

Uso de ultrassom para a germinação e desenvolvimento de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)

Use of ultrasound for the germination and development of forage peanuts (*Arachis pintoi*)

Uso del ultrasonido para la germinación y desarrollo del maní forraje (*Arachis pintoi*)

Carolinne Maia Melo

Mestre em Ciências e Inovações Tecnológicas pelo Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Acre (UFAC)

Endereço: Rio Branco – Acre, Brasil

E-mail: carolinemm@gmail.com

Luz Patricia Velásquez D'Ávila

Mestre em Desenvolvimento Regional Econômico pelo Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Acre (UFAC)

Endereço: Rio Branco – Acre, Brasil

E-mail: patriciadavila2512@gmail.com

Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez

Doutor em Física pelo Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Acre (UFAC)

Endereço: Rio Branco – Acre, Brasil

E-mail: anselmoro.driguez@ufac.br

Rogério de Freitas Lacerda

Doutor em Bioquímica e Imunologia pelo Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Acre (UFAC)

Endereço: Rio Branco – Acre, Brasil

E-mail: rogerio.lacerda@ufac.br

Luis Eduardo Maggi

Doutor em Engenharia Biomédica pelo Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Acre (UFAC)

Endereço: Rio Branco – Acre, Brasil

E-mail: luis.maggi@gmail.com

RESUMO

A aplicação de ultrassom de baixa frequência é seguro, simples e economicamente viável uma vez que facilita a quebra da dormência das sementes. O estudo foi realizado com sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*). Foi utilizado 50 sementes por repetição, ao todo foram realizadas 4 repetições para cada tratamento, incluindo o grupo controle, totalizando 200 sementes por grupo. Para avaliar a viabilidade das sementes foi realizada uma análise sanitária, com o teste do pH do exsudato, utilizando 100 sementes. Na aplicação do ultrassom, foram utilizados um grupo controle e seis grupos com aplicação de frequência de 1 MHz, diferentes intensidades que variaram de 0,5 W/cm² à 2,0 W/cm² e com tempo de aplicação que variou de 3 a 5 minutos. Após aplicação do ultrassom, com diferentes intensidades e frequências, as sementes de cada um dos grupos foram transportadas para a casa de vegetação. Foi utilizado o modelo de Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC. Após o plantio foi observado a porcentagem de Emergência (E%), o Tempo Médio de Emergência (TME) e o Índice de Velocidade de Emergência. Logo após foram realizadas as análises biométricas. Foram realizadas as análises estatísticas. O teste de viabilidade de sementes demonstrou que 86% das sementes eram viáveis. O teor de umidade ficou em torno de 5,9%. Em relação as outras análises as médias ficaram estatisticamente semelhante ao grupo controle, com exceção do peso da massa seca e da massa fresca da raiz, ao qual os grupos G1, G2 e G3, ficaram estatisticamente inferiores.

Palavras-chave: ultrassom, germinação, desenvolvimento de plantas, biotecnologia.

ABSTRACT

The application of low-frequency ultrasound is safe, simple and economically viable as it facilitates seed dormancy breaking. The study was carried out with forage peanut seeds (*Arachis pintoi*). 50 seeds were used per replication, in total 4 replications were carried out for each treatment, including the control group, totaling 200 seeds per group. To evaluate the viability of the seeds, a sanitary analysis was carried out, with the exudate pH test, using 100 seeds. In the application of ultrasound, a control group and six groups were used with a frequency application of 1 MHz, different intensities that varied from 0.5 W/cm² to 2.0 W/cm² and with application time that varied from 3 to 5 minutes. After applying ultrasound, with different intensities and frequencies, the seeds from each group were transported to the greenhouse. The Completely Randomized Design – DIC model was used. After planting, the Emergency Percentage (E%), the Average Emergence Time (TME) and the Emergence Speed Index were observed. Soon after, biometric analyzes were carried out. Statistical analyzes were performed. The seed viability test demonstrated that 86% of the seeds were viable. The moisture content was around 5.9%. In relation to other analyses, the means were statistically similar to the control group, with the exception of the weight of dry mass and fresh mass of the root, to which groups G1, G2 and G3 were statistically lower.

Keywords: ultrasound, germination, plant development, biotechnology.

RESUMEN

La aplicación de ultrasonidos de baja frecuencia es segura, sencilla y económicamente viable ya que facilita la ruptura de la latencia de las semillas. El estudio se realizó con semillas de maní forrajero (*Arachis pintoi*). Se utilizaron 50 semillas por réplica, en total se realizaron 4 réplicas por cada tratamiento, incluido el grupo control, totalizando 200 semillas por grupo. Para evaluar la viabilidad de las semillas se realizó un análisis sanitario, con la prueba de pH del exudado,

utilizando 100 semillas. En la aplicación del ultrasonido se utilizó un grupo control y seis grupos con una frecuencia de aplicación de 1 MHz, diferentes intensidades que variaron desde 0,5 W/cm² hasta 2,0 W/cm² y con tiempo de aplicación que varió de 3 a 5 minutos. Luego de aplicar ultrasonidos, con diferentes intensidades y frecuencias, las semillas de cada grupo fueron transportadas al invernadero. Se utilizó el modelo de Diseño Completamente Aleatorio – DIC. Luego de la siembra se observó el Porcentaje de Emergencia (E%), el Tiempo Promedio de Emergencia (TME) y el Índice de Velocidad de Emergencia. Poco después se llevaron a cabo análisis biométricos. Se realizaron análisis estadísticos. La prueba de viabilidad de semillas demostró que el 86% de las semillas eran viables. El contenido de humedad rondó el 5,9%. En relación con otros análisis, las medias fueron estadísticamente similares al grupo control, con excepción del peso de masa seca y masa fresca de raíz, a los cuales los grupos G1, G2 y G3 fueron estadísticamente inferiores.

Palabras clave: Ultrasonido, germinación, desarrollo vegetal, biotecnología.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional torna-se cada vez mais importante o uso de biotecnologias que visem aumentar a produtividade agrícola, para acompanhar esse crescimento e suprir as necessidades alimentícias da população. Um fator importante para iniciar um plantio de forma eficiente, seria o uso de sementes de alta qualidade que promovam um aumento na sua produtividade e no seu rendimento. No início de um plantio, é importante abonar o tempo de quebra de dormência que as sementes possuem, uma redução nesse tempo poderia promover o desenvolvimento de plantas em um menor período. Existem diferentes métodos de quebra de dormência de sementes, que já estão sendo empregados, esses métodos proporcionam a ruptura e o enfraquecimento do tegumento, o que promove o processo germinativo (Marcos-Filho, 2015).

Uma biotecnologia que está sendo empregada em diversas espécies de plantas é a aplicação de ultrassom de baixa frequência. Este, apresenta um grande potencial na agroindústria devido a sua irradiação, que promove benefícios fisiológicos e germinativos nas sementes (Taburu; Fujino; Nakamuray, 2015). A aplicação de ultrassom em plantas demonstra efeitos bioquímicos e fisiológicos (Santarém, 2000; Alfalahi *et al.*, 2022). Esse método é utilizado na agroindústria, para a modificação das propriedades funcionais e estruturais de proteínas (Miano *et al.*, 2015; Nogueira *et al.*, 2024; Rawat; Saini, 2023; Tian *et al.*, 2020). O seu uso é seguro, simples e economicamente viável uma vez que facilita a quebra da dormência das sementes (Romanini *et al.*, 2021; Nazari, 2017), além de não gerar resíduos químicos quando comparados

a outros métodos físicos e químicos de quebra de dormência (D'ávila *et al.*, 2021; D'avila *et al.*, 2022).

As ondas ultrassônicas promovem uma maior absorção de água e do oxigênio em sementes, alterando suas características e promovendo uma maior germinação (Nazari; Sharififar; Asghari, 2015). As vibrações que são emitidas em meios líquidos geram bolhas de cavitação, liberando uma grande quantidade de energia, facilitando a quebra da dormência (Torsian, 2020; Venâncio; Martins, 2019).

Alguns trabalhos têm demonstrado resultados promissores da utilização de ultrassom em sementes, em relação a germinação, ao crescimento e ao desenvolvimento de plantas (Dávila *et al.*, 2021; Ran; Yang; Cao, 2015; Venâncio; Martins, 2019; Taburu *et al.*, 2015). Um fator que influencia na germinação e no desenvolvimento de sementes é a dosagem e o tempo de exposição às ondas ultrassônicas (Venâncio; Martins, 2019), sendo parâmetros importantes a serem estabelecidos, para definir a melhor intensidade e frequência para a germinação e desenvolvimento das sementes.

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) é uma leguminosa forrageira que possui elevada produtividade de forragem, altos teores de proteínas brutas e uma excelente palatabilidade, sendo resistente ao pastejo (Ludwig *et al.*, 2010). Ele é utilizado como uma boa opção para a alimentação de bovinos (Patzlaff, 2021). No Brasil a leguminosa tem um grande potencial agronômico e nutricional (Gondim-Filho *et al.*, 2020). Desta forma, esta pesquisa visou analisar com aplicação de ultrassom em sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), uma vez que é utilizada para o agronegócio no Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL E AMOSTRAGEM

O estudo foi realizado com sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*). A experimentação foi conduzida no Laboratório de Biofísica da Universidade Federal do Acre – UFAC, localizado em Rio Branco, Acre, Brasil. O período de plantio ocorreu entre os meses de abril e maio de 2023. Foram utilizadas 50 sementes por repetição, ao todo foram realizadas 4 repetições para cada tratamento, incluindo o grupo controle, totalizando 200 sementes por grupo.

As sementes foram lavadas com água corrente para remoção de impurezas. Foi utilizada uma lupa para aumento de imagem, para avaliar os danos das sementes. As sementes que apresentarem danos físicos foram descartadas. Logo após as sementes foram colocadas em papel toalha para secagem a uma temperatura de aproximadamente 25°, por 24 horas.

2.2 TESTE DE VIABILIDADE

Para avaliar a viabilidade das sementes foi realizada uma análise sanitária, com o teste do pH do exsudato, utilizando 100 sementes, que foram colocadas em recipientes de 50 ml e imersas em água destilada com eletrodo eletroquímico (pH neutro), em solução de fenolftaleína (1 gota) e Carbonato de sódio (1 gota). O teste de pH do exsudato é um teste de viabilidade de baixo custo que apresenta rapidez nos resultados (Ramos *et al.*, 2012). As sementes que apresentaram a coloração rosa indicavam que estavam viáveis para o plantio como mostra a Figura 1.

Figura 1. Teste de pH do exsudato. Sementes de amendoim forrageiro (*A. pintoi*) imersas em em água destilada com eletrodo eletroquímico (pH neutro), em solução de fenolftaleína (1 gota) e Carbonato de sódio (1 gota).



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

2.3 TESTE DE TEOR DE ÁGUA

Foi realizado um teste para avaliar o teor de água das sementes, utilizando quatro subamostras de aproximadamente 5 g de sementes, acondicionadas em cápsulas de alumínio com tampa. Posteriormente, as sementes foram levadas a uma estufa com temperatura de 105 °C, por 24 horas. Em seguidas as amostras foram pesadas novamente, o resultado foi expresso pela média aritmética de quatro repetições, sendo que, as percentagens de umidade de semente foram calculadas conforme a fórmula descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o resultado expresso em porcentagem em base úmida.

2.4 APLICAÇÃO DE ULTRASSOM

Na aplicação do ultrassom, foi utilizado um grupo controle (GC) e seis grupos teste com aplicação de frequência a 1 MHz, diferentes intensidades que variaram de 0,5 W/cm² à 2,0 W/cm² (G1, G2, G3, G4, G5 e G6) e com tempo de aplicação que variou de 3 a 5 minutos (Tabela 1).

Tabela 1. Aplicação do ultrassom com frequência de 1 MHz, de diferentes grupos.						
GRUPOS	G0	G1	G2	G3	G4	G5
Intensidade (W/cm ²)	X	0,5	0,5	1	1	1,5
Tempo (min)	X	3	5	3	5	5

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Durante a aplicação de ultrassom, as sementes (entre 6 e 10 por vez) permaneceram imersas em água destilada (10 ml) dentro de um recipiente de plástico de 50 ml, com intensidades e tempos de exposição de acordo com seus grupos. O recipiente de plástico foi colocado sobre a superfície do transdutor conectado ao aparelho de ultrassom (Sonomed V, Carci ®), acomodado sobre o gel como mostra a Figura 2.

Figura 2. Aplicação de ultrassom de 1,0 W/cm², com frequência de 1 MHz, em sementes de amendoim forrageiro (*A. pintoi*).



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

2.5 ANALISES

Após aplicação do ultrassom, as sementes de cada um dos grupos foram transportadas para a casa de vegetação, e transplantadas a uma profundidade de 1 cm em substrato e irrigadas todos os dias. Foi utilizado o modelo de Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC. Após o plantio foi observado a porcentagem de Emergência (E%), o Tempo Médio de Emergência (TME) de acordo com a metodologia de Labouriau; Agudo (1987), já o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) foi analisado de acordo com (Maguire, 1962).

As análises biométricas das mudas foram realizadas após um período de 27 dias, foram coletadas 10 plantas de cada uma das repetições, totalizando 40 plantas por cada grupo. Foram quantificadas a parte aérea das plântulas e o sistema radicular, foi avaliado a massa seca e a massa fresca (g), da raiz e da parte aérea de cada uma das plantas, com o auxílio de uma balança analítica.

2.6 ESTATÍSTICA

Para as análises estatísticas foram realizadas as análises de variância de acordo com o teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), foi feito o teste de Shapiro Wilk para às análises de normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Barlett (1937), usando o software Jamovi.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de viabilidade de sementes demonstrou que 86% das sementes eram viáveis (Ramos *et al.*, 2012). O teor de umidade ficou em torno de 5,9%, sendo um valor considerado favorável para utilização dessas sementes em pesquisas (Brasil, 2009).

Na Tabela 2 podemos observar as médias da Emergência, do Índice de Velocidade de Emergência, do Tempo Médio de Emergência, a Massa Fresca da parte Aérea (MFA), da Massa Seca da parte Aérea (MAS), da Massa Fresca da Raiz (MFR), da massa seca da raiz (MSR), dos diferentes grupos de sementes de amendoim forrageiro.

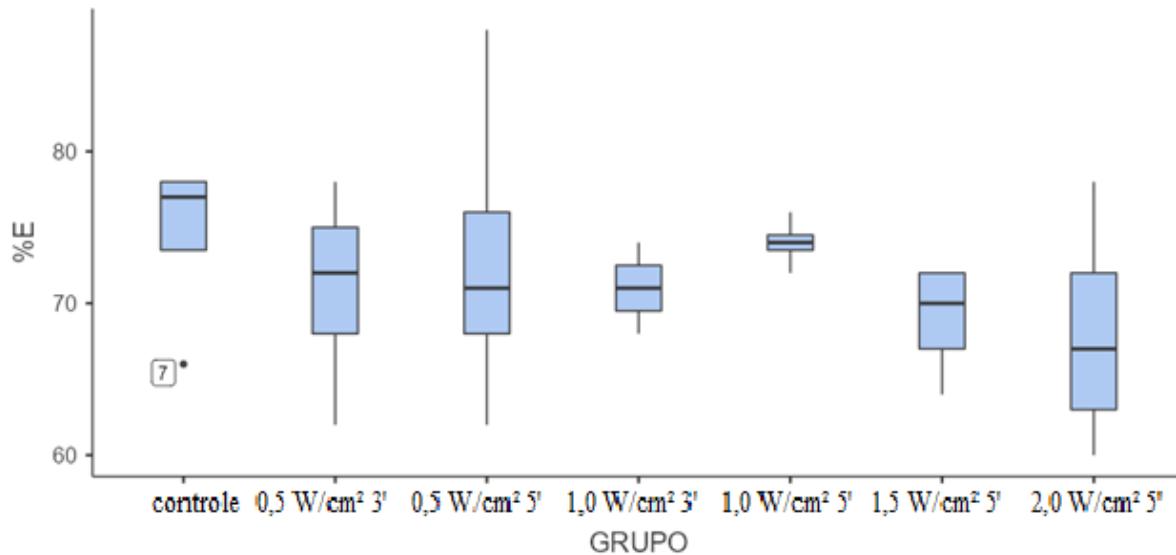
Tabela 2. Emergência, Índice de Velocidade de Emergência (IVE%) e Tempo Médio de Emergência (TME%), Massa Fresca da parte Aérea (MFA), da Massa Seca da parte Aérea (MAS), da Massa Fresca da Raiz (MFR), da massa seca da raiz (MSR), de diferentes grupos de sementes de amendoim forrageiro.

GRUPOS	GC	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Emergência (%)	74,5	71,0	73,0	71,0	74,0	69,0	68,0
IVE (%)	4,95	5,59	5,38	5,10	4,71	4,39	3,86
TME%	8,09	7,66	7,62	7,88	8,12	8,13	9,12
MF da parte aérea (g)	0,572	0,564	0,507	0,561	0,583	0,709	0,552
MS da parte aérea (g)	0,136	0,147	0,137	0,146	0,136	0,148	0,125
MF da raiz (g)	0,484	0,170	0,206	0,234	0,413	0,443	0,349
MS da raiz (g)	0,088	0,043	0,045	0,060	0,076	0,071	0,061

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Em relação a Emergência, todos os resultados ficaram estatisticamente semelhante com $a = 0,05$ ($p = 0,379$), como pode ser visto na Figura 3. Nenhuma aplicação de ultrassom favoreceu um tempo maior de emergência entre os grupos, ficando todos semelhantes ao grupo controle. O grupo com maior emergência foi o GC, com 74,5% e o grupo com a menor média foi o G5 (1,5 W/cm² 5') com 69% de emergência.

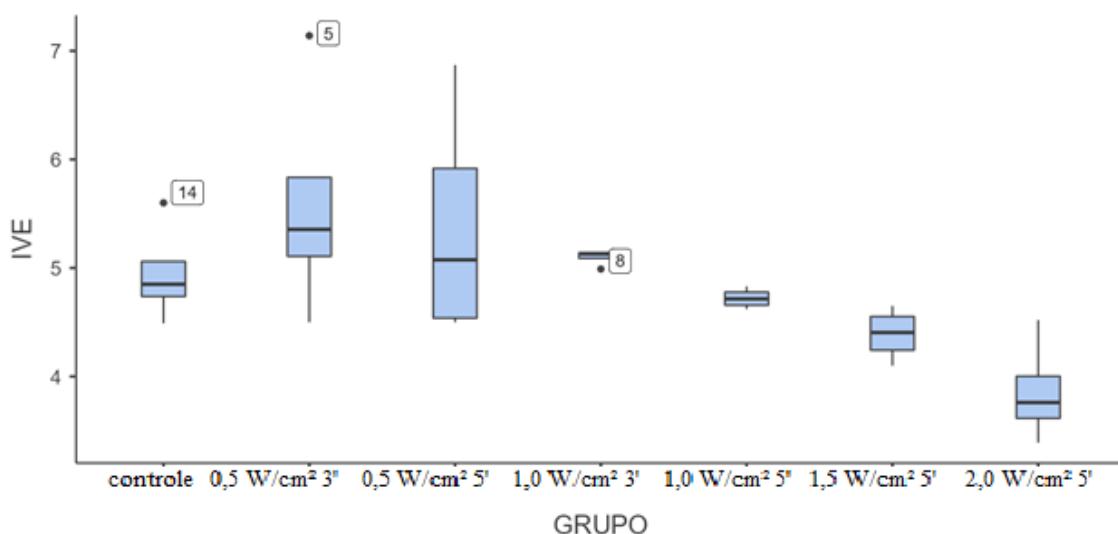
Figura 3. Porcentagem de Emergência do grupo controle e dos 6 grupos com aplicação de ultrassom, em sementes de amendoim forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Já o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) indica diferença estatística significativa entre o grupo G6 (2,0 W/cm² 5') com 3,85% e o grupo G1 (0,5 W/cm² 3') 5,58% (teste de tukey $p = 0,018$), porém todos os outros grupos foram estatisticamente semelhante ao grupo controle incluindo o grupo G6 e o grupo G1, não indicando uma maior velocidade de emergência em relação ao grupo controle como demonstra a Figura 4.

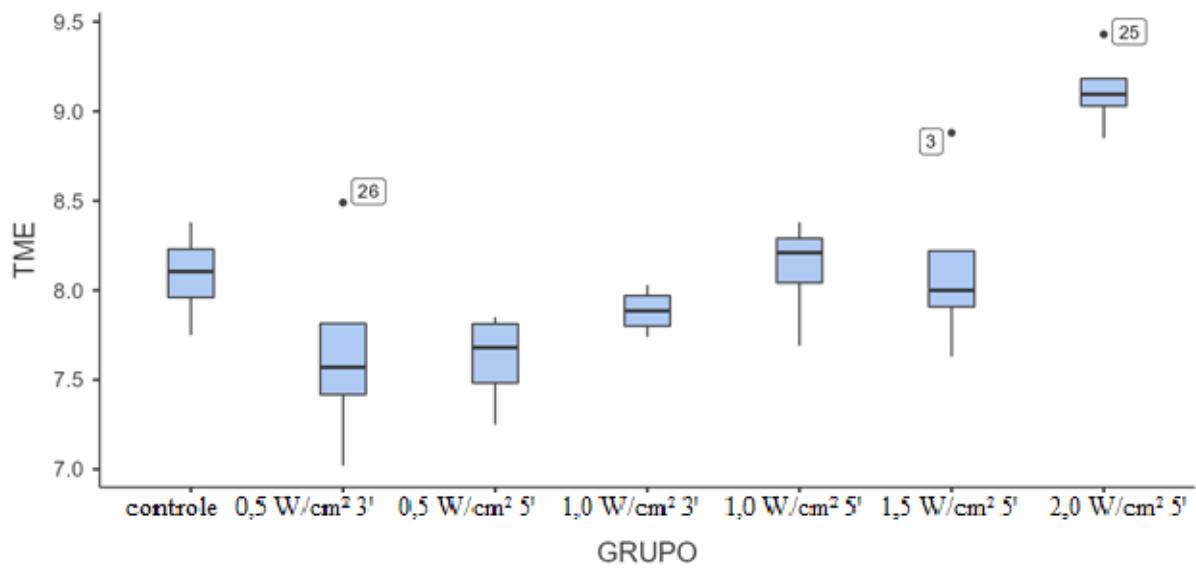
Figura 4. Índice de Velocidade de Emergência do grupo controle e dos 6 grupos com aplicação de ultrassom, em sementes de amendoim forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Em relação ao Tempo Médio de Emergência (TME), houve uma baixa diferença estatística entre o grupo G6 ($2,0 \text{ W/cm}^2 5'$) em relação ao controle, sendo o grupo que levou o maior tempo para as plantas emergirem, com uma média de 9,12 dias (teste de Tukey $p = 0,011$) para as plantas emergirem (Figura 5). Um tempo maior de emergência de mudas, pode indicar o limite de aplicação, uma vez que o grupo G6, foi o que teve a maior intensidade de aplicação (2 W/cm^2). O grupo que ficou com a menor média TME foi o G2 ($0,5 \text{ W/cm}^2 5'$) com 7,62 dias de emergência.

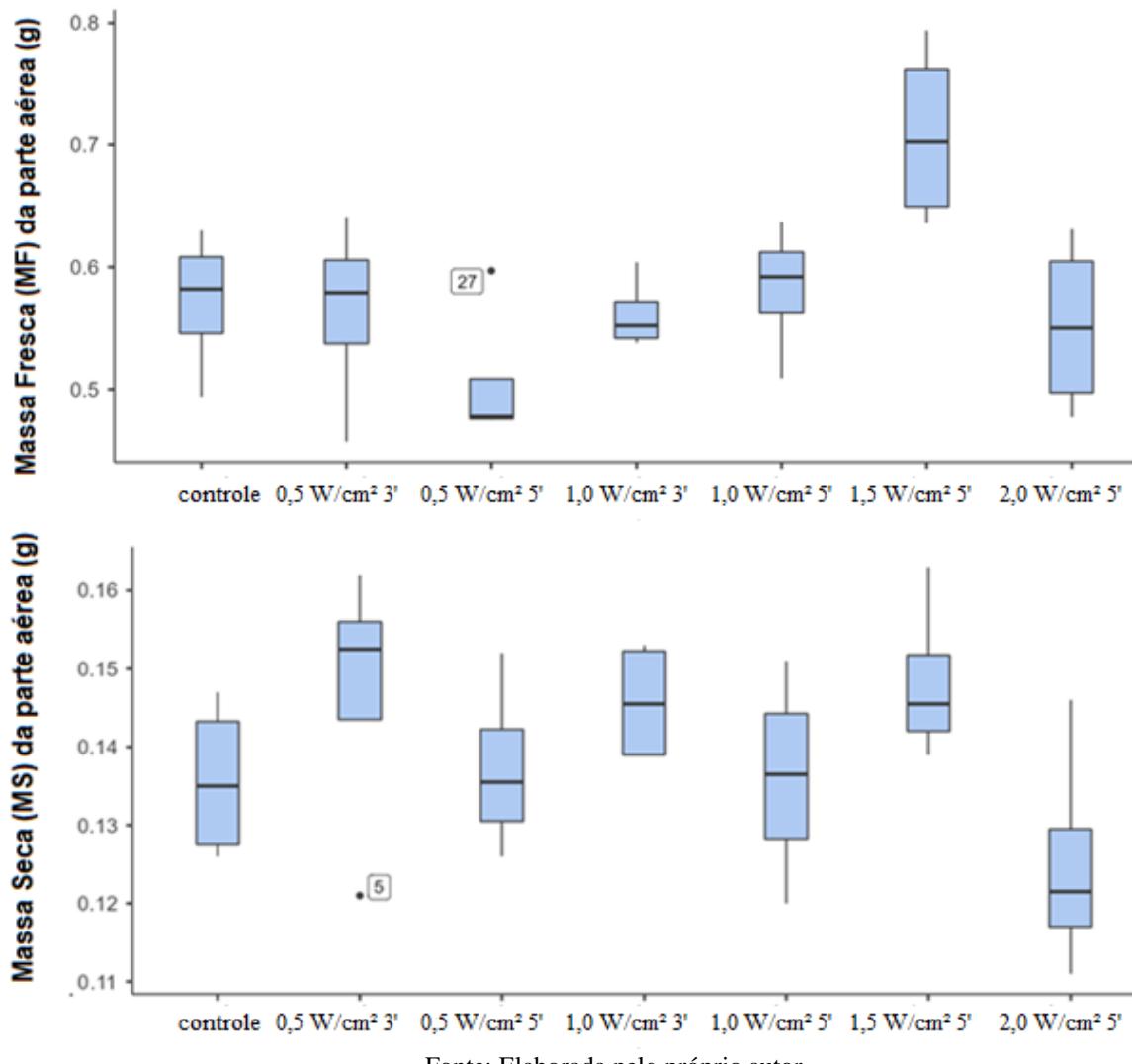
Figura 5. Tempo Médio de Emergência do grupo controle e dos 6 grupos com aplicação de ultrassom, em sementes de amendoim forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

O peso variou em gramas para massa seca e massa fresca da parte aérea, o grupo G5 ($1,5 \text{ W/cm}^2 5'$) ficou com a maior média para massa fresca da parte aérea ($0,709 \pm 0,076 \text{ g}$) e o grupo G2 ($0,5 \text{ W/cm}^2 5'$) ficou com a menor média ($0,507 \pm 0,060 \text{ g}$). Em relação a massa seca da parte aérea o grupo G5 ($1,5 \text{ W/cm}^2 5'$) ficou com a maior média ($0,148 \text{ g}$) e o grupo G6 ($2,0 \text{ W/cm}^2 5'$) com a menor média ($0,125 \pm 0,015 \text{ g}$). No entanto os resultados para ambos indicaram que todas as médias foram estatisticamente semelhantes, incluindo ao grupo controle, como podemos observar na Figura 6.

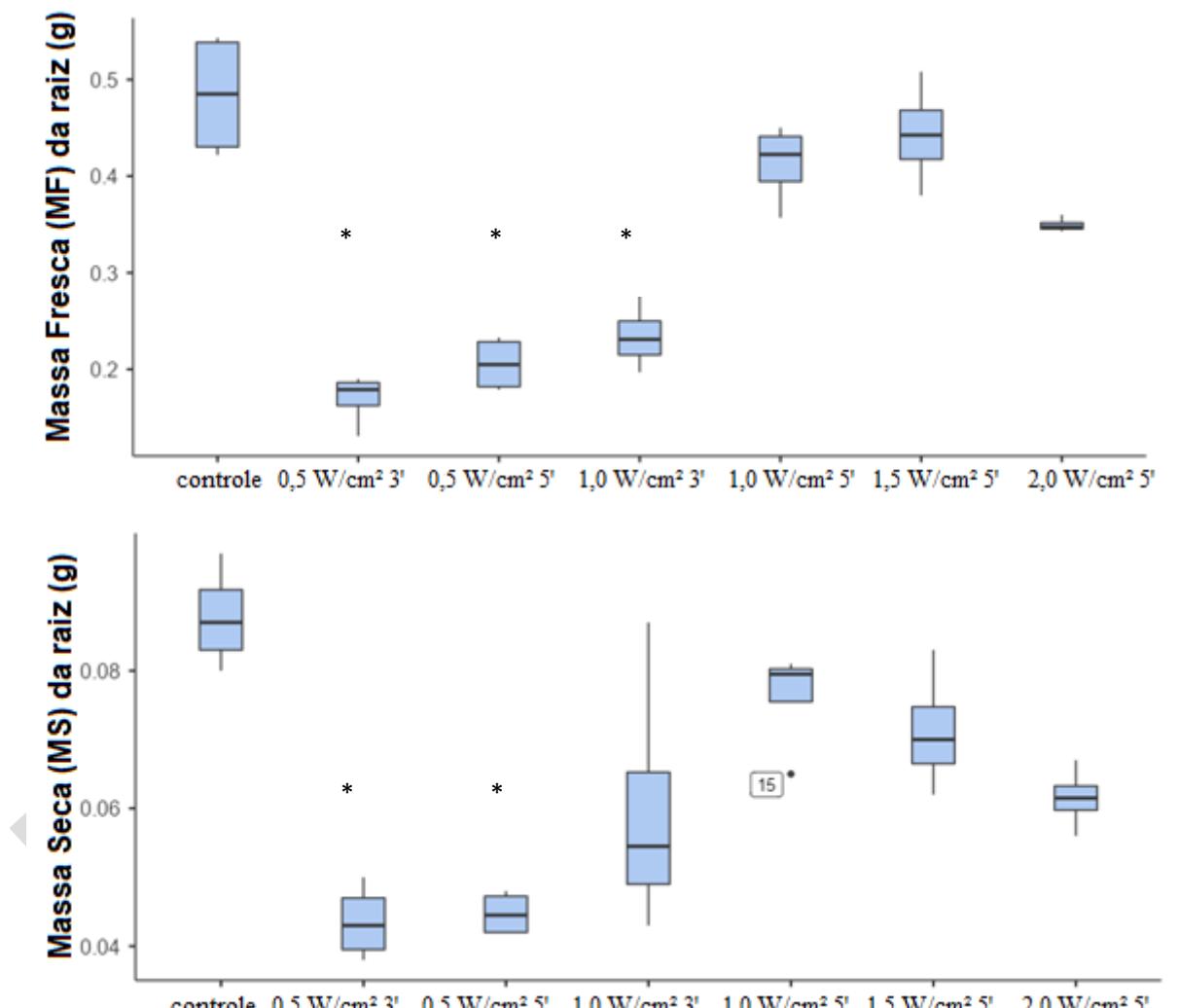
Figura 6. Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS), da parte aérea, em gramas, do grupo controle e dos 6 grupos com aplicação de ultrassom, em sementes de amendoim forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Na Figura 7 podemos observar os valores de massa fresca e a massa seca da raiz, com a maior média foi do grupo controle $0,484 \pm 0,065$ para massa fresca da raiz e a menor média foi do grupo G1 ($0,5 \text{ W/cm}^2 3'$) $0,170 \pm 0,027$. No caso da massa seca da raiz, a maior média foi do grupo GC ($0,088 \pm 0,007$) e a menor média foi do grupo G1 ($0,043 \pm 0,005$). O peso da massa fresca e da massa seca da raiz, dos grupos G1 ($0,5 \text{ W/cm}^2 3'$), G2 ($0,5 \text{ W/cm}^2 5'$) e G3 ($1,0 \text{ W/cm}^2 3'$) ficaram estatisticamente diferentes do grupo controle e dos demais grupos, ficando com valores de peso em gramas inferiores ao grupo controle, em relação aos outros tratamentos a média ficou estatisticamente semelhante ao do grupo controle.

Figura 7. Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS), da raiz, em gramas, do grupo controle e dos 6 grupos com aplicação de ultrassom, em sementes de amendoim forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Ao aplicar ultrassom em sementes de *Senna multijulga*, conhecida popularmente como pau-cigarra (Venâncio; Martins, 2019), encontrou resultados superiores ao grupo controle, no entanto iguais em tratamento, em relação a quebra de dormência. (Dávila *et al.*, 2021), também encontrou na aplicação de ultrassom resultados superiores ao grupo controle em sementes de *Hymenaea courbaril* L. em gramíneas a aplicação de ultrassom também favoreceu a germinação e o crescimento e desenvolvimento de mudas (Liu *et al.*, 2016).

Em semente de soja a aplicação de ultrassom favoreceu tanto uma maior germinação quanto aumentou a taxa de reações hidrolise catalisadas por enzimas, aumentando assim a atividade enzimática (Alfalahi *et al.*, 2022). Estudos que demonstrem efeitos bioquímicos também devem ser realizados, para verificar mudanças a níveis celulares e moleculares do efeito

de ultrassom nas sementes, uma vez que, muitos estudos já relatam mudanças positivas com a aplicação da técnica em sementes de diversas espécies (Alfalahi *et al.*, 2022; Rawat; Saini, 2023; Tian *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2015).

Em sementes de ervilhas (*Pisum sativum*), foi observado um aumento na taxa de germinação de 13%, e a técnica também diminuiu a carga microbiana, favorecendo o desenvolvimento de mudas (Chiu; Sung, 2014). Para sementes de pimenta, a aplicação de ultrassom obteve resultados desfavoráveis, diminuindo a germinação de sementes após a técnica, indicando que o tempo de exposição, a intensidade e a frequência, devem ser ajustados de acordo com cada espécie ou variedade (Goussous *et al.*, 2010).

Apesar de ser uma técnica já utilizada com frequência e bons resultados para a germinação e o crescimento (Romanini *et al.*, 2021; Meisam, 2017; Wang; Ma; Wang, 2019; Yang *et al.*, 2015) a aplicação não influenciou nos resultados para amendoim forrageiro. O tempo de exposição a intensidade e a frequência da aplicação de ultrassom, podem não ter sido ajustados para um melhor rendimento nas mudas de amendoim forrageiro, uma vez que a aplicação não favoreceu e nem desfavoreceu a germinação e massa das mudas produzidas.

4 CONCLUSÃO

Segundo as informações estatísticas todos os resultados foram semelhantes ao grupo controle, para todos os parâmetros que foram analisados, com exceção ao peso da massa seca e da massa fresca da raiz em que os grupos G1, G2 e G3, ficaram com média inferiores ao grupo controle e aos demais grupos. A aplicação de ultrassom demonstra em muitos estudos resultados promissores, uma aplicação com novas frequências e intensidades poderia demonstrar resultados diferentes, uma outra proposta seria a realização de avaliações bioquímicas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Capes e CNPq pela concessão de bolsas, a Universidade Federal do Acre – UFAC e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE.

REFERÊNCIAS

- ALFALAH, A. O. *et al.* Ultrasonic Treatment Enhances Germination and Affects Antioxidant Gene Expression in Soybean (*Glycine max* L. Merr). **Agronomy**, v. 12, n. 10, 1 out. 2022.
- BRASIL, M. DA A. P. E A. **Regras para análise de sementes RAS 2009**. Brasilia: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2009.
- BRUNO ROMANINI, E. *et al.* Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from BRS Violet grape pomace followed by alginate-Ca²⁺ encapsulation. **Food Chemistry**, v. 338, 15 fev. 2021.
- CHIU, K. Y.; SUNG, J. M. Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 7, p. 1699–1706, 1 jul. 2014.
- DÁVILA, L. P. V. *et al.* Analysis of the effect of ultrasound on *Hymenaea courbaril* L. seeds / Análise do efeito do ultrassom em sementes de *Hymenaea courbaril* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 105910–105921, 18 nov. 2021.
- D'AVILA, L. P. V. *et al.* EFFECT OF THE ULTRASOUND APPLICATION IN SEEDS ON THE PERFORMANCE OF SEEDLINGS OF *Hymenaea courbaril* L. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 10 abr. 2022.
- GONDIM FILHO, A. G. C. *et al.* Avaliação nutricional de genótipos de Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) por técnicas multivariadas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 19 jul. 2020.
- GOUSSOUS, S. J. *et al.* Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique. **Experimental Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 231–242, abr. 2010.
- LIU, J. *et al.* Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. **Scientific Reports**, v. 6, 1 mar. 2016.
- LUDWIG, R. L. *et al.* **PRODUÇÃO E QUALIDADE DO *Arachis pintoi***. [s.l: s.n.].
- MAGUIRE, J. D. **SPEED OF GERMINATION-AID IN SELECTION AND EVALUATION FOR SEEDLING EMERGENCE AND VIGOR**. [s.l: s.n.].
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.
- MIANO, A. C. *et al.* Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 297–302, 1 jan. 2015.
- NAZARI, M. Impacts of Ultrasonic Waves on Seeds: A Mini-Review. **Agricultural Research & Technology: Open Access Journal**, v. 6, n. 3, 28 abr. 2017.

NAZARI, M.; SHARIFIFAR, A.; ASGHARI, H. R. *Medicago Scutellata Seed Dormancy Breaking by Ultrasonic Waves*. **Plant Breeding and Seed Science**, v. 69, n. 1, p. 15–24, 5 maio 2015.

NOGUEIRA, A. *et al.* **Seed germination and seedling development assisted by ultrasound: gaps and future research directions**. **Journal of the Science of Food and Agriculture** John Wiley and Sons Ltd, , 30 jan. 2024.

PATZLAFF, N. L. **CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PASTAGEM MISSIONEIRA-GIGANTE EM CULTIVO ESTREME E EM CONSÓRCIO COM AMENDOIM-FORRAGEIRO SOB PASTEJO**. **Revista Científica Rural**, v. 23, n. 1, p. 54–68, 27 maio 2021.

RAMOS, K. M. O. *et al.* **Electrical Conductivity Testing as Applied to the Assessment of Freshly Collected Kielmeyera coriacea Mart. Seeds** . **ISRN Agronomy**, v. 2012, p. 1–5, 7 maio 2012.

RAN, H.; YANG, L.; CAO, Y. **Ultrasound on Seedling Growth of Wheat under Drought Stress Effects**. **Agricultural Sciences**, v. 06, n. 07, p. 670–675, 2015.

RAWAT, R.; SAINI, C. S. **Modification of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) protein isolate by high intensity ultrasound: Impact on the molecular structure, amino acid composition and nutritional profiling**. **Food Bioscience**, v. 56, 1 dez. 2023.

TABARU, M.; FUJINO, R.; NAKAMURAY, K. **Effects of ultrasound irradiation on the growth of Japanese radish sprouts**. **Acoustical Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 167–170, 2015.

TIAN, R. *et al.* **Ultrasound driven conformational and physicochemical changes of soy protein hydrolysates**. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 68, 1 nov. 2020.

TORSIAN, W. S. **torsian 2020**. 2020.

VENÂNCIO, R. S. DA S.; MARTINS, A. C. G. **Overcoming dormancy of *Senna multijuga* seeds with an ultrasonic probe the comparison with ultrasound and sulfuric acid baths**. **Ciencia Rural**, v. 49, n. 9, 2019.

WANG, J.; MA, H.; WANG, S. **Application of ultrasound, microwaves, and magnetic fields techniques in the germination of cereals**. **Food Science and Technology Research** Japanese Society for Food Science and Technology, , 2019.

YANG, H. *et al.* **The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts**. **Food Research International**, v. 77, p. 704–710, 1 nov. 2015.