



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

BACHARELADO EM AGRONOMIA

HENRIQUE LIMA DE OLIVEIRA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO SOBRE A AVALIAÇÃO DE
ÓXIDO DE GRAFENO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO
COMUM**

**RECIFE-PE
2024**

HENRIQUE LIMA DE OLIVEIRA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO SOBRE A AVALIAÇÃO DE
ÓXIDO DE GRAFENO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO
COMUM**

Relatório apresentado ao Departamento de Agronomia (DEPA), como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO), para obtenção do título de Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**RECIFE-PE
2024**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

Dra. Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho
Professora – UFRPE
Orientadora

Elisabete Albuquerque Dos Santos Benvenuto

Gabriel Aubry Porto Costa

RECIFE-PE
2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Inaldo Vicente de Oliveira e Rosineide de Lima Oliveira que sempre me apoiaram e incentivaram minha jornada na graduação, e assim sendo essenciais para que eu continuasse sem desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos que fiz durante o curso, que inegavelmente foram necessários para que eu chegasse até aqui, por meio de palavras de motivação e ajudas acadêmicas nos períodos mais complicados da minha vida. Agradeço também aos meus professores, que se tornaram amigos com seu suporte no meio acadêmico, sempre sendo solícitos para que eu pudesse continuar avançando. Um agradecimento especial à minha orientadora Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho, que sempre foi uma grande amiga dentro e fora do Laboratório de Sementes da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Agradeço também à toda equipe na Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao professor Braulio Silva Barros, por todo o suporte fornecido nas etapas.

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Estagiário

Nome do aluno: Henrique Lima de Oliveira
Data de nascimento: 31/08/1999
RG: 9985128
Curso: Bacharelado em Agronomia
Matrícula: 200705805
Período de estágio: 01/04/2024 a 20/05/2024
Total de horas: 210 horas

Orientador (a)/Supervisor (a)

Instituição de Ensino: Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Recife
Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho
Email: REJANERCOSTA@YAHOO.COM.BR

Sobre o Laboratório de Química de Supramoléculas e Materiais Multifuncionais (SUPRAMMAT)

O Laboratório de Química de Supramoléculas e Materiais Multifuncionais (SUPRAMMAT) fica localizado dentro da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na Av. Professor Luiz Freire, 501 – Curado, Recife. E conta com vários laboratórios na parte da pesquisa com materiais químicos, com equipamentos específicos para o manuseio e confecção de substâncias. Atualmente a pesquisa está voltada para testes de germinação em sementes utilizando óxido de grafeno (GO), para avaliar se seus efeitos são benéficos ou não para a planta. O laboratório é gerido pelo Prof. Dr. Braulio Silva Barros e pela Prof. Dra. Joanna Elzbieta Kulesza, além de ter o suporte técnico da Dra. Elibe Silva Souza e Dra. Flávia Gomes da Silva.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	8
2.1 TRATAMENTO DAS SEMENTE.....	9
2.2 TESTES DE GERMINAÇÃO DE <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L. TRATADAS COM ÓXIDO DE GRAFENO.....	9
2.3 MÉTODO DA AVALIAÇÃO DA PARTE AÉREA, RAIZ E MASSA	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	11
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13
5. REFERÊNCIAS.....	13

1. INTRODUÇÃO

O feijão desempenha um papel crucial tanto no Brasil quanto em diversas partes do mundo, devido ao seu valor nutricional, versatilidade culinária e significância cultural. Globalmente, o feijão é uma fonte importante de proteínas, fibras, vitaminas e minerais, sendo essencial para a dieta de muitas populações, especialmente onde o consumo de carne é limitado (SCHMUTZ et al., 2007). Além de sua contribuição nutricional, o cultivo de feijão promove a sustentabilidade agrícola, melhorando a fertilidade do solo através da fixação de nitrogênio (SOUZA et al., 2014), e desempenha um papel vital na segurança alimentar, graças à sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas, chegando a movimentar 12 milhões de reais em 2022 no Brasil. O óxido de grafeno (GO) é uma forma modificada do grafeno que contém vários grupos oxigenados, como hidroxilas, epóxidos e carboxilas, em sua estrutura. É produzido pela oxidação do grafite, seguida de um processo de esfoliação que separa as camadas de grafite em folhas individuais de grafeno contendo oxigênio e tem despertado crescente interesse na área da agricultura devido às suas propriedades de interação com biomoléculas que podem influenciar positivamente o desenvolvimento das plantas, como mostra um estudo publicado na revista *Water, Air, & Soil Pollution*, que investigou os efeitos do GO na germinação de sementes e no crescimento de mudas. Neste trabalho, o feijão sofreu pequenas rachaduras microscópicas por meio da sonicação, fazendo com que tivesse maior penetração do GO em sua estrutura afim de observar seus efeitos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Química de Supramoléculas e Materiais Multifuncionais (SUPRAMMAT) através de testes de germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. (genótipo crioulo macanudo), obtidas do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). As sementes foram testadas em grupos de 10 para cada tratamento e repetição, totalizando noventa sementes. Além disso, foram medidos os pesos de parte aérea seca e fresca, e da raiz

fresca e seca, utilizando uma balança de precisão de 0,001g, assim como o comprimento da parte aérea fresca e raiz fresca, que foi medida com um paquímetro digital.

2.1. Tratamento das sementes

O experimento começou com a desinfestação das sementes com sua imersão em solução comercial de hipoclorito de sódio a 10% por três minutos, e após isso, foi lavada com água destilada por três vezes para remoção total do hipoclorito. No tratamento das sementes foi utilizado um processador ultrassônico (sonda) com uma frequência de 20 kHz e potência de 500 watts, do modelo VC505 da Sonics & Materials, INC, em dois tratamentos, sendo um deles apenas com a sonicação e o outro com a sonicação e GO, além de um terceiro tratamento que foi o controle. Assim, foi utilizada a amplitude da sonda em 30% por 10 minutos e nesses dois tratamentos foram utilizadas três repetições em que cada uma possuía 10 sementes. A sonda funciona num modo de 6 segundos ligado e 4 segundos desligado, onde os 10 minutos contabilizados são referentes ao tempo ligado.



Foto: Sonicador modelo VC505 da Sonics & Materials, INC.

2.2. Testes de germinação de *Phaseolus vulgaris* L. tratadas com óxido de grafeno

Após a desinfestação, comum em todos os tratamentos, um grupo de sementes foi posto em uma solução contendo óxido de grafeno na concentração 20mg/L em 100ml água destilada e o outro grupo em apenas água destilada também em 100ml, e assim, colocado no sonicador com uma frequência de 20 kHz e potência de 500 watts. Além desses dois tratamentos teve o controle (sementes sem tratamento, seja de sonicação ou adição de GO). O primeiro e segundo tratamento receberam a amplitude estabelecida com pulso ligado em 6 segundos e pulso desligado em 4 segundos por 10 minutos onde o

tempo do teste corresponde ao pulso ligado. Durante esse processo na sonda, a água sofria aquecimento, sendo esse controlado por meio de um Becker oco onde circulava água refrigerada para mantimento da temperatura ambiente no tratamento. Depois, as sementes foram colocadas em papel Germitest com duas vezes e meia o valor do peso dos papéis em água destilada, e posteriormente adicionadas na incubadora B.O.D. com temperatura de 25°C por nove dias e com fotoperíodo de 12 horas, seguindo as recomendações de germinação para análise de sementes do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009). Com isso, a avaliação foi feita diariamente onde os valores de germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009). Dessa forma, foi medido o índice de velocidade de crescimento (IVG), calculado pela fórmula $[IVV = \sum (G1/N1 + G2/N1 + \dots + Gn/Nn)]$, em que G = número de sementes germinadas a cada dia; N = número de dias após a sementeira.

2.3. Método de avaliação da parte aérea, raiz e massa

O comprimento médio da raiz (CMR) foi obtido considerando o comprimento da raiz sendo da ponta da raiz até a base da alça do hipocótilo, e as medições feitas por paquímetro digital, dando os resultados em centímetros. Para o comprimento médio da parte aérea (CMPA), foi considerado sendo a distância da base do hipocótilo até o ápice dos cotilédones, utilizando paquímetro digital e obtendo os resultados em centímetros.

Após as medições, foi separada a biomassa fresca da parte aérea e raiz (BFPA e BFR, respectivamente), e pesadas numa balança de precisão 0,001 gramas. Depois, foram colocadas em sacos de papel identificados e inseridos na estufa para medição da biomassa seca da parte aérea e da raiz (BMSPA e BSR, respectivamente) com ar forçado de 65°C por 48 horas. E então, foi medida a biomassa seca (BSR), correspondente à massa seca total das sementes para cada repetição (Brasil, 2009).



Foto: B.O.D. utilizada no experimento.

3. Resultados e discussões

Os dados obtidos representados na tabela abaixo (tabela 1), mostra que o melhor resultado para germinação foi para o tratamento com apenas sonicação, com uma média de 93,33% de germinação, seguido do tratamento controle e com óxido de grafeno (GO), com 90% e 66,66% de germinação, respectivamente. Quanto ao índice de velocidade de germinação, o tratamento controle obteve o maior índice, com média de 4,61 enquanto o tratamento com sonicação e GO obtiveram 4,5 e 4,08 de média respectivamente. Na medição da biomassa fresca da parte aérea (BFPA) o tratamento sonicado obteve o melhor resultado, com média de 8,8 gramas, enquanto o tratamento controle e GO tiveram respectivamente 5,877 gramas e 4,7563 gramas. O tratamento sonicado também foi o melhor para biomassa seca da parte aérea (BMSPA) e biomassa seca da raiz (BSR). Quanto ao comprimento da parte aérea, o tratamento sonicado também foi o melhor, com uma média de 18,03 centímetros, seguido do tratamento com GO e controle, com respectivamente 14,43 centímetros e 13,2 centímetros. No comprimento das raízes, mais uma vez o tratamento sonicado obteve o melhor resultado, com uma média de 15,93 centímetros, seguido do controle e GO com 13,53 centímetros e 12,7 centímetros respectivamente. Dessa

forma, mostra-se que o tratamento de sonicação teve os melhores resultados, como mostra o da Hielscher Ultrasonics, onde indicou que sementes de feijão tratadas com ondas ultrassônicas apresentaram uma germinação mais rápida e um crescimento inicial mais vigoroso comparado com sementes não tratadas, e que o tratamento com óxido de grafeno conseguiu ser superior ao controle quanto ao comprimento da parte aérea, assim como mostrado no estudo da BCM Plant Biology, onde houve efeitos positivos no crescimento das raízes de várias plantas, incluindo o feijão.

Tabela 1 – Dados obtidos após finalização do teste.

Feijão Macanudo

Tratamento		Time (min) - Amplitude (%)							
Controle		0 - 0							
Sonicado		10 - 30							
GO [~20mg/L]		10 - 30							
TRATAMENTO	REP.	G (%)	IVG	BFPA (g)	BFR (g)	BSPA (g)	BSR (g)	CMPA (cm)	CMR (cm)
Controle	1	90	4.83	5,2373	1,6227	0,4202	0,1515	11.2	14.3
Controle	2	90	4.50	5,9326	2,1306	0,5426	0,2107	14.5	13.9
Controle	3	90	4.50	6,4613	2,0366	0,5618	0,1858	13.9	12.4
GO	1	80	4.67	5,4780	1,6441	0,4910	0,1747	13.4	13.5
GO	2	50	3.50	3,9638	1,0438	0,3061	0,0974	15.2	12.9
GO	3	70	4.08	4,8272	1,3384	0,4240	0,1342	14.7	11.8
Sonicado	1	90	4.33	8,2066	2,4829	0,7168	0,2132	17.3	16.5
Sonicado	2	90	4.67	8,8912	2,3916	0,6287	0,1985	18.5	14.9
Sonicado	3	100	4.50	9,3192	2,2427	0,7340	0,2039	18.3	16.4

Nota – G: germinação; IVG: índice de velocidade de crescimento; BFPA: biomassa fresca da parte aérea; BFR: biomassa fresca da raiz; BSPA: biomassa seca da parte aérea; BSR: biomassa seca da raiz; CMPA: comprimento médio da parte aérea; CMR: comprimento médio da raiz.

Foi realizado o teste de Tukey para que os dados obtidos tivessem sua análise estatística (tabela 2), onde mostrou que para germinação não houve diferença estatística entre os tratamentos sonicados e controle, diferente do que aconteceu com o GO, onde houve diferença. No índice de velocidade de germinação, não houve diferença estatística. Para o comprimento médio da parte aérea, não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos, assim como no comprimento médio das raízes. Para a biomassa fresca da parte aérea, não houve diferença estatística entre o controle e o GO, diferente do que aconteceu com a sonicação. Para a biomassa fresca da raiz, o controle não teve diferença estatística entre os outros dois tratamentos, enquanto GO e sonicação tiveram

diferença significativa. Para a biomassa seca da parte aérea, o controle não teve diferença estatística entre os outros dois tratamentos, enquanto GO e sonicação tiveram diferença significativa. Já para biomassa seca da raiz, não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos.

Tabela 2 - Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Teste Estatístico

Tratamentos	Variáveis Resposta							
	G (%)	IVG	CMPA (mm)	CMR (mm)	BFPA (g)	BFR (g)	BSPA (g)	BSR (g)
Controle	90,00 ab	4,61 a	132,2 a	135,3 a	5,8770 b	1,9299 ab	0,5082 ab	0,1827 a
Sonicação	93,33 a	4,50 a	180,4 a	159,3 a	8,8057 a	2,3724 a	0,6931 a	0,2052 a
GO	66,67 b	4,08 a	144,5 a	127,2 a	4,7563 b	1,3421 b	0,4070 b	0,1354 a
CV (%)	11,31	8,38	8,56	9,00	10,04	12,94	10,34	16,33

Nota - G: germinação; IVG: índice de velocidade de crescimento; BFPA: biomassa fresca da parte aérea; BFR: biomassa fresca da raiz; BSPA: biomassa seca da parte aérea; BSR: biomassa seca da raiz; CMPA: comprimento médio da parte aérea; CMR: comprimento médio da raiz.

4. Considerações finais

Com a análise dos dados obtidos, mostra-se necessário a realização de mais testes com a sonicação da semente em solução de óxido de grafeno a 20mg/L para que se obtenha resultados mais sólidos quanto a suas propriedades germinativas, pois em comparação com o tratamento só com sonicação, o GO obteve diferença estatística.

5. Referências

HIELSCHER ULTRASONICS. Ultrasonic priming of seeds: how sonication improves crop germination. Disponível em: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-priming-of-seeds-how-sonication-improves-crop-germination.htm>. Acesso em: 21 jul. 2024.

IBGE. Explica: Produção Agropecuária - Feijão. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br>. Acesso em: 22 jul. 2024.

LIU, S.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; et al. Graphene oxide and indole-3-acetic acid cotreatment regulates the root growth of Brassica napus L. via multiple phytohormone pathways. BMC Plant Biology, v. 20, n. 2308, 2020. Disponível em:

<https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-020-2308-7>. Acesso em: 23 jul. 2024.

Maguire, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison 1962, 2:176-177.

Regras para Análise de Sementes. (2009). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p.

SCHMUTZ, Scott M. et al. Linhagens de feijão (*phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. *Ciência e Agrotecnologia* [online]. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/fb3mk5Dhf5ndNqWMcTP5vpN/?lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2024.

SOUZA, Sandro H. et al. Respostas da produção de soja à compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online]. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/RSCDSfr6LfQkGGktNYLvqzH/?format=html>. Acesso em: 29 jul. 2024.

ZHANG, Jie; WANG, Wei; LIU, Ning. Recent Advances in the Application of Graphene Oxide in Plant Science. *Plants*, [S.l.], v. 11, n. 21, p. 2826, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/21/2826>. Acesso em: 22 jul. 2024.

ZHANG, Qiang; ZHAO, Qian. Removal of Emerging Contaminants by Graphene-Based Materials: A Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, [S.l.], v. 229, n. 3809, p. 1-24, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3809-y>. Acesso em: 22 jul. 2024.