



Methods for overcoming dormancy in cassava seeds

Métodos de superação de dormência para sementes de mandioca

Carla Klis Ximenes^{1*}, José Maria Arcanjo Alves², Ricardo Bardales-Lozano³, Deyse Cristina Oliveira Silva⁴, Yenara Alves Guedes⁵, Luiz Fernandes Silva Dionísio⁶

Abstract: The propagation of cassava via seminal is an option but faces problems due to dormancy and slow germination. Therefore, the objective was to evaluate the effect of pre-germination treatments, on overcoming *Manihot esculenta* seed dormancy, clone Gabriela, cultivated in Roraima, Brazil. The experiment was a completely randomized design, with four replicates of 25 seeds, each in seven treatments: intact seeds (CONTROL); lateral scarification the seed (LS); removal of the caruncle (RC); scarification of the caruncle (SC); immersion of the seeds in sulphuric acid for 10 minutes (SA10); for 20 minutes (SA20) and for 30 minutes (SA30). The seeds were sown in trays containing river sand, washed and passed through a 2 mm mesh sieve. The following variables were analyzed: seedling emergence (SE), average emergence time (MET), emergence speed index (ESI), percentage of firm seeds (PFS), percentage of hard seeds (PHS) and percentage of deteriorated seeds (PSDET). The LS (89±7%) and SC (82±5%) treatments were superior to the others, obtaining the shortest MET (11.7±0.38 and 12.8±0.69 days, respectively) and consequently the highest IVE (1.55±0.22 and 1.74±0.22). Sexual propagation of cassava is possible. Lateral scarifying the seeds until the inside of the tegument with exposure of the endosperm with the caruncle intact (LS) and Scarifying the of caruncle until the inside of the tegument (SC) were more efficient seedling emergence and in counting normal cassava seedlings. Soaking seeds in sulphuric acid (AS10; AS20 and AS30) does not overcome the dormancy of cassava seeds.

Key words: Seed scarification. Breaking dormancy. Seed propagation. *Manihot esculenta* Crantz.

Resumo: A propagação da mandioca via seminal é uma opção, mas enfrenta problemas devidos à dormência e à germinação lenta. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de *Manihot esculenta*, clone Gabriela, cultivada em Roraima, Brasil. Para o experimento, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes cada em sete tratamentos: TEST - sementes intactas; EL - escarificação lateral da semente; RC - retirada da carúncula das sementes; EC - escarificação da carúncula; AS10 - imersão das sementes em ácido sulfúrico por 10 minutos; AS20 - imersão das sementes em ácido sulfúrico por 20 minutos e AS30 - imersão das sementes em ácido sulfúrico por 30 minutos. As sementes foram semeadas em bandejas, contendo areia de rio, lavada e passada na peneira com malha de 2 mm. Foram analisadas as seguintes variáveis: emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência (TME), índice de velocidade de emergência (IVE), percentagem de sementes firmes (PSF), percentagem de sementes duras (PSD) e percentagem de sementes deterioradas (PSDET). Os tratamentos EL (89±7%) e EC (82±5%) foram superiores aos demais, obtendo-se os menores TME (11,7±0,38 e 12,8±0,69 dias, respectivamente) e conseqüentemente, maiores IVE (1,55±0,22 e 1,74±0,22). As técnicas empregando escarificação na lateral com carúncula até exposição do endosperma (EL) e a escarificação da carúncula até alcançar a parte interna do tegumento (EC), aumentam a emergência de plântulas de mandioca com potencial de promover impacto positivos no melhoramento genético da mandioca que depende da propagação seminal.

Palavras-chave: Escarificação da semente. Quebra de dormência. Propagação seminal. *Manihot esculenta* Crantz.

*Corresponding author

Submitted for publication on 11/08/2023, approved on 26/08/2023 and published on 30/11/2023

¹Mestre. Universidade Federal de Roraima. E-mail: dcarlaklis@yahoo.com.br

²Doutor. Universidade Federal de Roraima. E-mail: arcanjo.alves@ufr.br

³Doutor. Universidade Federal de Roraima. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. E-mail: rbardaleslozano@gmail.com

⁴Doutora. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. E-mail: deyse.cris@hotmail.com

⁵Mestranda. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Roraima. E-mail: yenara_rr@hotmail.com

⁶Doutor. Universidade Federal de Roraima. E-mail: fernandesluiz03@gmail.com

INTRODUÇÃO

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the most important food sources for local populations in the Amazon, which plays an important economic, social and cultural role (AZEVEDO *et al.*, 2023). The roots are primary sources of carbohydrates and its production is significantly destined for industry (UTSUMI *et al.*, 2019). Cassava has a cultural importance and it is responsible for the occupation and maintenance of the cassava has a cultural importance and it is responsible for the occupation and maintenance of the rural workers, strongly involving family labor, given its strong nature of involving family labor (VITORINO *et al.*, 2023).

Originally from South America, cassava is easily adaptable to climate variations and tropical climate regions. The largest producers of cassava in the world are Nigeria, Congo, Ghana, Thailand, Indonesia and Brazil (FAO, 2022). In Brazil, it is grown in all regions, with the largest cassava production concentrated in the North and Northeast regions, especially Bahia, Mato Grosso do Sul and Pará (GUIMARÃES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2020; ARGENTEL-MARTÍNEZ *et al.*, 2023).

This species are propagated from portions of the plant stem called branches, manioc or propagation cuttings (SILVA *et al.*, 2015), which facilitates the free exchange of branches between farmers for planting (FAYE *et al.*, 2015). However, this practice spread diseases, pathogens and pests, which reduces the availability and quality of the propagating material (KIDULILE *et al.*, 2018). In this way, sexual reproduction is an alternative method to reduced phytosanitary these phytosanitary problems, promoting the expansion of its genetic variability, variability, allowing the breeders to select of agronomic importance.

In the Amazon, there is a wealth of varieties (ethnovarieties) that have been domesticated for many years by the forest people, caboclos, indigenous people and riverside dwellers (CLEMENT *et al.*, 2016). According to Fukuda and Silva (2002), the great genetic diversity of cassava is due to natural selection during evolution and domestication, easy cross-pollination, high heterozygosity and abrupt fruit dehiscence.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um dos principais alimentos cotidianos das populações locais na Amazônia, o que lhe confere importante papel econômico, social e cultural (AZEVEDO *et al.*, 2023). As raízes são fontes primárias de carboidratos e sua produção é significativamente destinada à indústria (UTSUMI *et al.*, 2019). A mandioca tem importância cultural por ser responsável pela ocupação e manutenção do homem no campo, além de envolver a mão de obra familiar (VITORINO *et al.*, 2023).

Originária da América do Sul, a mandioca facilmente se adapta as variações climáticas do clima tropical. Os maiores produtores de mandioca do mundo são Nigéria, Congo, Gana, Tailândia, Indonésia e Brasil (FAO, 2022). No Brasil, é cultivada em todas as regiões, sendo a maior produção de mandioca concentrada nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para Bahia, Mato Grosso do Sul e Pará (GUIMARÃES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2020; ARGENTEL-MARTÍNEZ *et al.*, 2023).

Essa espécie é propagada a partir de porções do caule das plantas denominados de ramas, manivas ou estacas de propagação (SILVA *et al.*, 2015), o que facilita a livre troca das estacas entre os agricultores para o plantio (FAYE *et al.*, 2015). Porém, essa prática dissemina doenças e patógenos, o que reduz a disponibilidade de material propagativo de qualidade (KIDULILE *et al.*, 2018). Dessa forma, a reprodução sexuada constitui-se como método alternativo para reduzir problemas fitossanitários, promovendo ampliação de sua variabilidade genética, possibilitando aos melhoristas a seleção de genótipos de importância agrônoma.

Na Amazônia existe riqueza em variedades (etnovarietades) domesticadas, há muitos anos, pelos povos da floresta, caboclos, indígenas e ribeirinhos (CLEMENT *et al.*, 2016). Segundo Fukuda e Silva (2002), a grande diversidade genética apresentada pela cultura da mandioca deve-se: à seleção natural durante a evolução e domesticação, à facilidade de polinização cruzada, à alta heterozigose e à deiscência abrupta dos frutos.

In traditional agroecosystems based on swidden cultivation in the Brazilian Amazon, farmers allow the growth of volunteer seedlings that appear in the fields (SAMBATTI *et al.*, 2001). Some plants originated from seeds also provide cuttings for subsequent cultivation. These cuttings from sexual reproduction are important in the evolutionary dynamics of the crop and in increasing genetic variability.

The flowering of cassava associated with the variable production of seeds in some clones growing in the Amazon region is the phenomenon that most contributes to genetic variability, however, obtaining plants through seeds it is difficult by the low and uneven germination of the population (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). There are, there are alternatives that increase the germination rate by breaking seed dormancy, such as storage time, the use of dry heat, mechanical processes and alternating temperatures (PUJOL *et al.*, 2002; MEZZALIRA *et al.*, 2013). Mezzalira *et al.* (2013) found that scarification, a mechanical process, did not cause damage to the embryo and 26% of germinated and viable seeds were achieved. However, the propagation of cassava via seeds is restricted to research (SILVA *et al.*, 2001; NASSAR; ORTIZ, 2007).

Seed production is an essential process in obtaining new cassava varieties. Studies that make progress on increasing the percentage of homogeneous germination in cassava seeds are important. The aim of this study was to evaluate the effect of pre-germination seed treatments on the emergence of cassava (*Manihot esculenta*) seedlings.

MATERIAL AND METHODS

The work was carried out in the native plant nursery at the Agrarian Sciences Centre of the Federal University of Roraima (CCA-UFRR), at the geographical coordinates 2° 49' 11" N, 60° 40' 24" W, located in the municipality of Boa Vista - RR, Brazil, between the months of October 2012 and January 2014. The average temperature during the period was 27.4 °C and the relative humidity was 75.6%, data obtained from the meteorological station at the Cauamé campus of the CCA-UFRR.

Em agroecossistemas tradicionais baseados no cultivo de roça na Amazônia brasileira, os agricultores permitem o crescimento de mudas voluntárias que aparecem nos campos (SAMBATTI *et al.*, 2001). Essas plantas originadas por sementes podem fornecer estacas para cultivo seguinte. Essas estacas da reprodução sexuada são importantes na dinâmica evolutiva da cultura e no aumento da variabilidade genética.

O florescimento e produção de sementes de alguns clones de mandioca que vegetam na região amazônica, contribui para a variabilidade genética. No entanto, a obtenção de plantas por meio de sementes é dificultada pela germinação baixa e desuniforme da população (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). Há alternativas para aumentar a taxa de germinação, como: tempo de armazenamento, uso do calor seco, processos mecânicos e alternância de temperatura, que promovem a quebra de dormência (PUJOL *et al.*, 2002; MEZZALIRA *et al.*, 2013). Mezzalira *et al.* (2013) verificaram que escarificação, processo mecânico, não causou danos ao embrião e foi alcançado 26% de sementes germinadas e viáveis. No entanto, a propagação de mandioca via seminal restringe-se a pesquisa (SILVA *et al.*, 2001; NASSAR; ORTIZ, 2007).

A produção de sementes é um processo indispensável na obtenção de novas variedades de mandioca. Estudos que tragam avanços sobre o aumento do percentual de germinação homogêneo, em sementes de mandioca, são relevantes. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos de sementes na emergência de plântulas de mandioca (*Manihot esculenta*).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no viveiro de plantas nativas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima (CCA-UFRR), nas coordenadas geográfica 2° 49' 11" N, 60° 40' 24" W, sediado no município de Boa Vista – RR, Brasil, entre os meses de outubro de 2012 e janeiro de 2014. A temperatura média verificada no período foi de 27,4 °C e umidade relativa do ar de 75,6%, dados obtidos da estação meteorológica do *campus* Cauame do CCA-UFRR.

The experimental design was entirely randomized, with seven treatments and four replicates of 25 seeds. The treatments comprised the methods used for overcoming dormancy in cassava seeds (Figure 1), Gabriela clone. The treatments are presented in Figure 2.

The experiment was carried out using seeds obtained from Gabriela clone plants, an ethnovariety grown by small producers in Roraima. The seeds were planted via vegetative propagation (manioc) and harvested between August and September 2013. Due to the natural dehiscence of the fruit and to avoid losing the seeds, they were protected with tulle bags at the same phenological stage. The seeds were systematically collected from the bags after dispersal (Figure 3).

Some fruits were collected before dehiscence (Figure 3C) and stored at room temperature to allow them to dehiscence and obtain the seeds. The collected seeds were packed in PET (Polyethylene terephthalate) bottles and stored in a refrigerator at 5 ± 1 °C.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições de 25 sementes. Os tratamentos compreenderam os métodos de superação da dormência das semente de mandioca (Figura 1), clone Gabriela. Os tratamentos estão apresentados na Figura 2.

O experimento foi realizado com sementes obtidas de plantas, clone Gabriela, etnovarietade cultivada por pequenos produtores de Roraima. O plantio foi realizado via propagação vegetativa (manivas) e a colheita das sementes ocorreu entre os meses de agosto a setembro de 2013. Devido à deiscência natural dos frutos e para evitar a perda das sementes, eles foram protegidos com sacos de tecido telado (tule) no mesmo estágio fenológico. As sementes foram sistematicamente coletadas dos sacos após a dispersão (Figura 3).

Alguns frutos foram coletados antes da deiscência (Figura 3C), sendo armazenados à temperatura ambiente para permitir a sua deiscência e obtenção das sementes. As sementes coletadas foram acondicionadas em garrafas PET (Politereftalato de etileno) e armazenadas em refrigerador a 5 ± 1 °C.

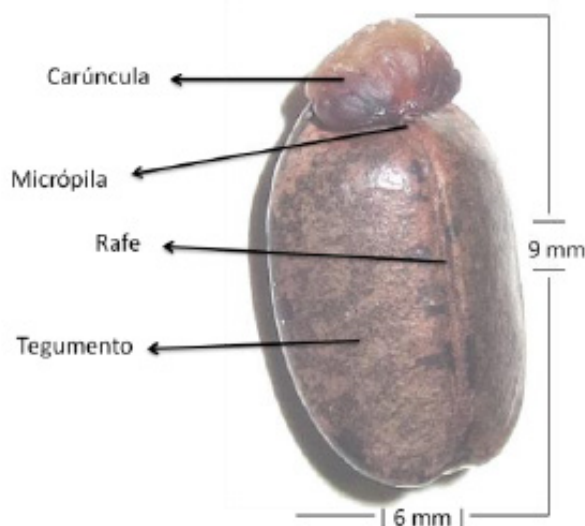


Figure 1 - Cassava seed, clone Gabriela, with the external structures (caruncle, micropyle, tegument and rafe).

Source: Carla Ximenes (2013).

Figura 1 - Semente de mandioca, clone Gabriela, com as estruturas externas (carúncula, micrópila, tegumento e rafe).

Fonte: Carla Ximenes (2013).

Figure 2 - Treatments tested to overcome the dormancy of *Manihot esculenta* seeds (A).

Figura 2 - *Tratamentos testados na superação de dormência de semente de Manihot esculenta (A).*





Tratamentos	Semente de Mandioca
Intact seeds (CONTROL) Semente intactas (TEST)	
Lateral scarification on the side of the seed until to the inside of the tegument exposure of the endosperm (LS) Escarificação lateral na semente até exposição do endosperma ((EL)	
Removal of the caruncle from the seed with pliers (RC) Retirada da carúncula das sementes com alicate (RC)	
Removal of the caruncle and scarification until to the inside of the tegument (SC) Retirada da carúncula e escarificação no ponto de inserção até a parte interna do tegumento (EC)	



Figure 3 - Immature fruit on the mother plant, cassava clone Gabriela (A), fruit at the moment of dehiscence (B), fruit protection before dehiscence (C) and *Manihot esculenta* seeds exposed after fruit dehiscence (D).

Source: Carla Ximenes (2013).

Figura 3 - Frutos imaturos na planta mãe, clone de mandioca Gabriela (A), Frutos no momento da deiscência (B), Proteção do fruto antes da deiscência (C) e sementes de *Manihot esculenta* expostas após a deiscência do fruto (D).

Fonte: Carla Ximenes (2013).

In the greenhouse, the seeds were sown in polythene trays measuring 53 x 33 x 13 cm, containing 7.5 dm³ of sand, which was washed and passed through a sieve with a mesh size of 2 mm, resulting in a height of 10 cm of substrate in the trays. The sowing depth was 2 cm and each tray represented a repetition with 25 seeds, totalling 24 trays. An automatically controlled micro-sprinkler irrigation system was used, activated four times a day for a period of five minutes.

Em casa de vegetação, as sementes foram semeadas em bandejas de polietileno com dimensões de 53 x 33 x 13 cm, contendo 7,5 dm³ de areia, que foi lavada e passada na peneira com malha de 2 mm, resultando em uma camada de 10 cm de substrato nas bandejas. A profundidade de semeio foi de 2 cm, e cada bandeja representou uma repetição com 25 sementes. Foi utilizado sistema de irrigação por microaspersão, controlado de maneira automática, sendo ativado quatro vezes ao dia por um período de 5 minutos.

At 40 days after sowing (DAS), the following variables were analysed: seedling emergence (%), mean emergence time (MET), emergence speed index (ESI), percentage of firm seeds (PFS), percentage of hard seeds (PHS) and percentage of deteriorated seeds (PSDET). To determine the percentage of emerged seedlings, the number of emerged seedlings was counted in relation to the total number of seeds in each treatment until the process stabilised. Seeds with exposed cotyledons were considered to have emerged.

The mean emergence time (MET) was determined from the daily count of the number of emerged seedlings, which represents the weighted average of the time required for emergence, using equation 1.

$$MET = \frac{E_1 T_1 + E_2 T_2 \dots E_n T_n}{E_1 + E_2 \dots E_n} \quad (1)$$

Where: MET = mean emergence time, in days, required to reach maximum emergence; E = is the number of emerged seedlings; T = time.

The emergence speed index (ESI) was determined from the daily count of the number of emerged seedlings, using equation 2.

$$ESI = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{D_1 + D_2 + \dots + D_n} \quad (2)$$

Where: ESI = emergence speed index; E = number of emerged seedlings; D = number of days elapsed from sowing of the first to the last count.

For the statistical analyses, the assumptions of the analysis of variance (ANOVA) were checked: a) normality using the Shapiro-Wilk test and b) homoscedasticity using the Bartlett test. When a significant effect was observed between the treatments in the ANOVA, the Tukey test was applied to compare the means. All statistical analyses were carried out using the R program version 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020), at a 5% significance level.

Aos 40 dias após a semeadura (DAS), foram analisadas as seguintes variáveis: emergência de plântulas (%), tempo médio de emergência (TME), índice de velocidade de emergência (IVE), percentagem de sementes firmes (PSF), percentagem de sementes duras (PSD) e percentagem de sementes deterioradas (PSDET). Para a determinação da percentagem de plântulas emergidas, contabilizou-se o número de plântulas emergidas em relação ao total de sementes em cada tratamento até a estabilização do processo. A semente que apresentou cotilédones expostos foi considerada como emergência de plântulas.

O tempo médio de emergência (TME) foi determinado a partir da contagem diária do número de plântulas emergidas, que representa a média ponderada do tempo necessário para emergência (Equação 1).

Em que: TME = é o tempo médio, em dias, necessário para atingir a emergência máxima; E = é o número de plântulas emergidas; T = tempo.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado a partir da contagem diária do número de plântulas emergidas (Equação 2).

Em que: IVE = índice de velocidade de emergência; E = número de plântulas emergidas; D = número de dias decorridos da semeadura, da primeira à última contagem.

Para as análises estatísticas, foram verificados os pressupostos da análise de variância (ANOVA), sendo estes: a) normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e b) homoscedasticidade pelo teste de Bartlett. Quando observado efeito significativo entre os tratamentos na ANOVA, o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020), ao nível de 5% de significância.

RESULTS AND DISCUSSION

The variables evaluated showed significant differences ($p \leq 0.05$) by the F test for the treatments studied. Figure 4 shows the sequence of development of the process, from germination to seedling formation.

The Figure 5 shows the effects of the treatments. In LS and SC, seedling emergence ranged from 11 to 30 DAS. In the CONTROL and RC treatments, seedling emergence ranged from 11 to 31 DAS. The SA10, SA20 and SA30 treatments using sulphuric acid for 10, 20 and 30 minutes, respectively, did not cause the plants to emerge, possibly due to damage caused to the embryo (GEORGE; HAMADINA, 2020; MEZZALIRA *et al.*, 2013).

The LS ($89 \pm 7\%$) and SC ($82 \pm 5\%$) treatments had the highest average emergence rates, differing significantly ($F_{3;12} = 64,3$, $p = 0.001$) from CONTROL ($40 \pm 4\%$) and RC ($46 \pm 5\%$), which did not differ statistically ($p = 0.539$). The lowest average was observed for CONTROL (Figure 5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis avaliadas apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste F para os tratamentos estudados. Na Figura 4 é apresentada a sequência de desenvolvimento do processo, desde a germinação até a formação da plântula.

Na Figura 5 tem-se a análise dos efeitos nos tratamentos. Em EL e EC, a emergência de plântulas variou de 11 a 30 DAS. Nos tratamentos TEST e RC, a emergência de plântulas variou de 11 a 31 DAS. Os tratamentos AS10, AS20 e AS30 com uso de ácido sulfúrico por 10, 20 e 30 minutos, respectivamente, não proporcionaram a emergência das plantas, possivelmente em razão de danos causados ao embrião (GEORGE; HAMADINA, 2020; MEZZALIRA *et al.*, 2013).

Os tratamentos EL ($89 \pm 7\%$) e EC ($82 \pm 5\%$) apresentaram as maiores médias de emergência, diferindo significativamente ($F_{3;12} = 64,3$, $p = 0,001$) da TEST ($40 \pm 4\%$) e RC ($46 \pm 5\%$) que não diferiram estatisticamente entre si ($p = 0,539$). A menor média foi observada para TEST (Figura 5).



Figure 4 - Stages of cassava seed emergence, clone Gabriela, until seedling formation.

Source: Carla Ximenes (2013).

Figura 4 - Fases da emergência da semente de mandioca, clone Gabriela, até a formação da plântula.

Fonte: Carla Ximenes (2013).

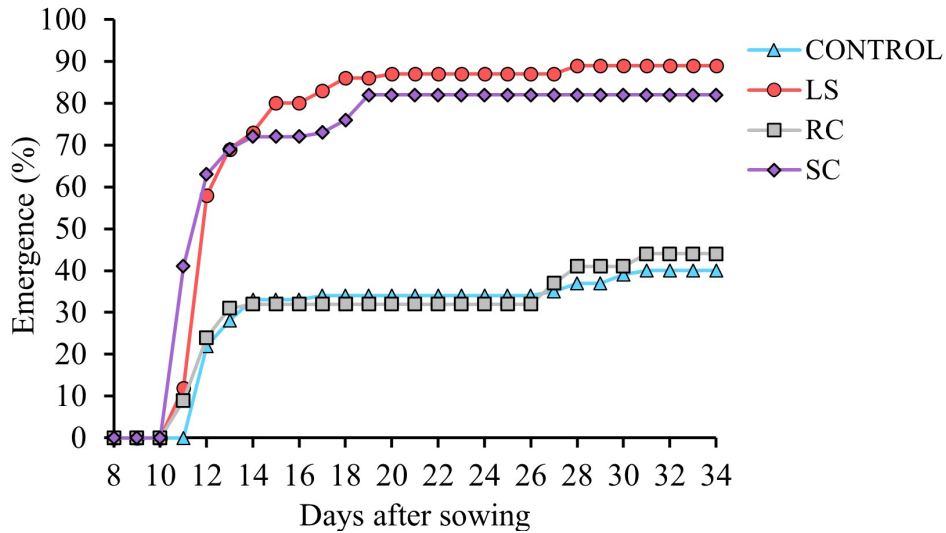


Figure 5 - Accumulated emergence of *Manihot esculenta* seeds, clone Gabriela, after dormancy-breaking treatments.

CONTROL - intact seeds; LS - Lateral scarification RC - Removal of the caruncle; SC - Scarification of the caruncle.

Figura 5 - Emergência acumulada de sementes de *Manihot esculenta*, clone Gabriela, em função dos tratamentos de quebra de dormência.

TEST - sementes intactas; EL - Escarificação na lateral; RC - Retirada da carúncula EC = Retirada da carúncula e escarificação no ponto de inserção.

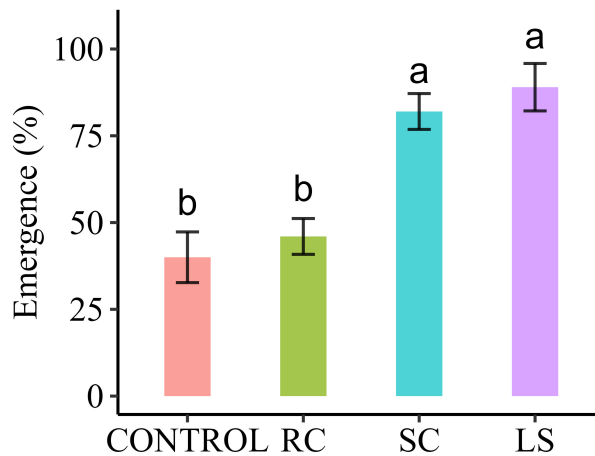


Figure 6 - Emergence of *Manihot esculenta* seedlings, clone Gabriela, after dormancy-breaking treatments.

CONTROL - intact seeds; LS - Lateral scarification RC - Removal of the caruncle; SC - Scarification of the caruncle.

Figura 6 - Emergência de plântulas de *Manihot esculenta*, clone Gabriela, em função dos tratamentos de quebra de dormência.

TEST - sementes intactas; EL - Escarificação na lateral; RC - Retirada da carúncula EC - Retirada da carúncula e escarificação no ponto de inserção.

Significant differences were observed in the mean time to emergence (MET) ($F_{3;12} = 33.29$, $p\text{-value} = 0.001$) and speed of emergence (ESI) ($F_{3;12} = 22.06$, $p\text{-value} = 0.001$), there was a significant difference. The SC and LS treatments had the lowest MET values (11.7 ± 0.38 and 12.8 ± 0.69 days, respectively) and, consequently, the highest ESI values (1.55 ± 0.22 and 1.74 ± 0.22), differing significantly from the other treatments (Figure 6). The RC treatment had the highest MET (16.0 ± 0.88 days), differing significantly from CONTROL (14.5 ± 0.59 days). The CONTROL and RC treatments had the lowest EVI, with no significant difference between them (Figure 7).

Para o tempo médio de emergência (TME) ($F_{3;12} = 33,29$, $p\text{-valor} = 0,001$) e a velocidade de emergência (IVE) ($F_{3;12} = 22,06$, $p\text{-valor} = 0,001$), observou-se diferença significativa. Os tratamentos EC e EL apresentaram os menores valores de TME ($11,7 \pm 0,38$ e $12,8 \pm 0,69$ dias, respectivamente) e, conseqüentemente, maiores valores de IVE ($1,55 \pm 0,22$ e $1,74 \pm 0,22$), diferindo-se significativamente dos demais tratamentos (Figura 6). O tratamento RC apresentou o maior TME ($16,0 \pm 0,88$ dias), diferindo significativamente da TEST ($14,5 \pm 0,59$ dias). Os tratamentos TEST e RC apresentaram os menores IVE, sem diferença significativa entre si (Figura 7).

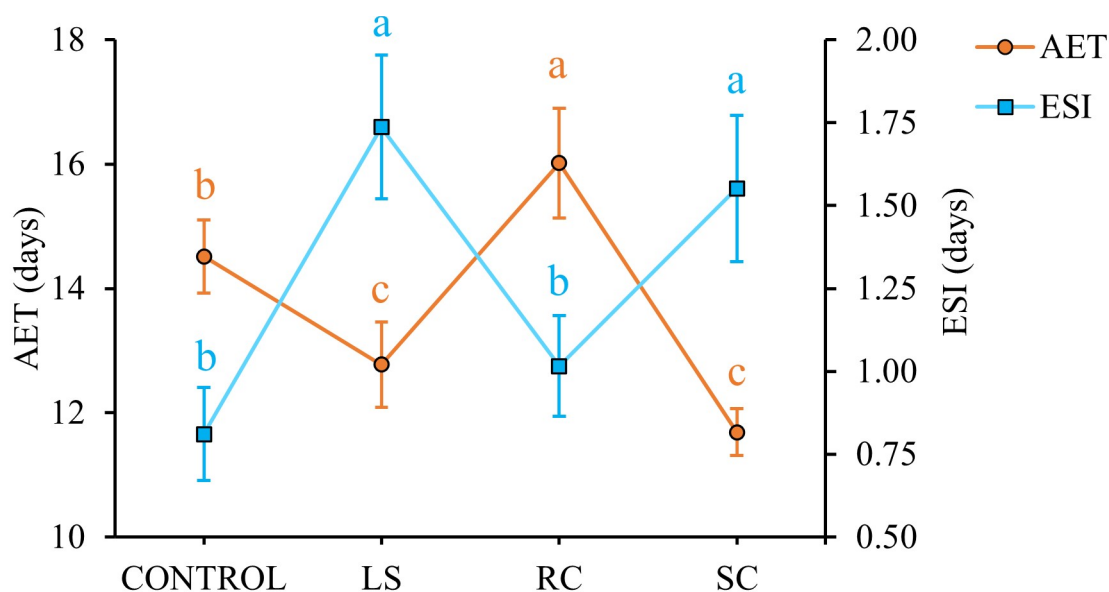


Figure 7 - Emergence speed index (ESI) and mean emergence time (MET) of *Manihot esculenta* seeds, clone Gabriela, after dormancy-breaking treatments.

CONTROL - intact seeds; LS - Lateral scarification with a caruncle up to the inside of the tegument, exposing the endosperm; RC - Removal of the caruncle from the seeds with pliers until the endosperm is exposed and SC - Scarification of the caruncle up to the inside of the tegument.

Figura 7 - Índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de sementes de *Manihot esculenta*, clone Gabriela, em função dos métodos de quebra de dormência.

TEST = Testemunha (sementes intactas com carúncula); EL - Escarificação na lateral com carúncula até exposição do endosperma; RC - Retirada da carúncula das sementes e EC - Retirada da carúncula e escarificação no ponto de inserção.

Studies on ESI and MET are important to evaluating overcoming dormancy methods and separating the most effective ones. Low germination (<33%) and irregular germination (15-80%) of true cassava seeds are the main obstacles to its improvement and to achieving higher yields and, on the other hand, they contribute to the widespread use of low-yielding, disease-prone and declining varieties (FUKUDA; CERQUEIRA, 1986; NJOKU *et al.*, 2015). The low percentage of seed germination can be caused by dormancy due to a combination of integumentary and embryonic factors (GEORGE; HAMADINA, 2020).

Cassava seeds have a low germination rate and are highly uneven, making it difficult to obtain clones when breeding the species (CHANDRARATINA; NANAYAKKARA, 1948; SILVA *et al.*, 2001). Germination rates vary greatly, necessitating the pre-germination treatments. However, many factors can influence the germination process of cassava, such as: temperature, light, removal of external structures such as the tegument and caruncle and storage time (SILVA *et al.*, 2001; PUJOL *et al.*, 2002; MEZZALIRA *et al.*, 2013).

The seeds that did not emerge in the CONTROL, 72% remained firm, 24 per cent hard and 3 per cent had deteriorated by the end of the experiment. In the other treatments, the percentage of firm and hard seeds decreased and the percentage of deteriorated seeds increased. The use of sulphuric acid (SA10, SA20, SA30) on *M. esculenta* seeds for 10 minutes or more than 90% of deteriorated seeds (Figure 8).

The cassava seeds showed physical we suggest future researches altering the concentration, as emergence in the CONTROL was less than 50% (Figure 5). When the seeds were mechanically scarified with the caruncle removed, the emergence percentage increased to 89%. These values are similar to those found by Pujol *et al.* (2002), who obtained 88% germination of cassava seeds with mechanical scarification of the tegument with the caruncle intact, and 80% for mechanically scarified seeds without a caruncle.

Estudos sobre IVE e TME são importantes para se avaliar os métodos de superação da dormência e separar os mais eficazes. A baixa germinação (<33%) e a germinação irregular (15-80%) das sementes verdadeiras de mandioca são os principais entraves ao seu melhoramento e para que atinja maiores rendimentos e, por outro lado, contribuem para o uso generalizado de variedades de baixo rendimento, susceptíveis a doenças e em declínio (FUKUDA; CERQUEIRA, 1986; NJOKU *et al.*, 2015). A baixa percentagem de germinação das sementes pode ser causada pela dormência devido a uma combinação de fatores tegumentares e embrionários (GEORGE; HAMADINA, 2020).

As sementes de mandioca possuem baixa taxa de germinação e elevada desuniformidade, dificultando a obtenção de clones no melhoramento da espécie (CHANDRARATINA; NANAYAKKARA, 1948; SILVA *et al.*, 2001). As taxas de germinação variam muito, requerendo a necessidade de tratamentos pré-germinativos. Contudo, muitos fatores podem influenciar o processo de germinação da mandioca, tais como: temperatura, luz, remoção de estrutura externas como o tegumento e a carúncula e tempo de armazenamento (SILVA *et al.*, 2001; PUJOL *et al.*, 2002; MEZZALIRA *et al.*, 2013).

Das sementes que não apresentaram emergência na TEST, 72% permaneceram firmes, 24% duras e 3% se deterioraram até o final do experimento. Nos demais tratamentos, a percentagem de sementes firmes e duras decresce, e a percentagem de sementes deterioradas aumenta. O uso do ácido sulfúrico (AS10, AS20 e AS30) nas sementes de *M. esculenta* por tempo igual ou superior a 10 minutos aumentou em mais de 90% a percentagem de sementes deterioradas (Figura 8).

As sementes de mandioca apresentaram dormência física, já que a emergência na TEST foi inferior a 50% (Figura 5). Quando submetidas à escarificação mecânica no tegumento com retirada da carúncula, a percentagem de emergência aumentou para 89%. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Pujol *et al.* (2002), que obtiveram 88% de germinação de sementes de mandioca com escarificação mecânica no tegumento com a carúncula intacta, e 80% para sementes sem carúncula escarificadas mecanicamente.

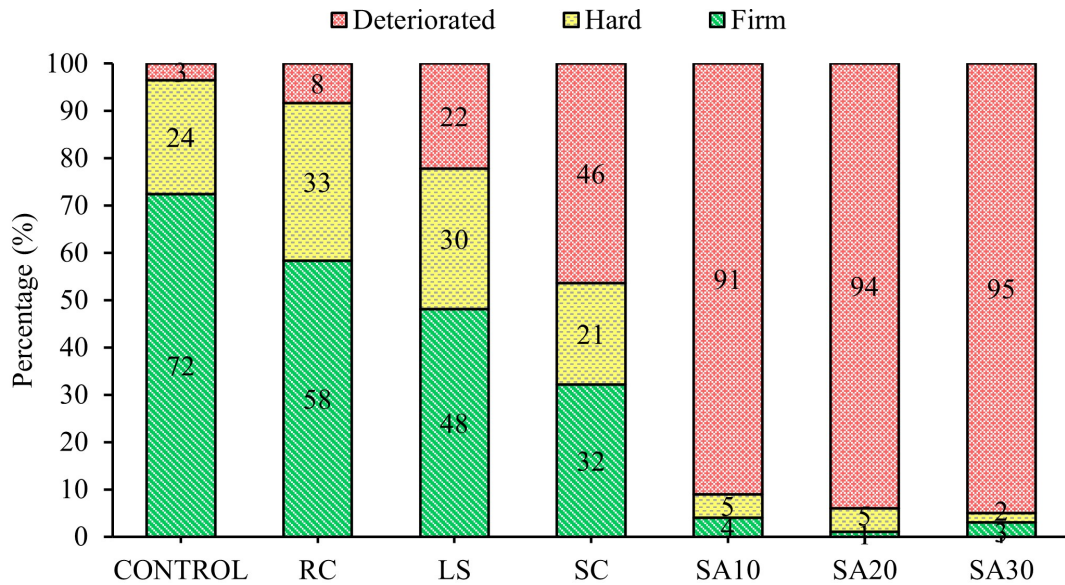


Figure 8 - Percentage of firm, hard and deteriorated seeds of *Manihot esculenta*, clone Gabriela, as a function of dormancy-breaking treatments.

CONTROL - intact seeds; LS - Lateral scarification with a caruncle up to the inside of the tegument, exposing the endosperm; RC - Removal of the caruncle from the seeds with pliers until the endosperm is exposed and SC - Scarification of the caruncle up to the inside of the tegument. SA10; SA20 and SA30 - Immerse the seeds in sulphuric acid for 10, 20 and 30 minutes..

Figura 8 - Percentagem de sementes firmes, duras e deterioradas de *Manihot esculenta*, clone Gabriela, em função dos tratamentos de quebra de dormência.

TEST - Testemunha (sementes intactas com carúncula); EL - Escarificação na lateral com carúncula até exposição do endosperma; RC - Retirada da carúncula das sementes e EC - Retirada da carúncula e escarificação no ponto de inserção; AS10; AS20 e AS30 - Imersão das sementes em ácido sulfúrico por 10, 20 e 30 minutos.

This shows that the presence of the caruncle does not influence germination, demonstrating that what effectively favours this process is the scarification of the tegument. Mezzalira *et al.* (2013) also obtained 88% germination in cassava seeds submitted to pre-germination treatment in water at 60 °C and mechanical scarification, after being stored at 4 °C for a year. These results, according to the authors, are due to the rupture of the tegument, facilitating the expansion of the embryo and, consequently, the emergence of the seedlings.

Isso demonstra que a presença da carúncula não influencia a germinação, evidenciando que o que favorece efetivamente este processo é a escarificação do tegumento. Mezzalira *et al.* (2013) também obtiveram 88% de germinação em sementes de mandioca submetidas a tratamento pré-germinativo em água a 60 °C e escarificação mecânica, após armazenadas a 4 °C por um ano. Esses resultados, segundo os autores, devem-se a ruptura do tegumento, facilitando a expansão do embrião e, conseqüentemente, a emergência das plântulas.

In view of the results obtained, it can be said that cassava seeds show dormancy imposed by the integument, but which can be overcome by using mechanical scarification. Proper storage of cassava seeds, such as refrigeration at 4 °C, can be used to produce seedlings in the future and does not interfere with the physical breaking of dormancy (MEZZALIRA *et al.*, 2013). Mechanical scarification of seeds with physical dormancy is the most recommended technique because it is more economical, easy to access, safe and simple to apply (MENDES *et al.*, 2009).

In other crops, such as castor beans, where the production and commercializing seeds of seeds is more common, the standard established in Brazil for commercialising seeds is at least 80% germination (DFASP, 2005). However, there is no established standard for commercialising cassava seeds.

The CONTROL treatments also promoted low seedling emergence, with values of less than 50%. Therefore, simply removing the caruncle without breaking the seed coat does not favour seedling emergence. The findings of this study corroborate those of Pujol *et al.* (2002), who established that scarifying the cassava seed coat does not cause embryonic damage or compromise seed germination, increasing the germination percentage and the speed of emergence.

The LS and SC treatments showed the best results for emergence, had the shortest average emergence time (MET) and the highest emergence speed index (ESI) as well. In addition, the action of heat and mechanical scarification with breaks in the integument (MEZZALIRA *et al.*, 2013). These techniques aim to facilitate embryo expansion and, consequently, seedling emergence.

The CONTROL showed the highest percentage of firm seeds (72%) and the lowest percentage of deteriorated seeds (3%). The sulphuric acid treatments, on the other hand, showed more than 90% deteriorated seeds. This shows that sulphuric acid treatments must cause damage to the embryo. Considering the practicality of using acid, we suggest future researches altering the concentration and immersion time.

Diante dos resultados obtidos, afirma-se que sementes de mandioca apresentam dormência imposta pelo tegumento, mas que pode ser superada com uso de escarificação mecânica. O armazenamento adequado das sementes de mandioca, como refrigeração a 4 °C, pode ser empregado para produção de mudas no futuro, não interfere na quebra física da dormência (MEZZALIRA *et al.*, 2013). A escarificação mecânica das sementes que apresentam dormência física é a técnica mais recomendada por ser mais econômica, de fácil acesso, segura e simples de ser aplicada (MENDES *et al.*, 2009).

Em outras culturas, como a mamona, em que a produção e a comercialização de sementes são mais comuns, o padrão estabelecido no Brasil para comercialização de sementes é de no mínimo 80% de germinação (DFASP, 2005). Contudo, não existe um padrão estabelecido para comercialização de sementes de mandioca.

A TEST e o tratamento RC também promoveram baixa emergência de plântulas, com valores inferiores a 50%. Portanto, apenas a remoção da carúncula sem o rompimento do tegumento não favorece a emergência das plântulas. Os achados desse estudo corroboram os de Pujol *et al.* (2002), estabelecendo-se que a escarificação do tegumento da semente de mandioca não causa danos embrionário e nem compromete a germinação das sementes, aumentando a porcentagem de germinação e a velocidade de emergência.

Os tratamentos EL e EC, além de terem melhores resultados para emergência, apresentaram menor tempo médio de emergência (TME) e maior índice de velocidade de emergência (IVE). Acrescenta-se, ainda, a ação do calor e da escarificação mecânica com rupturas no tegumento (MEZZALIRA *et al.*, 2013). Essas técnicas visam facilitar a expansão do embrião e, conseqüentemente, a emergência das plântulas.

A TEST apresentou maior porcentagem de sementes firmes (72%) e menor porcentagem de sementes deterioradas (3%). Já os tratamentos com ácido sulfúrico apresentaram valores acima de 90% de sementes deterioradas. Isso demonstra que os tratamentos com ácido sulfúrico devem causar danos ao embrião. Considerando a praticidade do uso do ácido, sugere-se futuras pesquisas alterando-se concentração e tempo de imersão.

The highest values for the percentage of hard seeds were identified in RC (33%) and SL (30%). Hard seeds were also detected in a study carried out by Mendes *et al.* (2009) using castor bean batches, with values varying between 15 and 25%.

The results of this study show that using scarification treatments can increase and accelerate the emergence of cassava seedlings. On the other hand, seeds that were not pre-treated did not show favourable emergence percentages, which suggests that cassava seeds are physically dormant. According to Pujol *et al.* (2002), cassava seeds can remain viable and dormant for long periods until the soil and climate conditions are favourable for germination.

CONCLUSIONS

Cassava seeds have physical dormancy which is overcome by scarification;

The lateral scarification of the seeds from the side to the inside of the tegument with the endosperm exposure with the caruncle intact (LS) and from the caruncle to the inside of the tegument (SC) were more efficient in seedling emergence and in counting normal cassava seedlings;

Soaking seeds in sulphuric acid (SA10, SA20 and SA30) does not overcome the dormancy of cassava seeds.

Os maiores valores para percentagem de sementes duras foram identificados no RC (33%) e no EL (30%). Sementes duras também foram detectadas em estudo realizado por Mendes *et al.* (2009), empregando lotes de mamona, com valores variando entre 15 e 25%.

Os resultados do presente estudo, empregando os tratamentos com escarificação, podem aumentar e acelerar a emergência de plântulas de mandioca. Por outro lado, as sementes que não sofreram pré-tratamentos não apresentam percentagens de emergências favoráveis, o que permite inferir que as sementes de mandioca apresentam dormência física. Para Pujol *et al.* (2002), as sementes da mandioca podem permanecer viáveis e dormentes por longos períodos, até que as condições edafoclimáticas estejam favoráveis a germinação.

CONCLUSÕES

Sementes de mandioca apresentam dormência física que são superadas com escarificação;

A escarificação das sementes na lateral até a parte interna ao tegumento com exposição do endosperma com a carúncula intacta (EL) e na carúncula até a parte interna do tegumento (EC) foram mais eficientes na emergência de plântulas e na contagem das plântulas normais de mandioca;

A imersão de sementes em ácido sulfúrico (AS10; AS20 e AS30) não promove a superação de dormência de sementes de mandioca.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. DA; SEDIYAMA, C. S.; ALVES, J. M. A.; ALCÂNTARA NETO, F. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 388-394, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i4a3>
- ARGENTEL-MARTÍNEZ, L.; PEÑUELAS-RUBIO, O.; GONZÁLEZ-AGUILERA, J.; KREWER, B. I.; FERREIRA-DINIZ, J.; VILELA-BARROS, P. P.; ALFONSO-JUNIOR, J. A.; RATKE, R. F.; ZUFFO, A. M.; GARATUZA-PAYÁN, J. Efectos de la posición de plantación y la aplicación de Azospirillum brasilense en el crecimiento inicial de la yuca (*Manihot esculenta* crantz). **Agricultura, Sociedad y Desarrollo**, v. 20, n. 2, p. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1415>
- AZEVEDO, J. M. A.; AZÊVEDO, H. S. F. S.; CAMPOS, T.; ENES, T. C. P. Indicação Geográfica da Farinha de Cruzeiro do Sul: prospecção da diversidade de mandioca com uso de marcadores moleculares. **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 4, p. 1375-1390, 2023. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v16i4.50492>
- CLEMENT, C. R.; RODRIGUES, D. P.; ALVES-PEREIRA, A.; MÜHLEN, G. S.; CRISTO-ARAÚJO, M. D.; MOREIRA, P. A.; LINS, J.; REIS, V. M. Crop domestication in the upper Madeira River basin. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 11, n. 1, p. 193-205, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981.81222016000100010>
- DFASP. Departamento Federal de Agricultura de São Paulo. Instrução Normativa 25. São Paulo. 2005. Disponível em URL: http://www.dfasp.gov.br/sefag_vegetal/doc/legislacao/anexo_vii_da_instrucao_normativa_25_de_16-12-2005.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Production crops. FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Acessado em 06 de junho de 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAYE, A.; SAGNA, M.; KANE, P. D.; SANE, D. Effects of different hormones on organogenesis in vitro of some varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Senegal. **African Journal of Plant Science**, v. 9, n. 8, p. 305-312, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJPS2014.1243>
- FUKUDA, W. M. G. F.; CERQUEIRA, L. L. Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 5, p. 13-21, 1986.
- FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O. E. Melhoramento de mandioca Brasil. In: Cereda, M.P. (Org.). Agricultura: Tuberosas amiláceas latino-americanas. 1ª ed. São Paulo, Fundação Cargil, p. 242-257, 2002.
- GEORGE, B. B.; HAMADINA, E. I. Scarification and Low Temperature Stratification Effects on Germination of Mature Seeds of Cassava (*Manihot esculenta*) Hybrids. **International Journal of Modern Botany**, v. 10, n. 1, p. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ijmb.20201001.03>
- GUIMARÃES, D. G.; PRATES, C. J. N.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; TEIXEIRA, P. R. G.; CARVALHO, K. D. Caracterização morfológica de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Scientia Plena**, v. 13, n. 9, p.1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.090201>
- KIDULILE, C. E.; ALAKONYA, A. E.; NDUNGURU, J. A.; ATEKA, E. M. Cost effective medium for in vitro propagation of Tanzanian cassava landraces. **African Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 25, p. 787-794, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2017.16368>.
- MARTINS, E. S. M.; COSTA, T. P. D.; SIA, E. F.; RODRIGUES, R. R. Diferentes concentrações de ácido naftalenoacético no estabelecimento in vitro de mandioca. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 4, p. 246-250, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n4.martins>

- MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; BERGER, P. G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.1, p.187-194, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100021>
- MEZZALIRA, I. C.; COSTA, C. J.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, S. F.; SILVA, M. S.; DENKE, M. L.; SILVA, K. N. DA. Pre-germination treatments and storage of cassava seeds and their correlation with emergence of seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 113-118, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000100016>
- NJOKU, D. N; IKEOGU, U. N; EWA, F.; EGESI, C. Crossability and germinability potentials of some cassava (*Manihot esculenta* Crantz) progenitors for selection. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 61-66, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5897/JPBCS2014.0479>
- PUJOL, B.; GIGOT, G.; LAURENT, G.; PINHEIRO-KLUPPEL, M.; ELIAS, M.; HOSSAERT-MCKEY, M.; MCKEY, D. Germination Ecology of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) in Traditional Agroecosystems: Seed and Seedling Biology of a Vegetative Propagated Domesticated Plant. **Economic Botany**, v. 56 n. 4, p. 366-379, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2002\)056\[0366:GEOCME\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2002)056[0366:GEOCME]2.0.CO;2)
- SAMBATTI, J. B. M.; MARTINS, P. S.; ANDO, A. Folk taxonomy and evolutionary dynamics of cassava: a case study in Ubatuba, Brazil. **Economic Botany**, v. 55, p.93-105, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02864549>
- SILVA, R. M.; BANDEL, G; FARALDO, M. I. F; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etnovariedades de mandioca. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 101-107, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100016>
- SILVA, S.; FERREIRA, F. F.; GATO, A. A. G. Efeitos de diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina no cultivo in vitro de *Manihot esculenta* Crantz. **Scientia Amazonia**, v. 4, n. 1, p. 105-111, 2015. DOI: <https://doi.org/10.19178/Sci.Amazon.v4i1.105-111>
- UTSUMI, Y.; UTSUMI, C.; TANAKA, M.; HA, C. V.; TAKAHASHI, S.; MATSUI, A.; MATSUNAGA, T. M.; MATSUNAGA, S.; KANNO, Y.; SEO, M.; OKAMOTO, Y.; MORIYA, E.; SEKI, M. Acetic acid treatment enhances drought avoidance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 521, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00521>
- VITORINO, M. I.; LIMA, I. F.; SOUTO, J. I. O.; SILVA, M. V. S.; FURTADO, L. G. Aspectos climatológicos da precipitação no rendimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) nas mesorregiões do Nordeste Paraense e Metropolitana de Belém. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 658-683, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.14620>