., possivelmente está associada a capacidade de produzir enzimas antifúngicas, como quitinases e quitinases-1,3-b-glucanases, que ajudam a degradar a parede celular dos fungos patogênicos ^(35; 36; 37). Essas enzimas podem inibir o crescimento e a propagação dos fungos fitopatogênicos, protegendo as sementes e as plantas jovens. ^(38; 39; 40; 41). *Bacillus* spp., por outro lado, podem estar associada na produção de substâncias antifúngicas, como peptídeos antimicrobianos e enzimas, que inibem o crescimento de fungos patogênicos ⁽⁴²⁾. Além disso, tanto as bactérias do gênero *Bacillus* spp., como os fungos do gênero *Trichoderma* spp., podem induzir a resistência sistêmica nas plantas, fortalecendo capacidade de defesa contra patógenos ^(43; 44; 45; 46).

Para primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), sementes duras (SED), sementes mortas (SEM) e matéria seca da raiz (MSRAG) não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados.

No teste de germinação, com relação ao comprimento da parte aérea (CPAG) e da plântula (CPLG), não foram observados diferença entre os tratamentos biológicos utilizados (Figura 3A).

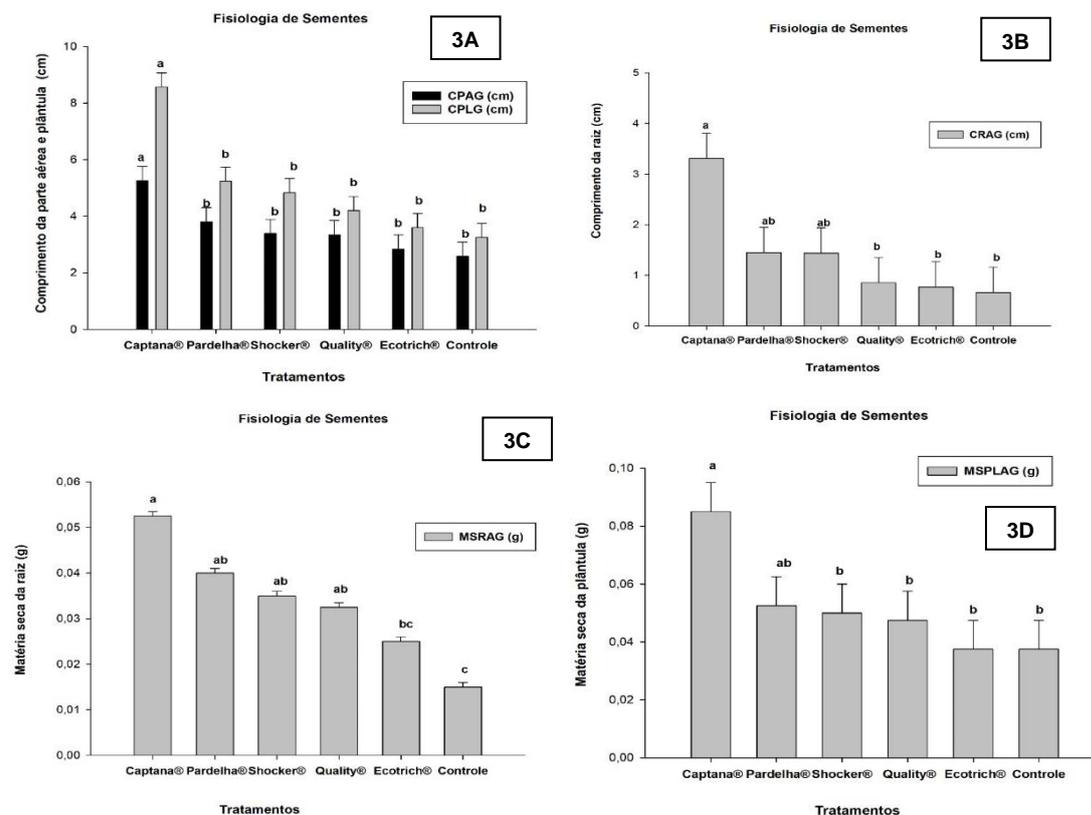
Para o comprimento da raiz (CRAG), não foram observados diferença entre os tratamentos biológicos e o controle aplicados, porém, houve um incremento médio de 1,45 e 1,44 cm no tratamento Pardelha[®] e Shocker[®] respectivamente (Figura 3B).

Entre os tratamentos com agentes biológicos, o Pardelha[®], Shocker[®] e Quality[®] foram os que proporcionaram maior massa seca de raízes (MSRAG) em relação ao controle, com

os valores médios respectivamente de 0,0400 g, 0,0350 g e 0,0325 g por plântula, sendo significativamente superior ao tratamento controle e semelhante ao fungicida (Figura 3C).

Na matéria seca da plântula (MSPLAG) também não foram observados diferença entre os tratamentos biológicos aplicados (Figura 3D).

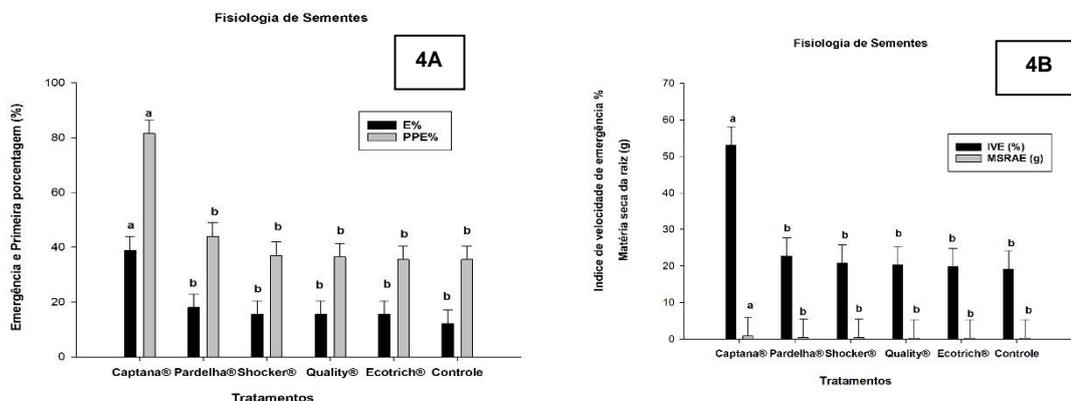
Figura 3 (A, B, C e D). Germinação de sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp tratadas com produtos à base de *Trichoderma* spp. e *B. amyloliquefaciens*



Fonte: Dos autores (2024).

Para o comprimento de parte aérea (CPAE), comprimento de raiz (CRAE) e massa seca de parte aérea (MSPA) não foi observado diferença entre os tratamentos utilizados. Para as variáveis porcentagem de emergência (E), primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE) e matéria seca da raiz (MSRAE) observou-se que não houve diferença entre os tratamentos biológicos aplicados e o controle, ou seja, não afetou a fisiologia das sementes e emergência das plântulas (Figura 4A e 4B).

Figura 4 (A e B). Emergência de sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp tratadas com produtos à base de *Trichoderma* spp. e *B. amyloliquefaciens*



Fonte: Dos autores (2024).

A regulação da qualidade fisiológica provenientes da germinação e emergência de sementes de *Cajanus Cajan* possivelmente está associado a espécies de *Trichoderma* e *Bacillus* podem contribuir para um controle de inúmeros patógenos associados a sementes, podendo ao longo dos anos alterar o equilíbrio dos agroecossistemas, tornando inóspito ao desenvolvimento dos patógenos e sem causar impactos negativos. Além disso, ao tratar as sementes com esses agentes pode resultar em uniformidade de germinação e emergência. *Bacillus* spp. pode induzir na planta a síntese de fitohormônios, como ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas que induzem o crescimento de raízes e o aumento no número dos pelos radiculares e conseqüentemente no crescimento da planta ⁽⁴⁷⁾. O *Trichoderma* spp. atua na solubilização de fósforo, síntese de sideróforos e fitohormônios como AIA que proporciona o crescimento de plantas ^(48; 49)

Na presente pesquisa observou-se que *Trichoderma* sp. colonizou de forma eficiente o sistema radicular das plântulas tratadas, sendo este um fator de fundamental importância, pois *Fusarium* spp. infecta a planta hospedeira através das raízes. Deste modo, a sobrevivência e colonização bem-sucedidas do antagonista na planta hospedeira é essencial para o biocontrole da doença. Além disso, essa capacidade do microrganismo em colonizar plantas é um fator muito importante na sua atuação sobre a germinação de sementes e na promoção do crescimento das plantas ^(50; 51; 52).



Considerações Finais

Produtos à base de *T. harzianum*, *T. asperellum* e *B. amyloliquefaciens* reduz a incidência de *Fusarium* spp. e *Alternaria* spp. associados às sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Os tratamentos biológicos a base de *Trichoderma* spp. e *Bacillus amyloliquefaciens* não afetam a qualidade fisiológica das sementes tratadas.

Referências

- 1 Dutta A. et. al. Early detection of wilt in *Cajanus cajan* using satellite hyperspectral images: Development and validation of disease-specific spectral index with integrated methodology. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2024: 1(219), 108784.
- 2 Obala J, et. al. Seed protein content and its relationships with agronomic traits in pigeonpea is controlled by both main and epistatic effects QTLs. *Scientific reports*. 2020; 10(214). doi: 10.1038/s41598-019-56903-z.
- 3 Davies CR et. al. Evolving challenges and strategies for fungal control in the food supply chain. *Fungal biology reviews*. 2021: 1(36), 15-26.
- 4 Sulaiman MA, et. al. Biological control of soil-borne pathogens in arid lands: A review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2024: 131(2), 293-313.
- 5 Martín I, et. al. Fungal Pathogens and Seed Storage in the Dry State. *Plants*. 2022: 11(1), 3167. <https://doi.org/10.3390/plants11223167>
- 6 Guan X, et. al. Recent developments in pasteurising seeds and their products using radio frequency heating: A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 2022: 57(6), 3223-3243.
- 7 Tudi M, et. al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int J Environ Res Public Health*. 2021: ;18(3), 1112. doi: 10.3390/ijerph18031112. PMID: 33513796; PMCID: PMC7908628..
- 8 Souza MCO, et. al. Recent trends in pesticides in crops: A critical review of the duality of risks-benefits and the Brazilian legislation issue, *Environmental Research*. 2023: 228(1), 115-811, ISSN 0013-9351. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115811>
- 9 Ferreira FV, et. al. Effectiveness of *Trichoderma* strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges (*Citrus sinensis* L.(Osbeck)). *Journal of applied microbiology*. 2020; 129(3):712-727.
- 10 Gabardo G, et. al. *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos in vitro. *Brazilian Journal of Development*. 2020: 6(8):55870-55885 Curitiba.



- 11 Balthazar C, et. al. Biocontrol activity of *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. against *Botrytis cinerea* and other cannabis fungal pathogens. *Phytopathology*®. 2022: 112(3), 549-560.
- 12 Dimkić I, et. al. Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms-A review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2022: 117(1), 101-754.
- 13 Brasil Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análises de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009: 399p.
- 14 Seifert K, et. al. The genera of hyphomycetes. Utrecht: CBS Knaw Fungal Biodiversity Centre. 2011; 866 p.
- 15 A-as-saqui M, et. al. Effect of seed presowing hardening on seedling emergence of four forage species. *Seed Science & Technology*. 1978; 6(1): 701-709 Zurich.
- 16 Zewdie B, et. al. Genetic composition and diversity of Arabica coffee in the crop's centre of origin and its impact on four major fungal diseases. *Molecular Ecology*. 2023: 32(10): 2484-2503.
- 17 R Development Core Team R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística. 2023: Disponível em: <https://www.R-project.org/> Acesso em: 13 de junho de 2023. » <https://www.R-project.org/>
- 18 Lisboa CF, et. al. Influence of water content on the quality of pigeonpea seeds. *American Journal of Plant Sciences*. 2017: 8(10): 2397-2406. 10.4236/ajps.2017.810162.
- 19 Olusola O, et. al. Effect of time of harvest at different moisture contents on physiological and storability attributes of pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Innovations in Agriculture*. 2023: 6(1), 32875.
- 20 Gomes CAF, et. al. Enhancing The Health And Viability Of Forest Seeds: Understanding Pathogen Resistance And Reaction For Effective Preservation And Management *IOSR Journal of Business and Management*. 2024: 26(3), 19-28.
- 21 Swarnalatha V, et. al. Efeito de tratamentos de sementes pré-semeadura e revestimento de polímero sintético na qualidade e armazenamento de sementes em Redgram (*Cajanus cajan*. L.). *Revista Internacional de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas*. 2023: 13(3), 7-16.
- 22 Mishra SN, et. al. Uma Revisão: Combinação de Fungicida, Revestimento Polímero e Materiais de Embalagem para Melhorar a Taxa de Germinação e Melhorar a Uniformidade da Emergência de Mudas de Diferentes Sementes durante o Armazenamento. *Revista Internacional de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas*. 2023: 13(8), 2142-2157.
- 23 Corbineau F. The Effects of Storage Conditions on Seed Deterioration and Ageing: How to Improve Seed Longevity. *Seeds*. 2024: 3(1), 56-75.



24 Espinosa KC, et. al. Aeromycological studies in the crops of the main cereals: A systematic review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023: 100-732.

25 Ghosh PK, et. al. Seed pathology: Importance in quality seed production. *The Pharma Innovation Journal*. 2023: 12(2): 2124-2152.

26 Ortega-Cuadros M, et. al. Fungal Necrotrophic Interaction: A Case Study of Seed Immune Response to a Seed-Borne Pathogen. *Seeds*. 2024: 3(2): 216-227.

27 Yang J, et. al. Virulent *Fusarium* isolates with diverse morphologies show similar invasion and colonization strategies in alfalfa. *Frontiers in Plant Science*. 2024: 15(1), 1390069.

28 War AF, et. al. Insights into the seed microbiome and its ecological significance in plant life, *Microbiological Research*. 2023: 269: 127-318, ISSN 0944-5013. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127318>.

29 Gurikar C, et. al. Impact of mycotoxins and their metabolites associated with food grains. *Grain & Oil Science and Technology*. 2023: 6(1): 1-9.

30 Guo J, et. Al. Diversity of endophytic bacteria and fungi in seeds of *Elymus nutans* growing in four locations of Qinghai Tibet Plateau. *Plant Soil*. 2021: 459, 49–63. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04608-y>

31 Guo J, et. al. Evaluation of cold plasma for decontamination of molds and mycotoxins in rice grain. *Food Chemistry*. 2023: 402, 134-159.

32 Kadavala JB, et. al. Seed ageing physiological, biochemical and molecular basis: A review. *The Pharma Innovation*. 2023: 12(4) 1511-1517.

33 Quevedo AC, et. al. Ação antagonista in vitro de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*. *Ciência Florestal*. 2023: 32(1) 2288-2303.

34 Abreu, LPS, et. al. Alternativa sustentável de uso da *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão. *Revista de Ciências Ambientais*. 2022:16(1).

35 Dukare, A, et. al. Biological control of *Fusarium* wilt and growth promotion in pigeon pea (*Cajanus cajan*) by antagonistic rhizobacteria, displaying multiple modes of pathogen inhibition. *Rhizosphere*. 2021: 17(1), 100278.

36 Chauiyakh O, et. al. In vitro antagonist activity of cedar *Trichoderma* species against three cedarwood lignivorous fungi. *Scientific African*. 2024: 24(1), 21-74.

37 Tyśkiewicz, R, et. al. "*Trichoderma*: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth" *International Journal of Molecular Sciences*. 2022: 23(4): 23-29. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>



- 38 Farias, OR, et. al. Controle in vitro de *Colletotrichum truncatum* do feijão fava (*Phaseolus lunatus*) por *Trichoderma* spp. *Caderno De Ciências Agrárias*. 2020: 12, 1–6. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.18464>
- 39 Cruz, JMFL et. al. Microbiolization of organic cotton seeds with *Trichoderma* sp. and *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Seed Science*. 2020: 42; 202042021.
- 40 Cruz, JMFL et. al. Microbiolization of cowpea seeds with commercial strains of *Trichoderma asperellum* and *T. harzianum* 1. *Revista Ceres*. 2022: 69(5): 613-618.
- 41 Yao X, et. al. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Front Microbiol*. 2023: 14(11) 60551. doi: 10.3389/fmicb.2023.1160551. PMID: 37206337; PMCID: PMC10189891
- 42 Li T, et. al. Activity and Mechanism of Action of Antifungal Peptides from Microorganisms: A Review. *Molecules*. 2021: 26(11):34-38. doi: 10.3390/molecules26113438. PMID: 34198909; PMCID: PMC8201221
- 43 Patil, N., Raghu, S., Mohanty, L. et al. Rhizosphere Bacteria Isolated from Medicinal Plants Improve Rice Growth and Induce Systemic Resistance in Host Against Pathogenic Fungus. *J Plant Growth Regul*. 2024: 43(1), 770–786. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11137-2>
- 44 Miljaković D, et. al. The Significance of *Bacillus* spp. in Disease Suppression and Growth Promotion of Field and Vegetable Crops. *Microorganisms*. 2020: 8(7):1037. doi: 10.3390/microorganisms8071037. PMID: 32668676; PMCID: PMC7409232.
- 45 Samaniego-Gámez, BY.et. al. Induced Systemic Resistance in the *Bacillus* spp.—*Capsicum chinense* Jacq. —PepGMV Interaction, Elicited by Defense-Related Gene Expression. *Plants* 2023: 12, 2069. <https://doi.org/10.3390/plants12112069>
- 46 Guzmán-Guzmán P, et. al. Synergistic mechanisms between plant growth-promoting bacteria and *Trichoderma* to control plant diseases. In: *Biocontrol Agents for Improved Agriculture*. Academic Press. 2024: 121-142.
- 47 Ramírez-pool, JA et. al. *Bacillus* Strains as Effective Biocontrol Agents Against Phytopathogenic Bacteria and Promoters of Plant Growth. *Microbial Ecology*. 2024: 87(1), 76.
- 48 Fernandes JPT, et. al. Microrganismos promotores de crescimento de plantas - *Trichoderma* e *Azospirillum*: otimizando a cultura do milho em sistemas integrados de produção agropecuária. *contribuciones a las ciencias sociales*. 2024: 17(2), 5090. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.2-386>
- 49 Rocha TM, et. al. Agricultural Bioinputs Obtained by Solid-State Fermentation: From Production in Biorefineries to Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 2024: 16(3), 1076.
- 50 Dutta, Pranab et. al. Molecular interaction between plants and *Trichoderma* species against soil-borne plant pathogens. *Frontiers in Plant Science*. 2023: 14(1), 1145715.



51 Reddy, BD et. al. Harnessing the power of native biocontrol agents against wilt disease of Pigeonpea incited by *Fusarium udum*. *Scientific Reports*. 2024: 14(1), 12500.

52 Tseng YH, et. al. An Endophytic *Trichoderma* Strain Promotes Growth of Its Hosts and Defends Against Pathogen Attack. *Frontiers in plant Science*. 2020: 11, 1-16.



10.31072/rcf.v15i1.1429

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



BY

Open Access