

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NATÁLIA MARINHO SILVA CRISÓSTOMO

**ANÁLISE MULTIVARIADA NA PELETIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE
COM MATERIAIS ADESIVOS, RECOBRIMENTOS E EMBALAGENS DE
ARMAZENAMENTO**

Rio Largo

2025

NATÁLIA MARINHO SILVA CRISÓSTOMO

**ANÁLISE MULTIVARIADA NA PELETIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE
COM MATERIAIS ADESIVOS, RECOBRIMENTOS E EMBALAGENS DE
ARMAZENAMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Luan Danilo
Ferreira de Andrade Melo.

Rio Largo

2025

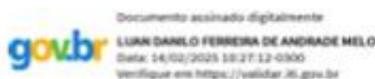
TERMO DE APROVAÇÃO

NATÁLIA MARINHO SILVA CRISÓSTOMO

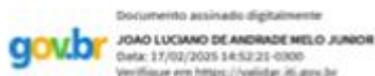
ANÁLISE MULTIVARIADA NA PELETIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE COM MATERIAIS ADESIVOS, RECOBRIMENTOS E EMBALAGENS DE ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em treze de fevereiro de 2025, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

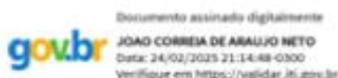
Banca examinadora:



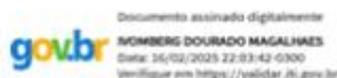
(Presidente – Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)



(Examinador interno – Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)



(Examinador interno – Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)



(Examinador externo – Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

C932a Crisóstomo, Natália Marinho Silva.

Análise multivariada na peletização de sementes de alface com materiais adesivos, recobrimentos e embalagens de armazenamento. / Natália Marinho Silva Crisóstomo. – 2025.

58f.: il.

Orientador(a): Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós -Graduação em Agronomia, Área de concentração: Produção Vegetal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Casca de sururu. 2. Hortaliças. 3. Péletes. 4. Pó de rocha. I. Título.

CDU: 635.1/.8

DEDICO.

Ao meu filho Arthur Marinho Crisóstomo, a quem amo incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus e a Nossa Senhora de Fátima, por me conceder a força, a saúde e a sabedoria necessárias, além de Sua infinita bondade e amor, que me permitiu continuar minha caminhada e superar todos os obstáculos ao longo do caminho.

A minha família, que é a base sólida que me sustenta e impulsiona. Sem o amor e a confiança deles, eu não teria chegado até aqui. Em especial aos meus avós, Olivar dos Santos Silva (*in memoriam*) e Francisca Marinho Silva, que assumiram o papel de pais devido às circunstâncias da vida, sempre zelando pelo meu bem-estar e educação, sendo meu apoio constante em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, por todo apoio, motivação e encorajamento para sempre persistir, mesmo diante das adversidades. Sua orientação acadêmica na escolha do tema e metodologia, foram fundamentais para o aprimoramento deste trabalho. Sua experiência na área foi essencial para garantir um resultado de qualidade.

Aos meus colegas do Laboratório de Fitotecnia (CECA), pelas risadas, pela troca de conhecimentos e pelas perspectivas enriquecedoras, que contribuíram para o desenvolvimento de um trabalho mais consistente e embasado.

Aos professores da Pós-Graduação em Agronomia, por todo o conhecimento transmitido. Ao CECA/UFAL, pelo suporte, pela oportunidade e pela contribuição ao longo da minha jornada acadêmica, desde a disponibilização de materiais para o laboratório até os funcionários, que desempenham um papel fundamental na universidade.

RESUMO

A alface pertence à família Asteraceae, destaca-se como a hortaliça mais consumida globalmente, com expressiva relevância social e econômica. No entanto, as sementes de hortaliças apresentam características que dificultam sua manipulação, como formas irregulares, tamanhos pequenos e massa reduzida, o que prejudica a individualização durante a semeadura. Nesse cenário, a peletização de sementes surge como uma solução eficiente, consistindo no revestimento das mesmas com materiais secos e inertes, geralmente de granulometria fina. Esse processo tem como objetivos principais proteger as sementes contra pragas e doenças, modificar seu formato e tamanho para facilitar o manuseio e promover uniformidade na semeadura direta. A peletização é uma tecnologia em ascensão, pois agrega valor às sementes e atende às demandas de um mercado competitivo e exigente. Portanto, é importante estabelecer uma interação e granulometria adequadas entre os materiais, considerando a proporção ideal dos ingredientes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a combinação de materiais de recobrimento e adesivos na qualidade fisiológica de sementes de alface peletizadas, considerando os tipos de embalagens e armazenamento com a utilização da PCA, que analisa de forma integrada os dados, identificando as combinações mais eficientes e contribuindo para o avanço dessa tecnologia no setor agrícola. O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia pertencente ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Na primeira etapa, para confecção dos péletes foram utilizados como agentes de recobrimento, pó de rocha dos tipos MB4, Ekosil, BTgran e o pó da casca de sururu, e como agentes adesivos cola à base de acetato de polivinila (PVA); açúcar e farinha de trigo (cola FTA) e fécula de mandioca (goma). Na segunda etapa, as sementes nuas (testemunha) e peletizadas com BTgran + cola PVA foram armazenadas em diferentes embalagens (papel, à vácuo e vidro) durante 6 meses em ambiente refrigerado (5°C). As sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas transparentes do tipo gerbox, sendo entre papel germitest e colocadas em câmara de germinação regulada a 20°C. Foram utilizadas 100 sementes por tratamento, sendo quatro repetições com 25 sementes. Nas duas etapas, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), na primeira, em esquema fatorial 3x4+1, onde 3 agentes adesivos e 4 agentes de recobrimento foram combinados, mais as sementes nuas (testemunha) e na segunda, foram armazenadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado (5°C). A primeira contagem foi realizada a partir do quarto dia após a semeadura, sendo contabilizada diariamente, durante sete dias. As variáveis analisadas foram primeira contagem de germinação; germinação; índice de velocidade de germinação; tempo médio de germinação; velocidade média de germinação; incerteza e sincronia de germinação; comprimento e massa seca de plântulas. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa PAST. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e de componentes principais (PCA), quando houve significância do teste F, as médias foram comparadas em esquema fatorial pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, e quando preciso foi usado o teste de Dunnett. A peletização de sementes apresenta potencial para melhorar o desempenho germinativo, mas os materiais utilizados como agentes de recobrimento e adesivos, devem ser cuidadosamente selecionados. Para a peletização, o BTgran associado com a cola PVA, são materiais promissores para melhorar a qualidade e desenvolvimento inicial das plântulas de sementes de alface. As embalagens de vidro e a vácuo foram as mais eficientes, preservando a integridade das sementes peletizadas de alface.

Palavras-chave: Casca de sururu, Hortaliças, Péletes, Pó de rocha.

ABSTRACT

Lettuce belongs to the Asteraceae family and stands out as the most consumed vegetable globally, with significant social and economic relevance. However, vegetable seeds exhibit characteristics that complicate their handling, such as irregular shapes, small sizes, and reduced mass, which hinder individualization during sowing. In this context, seed pelleting emerges as an efficient solution, involving the coating of seeds with dry and inert materials, usually of fine granulometry. This process aims primarily to protect seeds against pests and diseases, modify their shape and size to facilitate handling, and promote uniformity in direct sowing. Pelleting is a rising technology as it adds value to seeds and meets the demands of a competitive and demanding market. Therefore, it is important to establish an appropriate interaction and granulometry between the materials, considering the ideal proportion of ingredients. In this context, the present study aimed to evaluate the combination of coating materials and adhesives on the physiological quality of pelleted lettuce seeds, considering packaging types and storage, using PCA (Principal Component Analysis), which analyzes data in an integrated manner, identifying the most efficient combinations and contributing to the advancement of this technology in the agricultural sector. The trial was conducted at the Phytotechnics Laboratory of the Engineering and Agricultural Sciences Campus of the Federal University of Alagoas (UFAL). In the first stage, for the production of pellets, rock powders of types MB4, Ekosil, BTgran, and sururu shell powder were used as coating agents, and as adhesive agents, polyvinyl acetate (PVA) glue; sugar and wheat flour (FTA glue); and cassava starch (gum) were employed. In the second stage, naked seeds (control) and seeds pelleted with BTgran + PVA glue were stored in different packaging (paper, vacuum-sealed, and glass) for 6 months in a refrigerated environment (5°C). The seeds were placed to germinate in transparent plastic gerbox-type containers, between germitest paper, and placed in a germination chamber regulated at 20°C. One hundred seeds per treatment were used, with four replicates of 25 seeds each. In both stages, a completely randomized design (CRD) was adopted. In the first stage, a 3x4+1 factorial scheme was used, where 3 adhesive agents and 4 coating agents were combined, plus the naked seeds (control). In the second stage, seeds were stored in different packaging in a refrigerated environment (5°C). The first germination count was conducted on the fourth day after sowing, with daily counts over seven days. The variables analyzed were first germination count; germination; germination speed index; mean germination time; mean germination speed; uncertainty and synchrony of germination; seedling length and dry mass. All statistical analyses were performed using the PAST software. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA). When the F-test was significant, means were compared in a factorial scheme using Tukey's test at 1% probability, and Dunnett's test was used when necessary. Seed pelleting has the potential to improve germination performance, but the materials used as coating and adhesive agents must be carefully selected. For pelleting, BTgran combined with PVA glue are promising materials for improving the quality and initial development of lettuce seedlings. Glass and vacuum-sealed packaging were the most efficient, preserving the integrity of pelleted lettuce seeds.

Keywords: Sururu shell, Vegetables, Pellets, Rock powder.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Agentes de recobrimento (pó da concha do sururu, MB4, BTgran, Ekosil).	25
Figura 2 - Agentes aderentes (cola FTA, goma e cola PVA).	25
Figura 3 - Processo de assepsia: sementes imersas em álcool 70% por 1 minuto.....	26
Figura 4 - Sementes peletizadas (Processo de secagem).	26
Figura 5 - Armazenamento das sementes nuas e peletizadas em diferentes embalagens.....	30
Figura 6 - PCA da influência do agente de recobrimento BTgran associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.....	44
Figura 7 - PCA da influência do agente de recobrimento MB4 associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.....	45
Figura 8 - PCA da influência do agente de recobrimento EKOSIL relacionado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.....	47
Figura 9 - PCA da influência do agente de recobrimento pó da concha de Sururu associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de	

germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.49

Figura 10 - PCA da influência de sementes de alface nua e recobertas com BTgran + cola PVA armazenadas em embalagens de papel, vácuo e vidro durante 6 meses em ambiente refrigerado. As variáveis foram: primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento (CP) e massa seca de plântulas (MSP).51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Primeira contagem de germinação (PC %) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).....	33
Tabela 2. Germinação (GER %) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).	34
Tabela 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).....	35
Tabela 4. Tempo médio de germinação (TM) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).....	36
Tabela 5. Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).....	37
Tabela 6. Índice de incerteza (U) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).	38
Tabela 7. Índice de sincronia (Z) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).	39
Tabela 8. Comprimento de plântulas (CP) de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).	41
Tabela 9. Massa seca de plântulas (MSP) de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Cultura da alface.....	15
2.2	Germinação das sementes.....	16
2.3	Peletização de sementes.....	17
2.4	Utilização de pós de rocha.....	19
2.5	Beneficiamento da Casca de Sururu.....	20
2.6	Armazenamento de sementes.....	21
2.7	PCA (Análise de Componentes Principais).....	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	Etapa I: Preparação e Peletização das Sementes.....	24
3.1.1	Agentes de recobrimento.....	26
3.1.2	Agentes adesivos.....	28
3.2	Etapa II: Armazenamento.....	29
4	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	30
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6.1	Análise de Componentes Principais e a influência dos tratamentos em sementes de alface peletizadas.....	42
6.2	PCA (Análise de Componentes Principais) do Armazenamento.....	49
7	CONCLUSÕES.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), é uma planta anual herbácea pertencente à família Asteraceae, destaca-se como a hortaliça mais consumida globalmente, com expressiva relevância social e econômica. Seu valor nutricional é rico em fibras, vitaminas (A, B, B2 e C) e minerais como cálcio e ferro, atributos que a tornam apreciada por suas qualidades dietéticas (Ferreira *et al.*, 2021).

No Brasil, a alface é predominantemente comercializada *in natura*, sendo embalada em caixas cuja capacidade muda de acordo com a variedade cultivada. Com o aumento das exigências dos consumidores por produtos de alta qualidade, torna-se imprescindível otimizar a eficiência da produção e assegurar praticidade no manuseio do produto final (Aguiar, 2022).

A cultura da alface apresenta diversas vantagens agronômicas, como ampla adaptação a diferentes condições climáticas, ciclo de cultivo curto e possibilidade de realizar cultivos sucessivos. Essas características, aliadas à segurança na comercialização e à variedade de formas de cultivo, reforçam sua importância na produção agrícola (Santos, 2021).

No entanto, as sementes de hortaliças, incluindo as de alface, apresentam características que dificultam sua manipulação, como formas irregulares, tamanhos pequenos e massa reduzida, o que prejudica a individualização durante a semeadura. Essas limitações podem ocasionar espaçamentos desiguais e densidade inadequada de sementes, resultando em desperdício. Para corrigir essas falhas e alcançar um número adequado de plantas no cultivo, é comum realizar desbaste ou replantio, operações que demandam maior mão-de-obra e elevam os custos de produção (Sprey, 2018).

Nesse cenário, a peletização de sementes surge como uma solução eficiente, consistindo no revestimento das mesmas com materiais secos e inertes, geralmente de granulometria fina. Podem ser denominados como enchimentos, agentes aderentes ou de recobrimento, e cimentantes que sejam não fitotóxicos e solúveis em água. Esse processo tem como objetivo principal proteger as sementes contra pragas e doenças, modificar seu formato e tamanho para facilitar o manuseio, especialmente no caso de sementes pequenas e rugosas, e promover uniformidade na semeadura direta (Lagôa, 2011; Lima, 2022).

A peletização de sementes, como uma tecnologia emergente, agrega valor ao produto e atende às demandas de um mercado agrícola cada vez mais competitivo (Melo *et al.*, 2023c). No entanto, para otimizar essa tecnologia, é essencial aprofundar o conhecimento sobre a interação entre os materiais utilizados, considerando a granulometria e proporções ideais. Ainda há uma lacuna significativa de informações sobre os efeitos de diferentes materiais de

recobrimento, formas de aplicação e o impacto de aditivos, como inoculantes, no desempenho das sementes (Lopes e Nascimento, 2012).

Além disso, o armazenamento de sementes é uma etapa crítica, pois visa minimizar a deterioração e preservar a qualidade fisiológica. A escolha da embalagem adequada é fundamental, uma vez que embalagens permeáveis permitem ajustes no teor de água em função da umidade relativa do ar; as semipermeáveis oferecem resistência parcial, enquanto as embalagens impermeáveis, bloqueiam a influência da umidade externa (Lima *et al.*, 2014).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), o armazenamento visa preservar a qualidade inicial das sementes, a qual depende de fatores como o vigor das plantas ascendentes, condições climáticas na maturação, grau de maturação no momento da colheita, incidência de pragas e doenças, injúrias mecânicas e secagem. Outros fatores que influenciam no potencial de armazenamento incluem umidade relativa do ar, temperatura, atividade de fungos e insetos, além do tipo de embalagem.

Diante da complexidade desses fatores e da necessidade de avaliar múltiplas variáveis simultaneamente, a Análise de Componentes Principais (PCA), torna-se uma ferramenta estatística indispensável. Pois, a PCA permite reduzir a dimensionalidade dos dados, identificando padrões e relações entre as variáveis estudadas (Joliffe; Cadima, 2016), como os materiais de recobrimento, adesivos e tipos de embalagem, de forma a otimizar o processo de peletização e armazenamento das sementes de alface. Essa abordagem é especialmente relevante em estudos que envolvem a interação de múltiplos fatores, como é o caso da peletização de sementes, onde a combinação de materiais e condições de armazenamento pode influenciar diretamente a qualidade fisiológica das sementes.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a combinação de materiais de recobrimento (MB4, Ekosil, BTgran e casca de Sururu) e adesivos (cola PVA, cola FTA e goma de mandioca) na qualidade fisiológica de sementes de alface peletizadas, considerando os tipos de embalagens e armazenamento. A utilização da PCA permitirá uma análise integrada dos dados, identificando as combinações mais eficientes e contribuindo para o avanço dessa tecnologia no setor agrícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da alface

A alface, pertencente à família Asteraceae, é uma planta herbácea, anual e de ciclo rápido. Seu sistema radicular, superficial e intensamente ramificado, apresenta bom desenvolvimento quando cultivada em solos estruturados, aerados, ricos em matéria orgânica e com boa disponibilidade de umidade (Yuri *et al.*, 2016).

Evidências históricas indicam o cultivo dessa folhosa desde 4500 a.C., com sua evolução atribuída à seleção natural e mutações genéticas a partir da espécie silvestre *Lactuca serriola* L., até atingir o fenótipo moderno. Existe uma grande variedade de cultivares de alface no mercado, que exploram diferenças nos formatos, tamanhos e cores das plantas (Suinaga *et al.*, 2013).

A maioria das cultivares de alface adapta-se melhor a climas amenos, principalmente durante o período de crescimento vegetativo. Em temperaturas elevadas, ocorre frequentemente o pendoamento precoce. No entanto, avanços no melhoramento genético permitiram o desenvolvimento de cultivares específicas para o cultivo em condições adversas, como o verão e regiões tropicais, caracterizadas por altas temperaturas e elevada pluviosidade, essas adaptações possibilitaram a obtenção de produtos diversificados (Henz e Suinaga, 2009).

De acordo com Sala e Costa (2012), até a década de 1980, a alface lisa, também chamada de “manteiga”, dominava o consumo no Brasil. Atualmente, o tipo crespa lidera o mercado nacional, representando 70% da produção, seguida pela americana (15%), lisa (10%) e outras variedades, como vermelha e mimosa (5%). No país, há quatro sistemas produtivos principais que são empregados no cultivo de alface: os sistemas convencional e orgânico em campo aberto e os sistemas protegidos, tanto em hidroponia quanto no solo. Esses sistemas apresentam diferenças em práticas de manejo, desde o cultivo até o pós-colheita (Henz e Suinaga, 2009).

Entre as inovações no cultivo da alface, a adoção de sementes peletizadas, bandejas e substratos destacam-se como um marco tecnológico. As sementes peletizadas oferecem vantagens como maior facilidade de semeadura devido ao aumento no tamanho das sementes, germinação uniforme, eliminação do desbaste e superação da dormência em condições de alta temperatura. Essas características têm impulsionado a demanda por sementes peletizadas, especialmente nas variedades crespa e americana, consolidando sua comercialização pelas principais empresas do setor (Sala e Costa, 2012).

2.2 Germinação das sementes

Fisiologicamente, a germinação é caracterizada por processos metabólicos complexos que levam à retomada do crescimento do eixo embrionário, resultando na protrusão da radícula através do tegumento da semente. Esse processo pode ocorrer logo após a dispersão das sementes em condições favoráveis; caso contrário, as sementes podem permanecer em estado de repouso com baixa atividade metabólica, conhecido como quiescência. Quando não germinam, mesmo em condições ambientais adequadas, são classificadas como dormentes (Assis, 2017).

A germinação é influenciada por fatores internos, como características genéticas, e externos, como água, temperatura e oxigênio. Entre eles, a água é o fator determinante, pois promove a reidratação, intensificando a respiração e outras atividades metabólicas, fornecendo energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário (Carvalho e Nakagawa 2012).

A absorção da água se dá em três fases: Na fase I, as sementes absorvem água rapidamente por embebição; na fase II, a absorção de água pela embebição diminui e os processos metabólicos são retomados. O embrião se expande, e a radícula emerge do tegumento; e na fase III, a absorção de água reinicia devido a uma redução no potencial hídrico, à medida que ocorre o crescimento da plântula e a completa mobilização das reservas de nutrientes (Taiz *et al.*, 2017). Sendo assim, com o início da germinação, ocorre a ativação da síntese de proteína e formação das enzimas hidrolíticas que mobilizam as reservas de nutrientes (Dantas *et al.*, 2008).

As sementes apresentam em sua composição macro e micronutrientes que também são encontrados em outras partes da planta, como fosfatos e sulfatos de potássio, magnésio e cálcio. Parte do fosfato se apresenta em forma de fitina, que são sais de K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} , sendo uma importante fonte de fosfato na fase de germinação, após sofrer a ação da enzima fitase (Carvalho e Nakagawa, 2012). Durante a mobilização das reservas nas sementes, a enzima fitase decompõe a fitina, liberando fosfato e outros íons que são utilizados pela plântula em crescimento (Taiz *et al.*, 2017).

As sementes são reservas heterogêneas que armazenam uma ampla variedade de compostos, incluindo carboidratos solúveis, polímeros de amido, proteínas de reserva e lipídios. Os cotilédones das sementes contêm materiais alimentares armazenados, que fornecem energia para o crescimento e o desenvolvimento. Esses alimentos geralmente estão na forma de amido, que precisa ser convertido em sua forma solúvel antes de ser utilizado pelo embrião. A enzima

amilase catalisa a conversão do amido, sendo produzida nas sementes após a absorção de água. A amilase quebra o amido em maltose, facilitando assim o processo de germinação (Joshi, 2018).

O estabelecimento da plântula é fundamental para a sobrevivência da planta, tanto para seu crescimento, quanto para o seu desenvolvimento posterior. Essa transição entre a germinação (emergência) e o crescimento independe da semente, já que as plântulas são extremamente vulneráveis a fatores bióticos e abióticos nesse estágio. O estabelecimento da plântula é definido em diferentes formas, como o fisiológico, que se dá entre o período da emergência da radícula e do esgotamento das reservas da semente; o agrônômico, que é quando ocorre o surgimento da primeira folha; o ecológico, sendo que esse momento, fatores ambientais começam a exercer pressão seletiva sobre a sobrevivência; e o desenvolvimento, o qual a plântula alcança crescimento autossustentável (Taiz *et al.*, 2017).

2.3 Peletização de sementes

A peletização consiste em uma tecnologia aplicada ao tratamento de sementes, que envolve o revestimento destas para facilitar sua distribuição, seja de forma manual ou mecanizada. Essa prática teve início na década de 1930, quando uma empresa britânica introduziu o conceito, porém foi somente na década de 1960, na Europa, que a produção de sementes peletizadas começou a ser realizada em larga escala. Posteriormente, na década de 1970, sementes peletizadas de leguminosas começaram a ser utilizadas para semeadura em campo, especialmente na Califórnia (Paiva, 2021).

A partir de 1985, o cultivo protegido ganhou destaque no Brasil com a introdução de bandejas de poliestireno expandido para a produção de mudas, reduzindo significativamente o consumo de sementes nuas. Paralelamente, a tecnologia de sementes peletizadas foi incorporada, facilitando o cultivo em bandejas e promovendo maior eficiência na produção de mudas (Sala e Costa, 2012).

Na década de 1990, o processo de peletização passou por avanços significativos, motivados pela crescente preocupação com o meio ambiente, segurança do trabalho e a necessidade de maior eficiência na semeadura de precisão. A tecnologia trouxe benefícios como o aumento da precisão durante o plantio e a proteção física das sementes. No entanto, essas vantagens dependem diretamente da qualidade dos materiais utilizados no revestimento. Esses materiais devem ser cuidadosamente selecionados para evitar interações prejudiciais que possam comprometer a germinação e o desempenho das sementes (Paiva, 2021).

A peletização de sementes é uma técnica que consiste no revestimento das sementes com um material adesivo para fixação, seguido da aplicação de uma camada fina de material inerte. Esse processo tem como objetivos proteger as sementes, incorporar substâncias benéficas, favorecer a germinação e o crescimento das plantas, além de modificar características físicas como tamanho, formato, textura e peso. Essas alterações buscam garantir maior uniformidade na semeadura e melhorar o desempenho no plantio (Lima, 2022).

Os agentes adesivos utilizados no processo devem atender a critérios específicos para assegurar a eficiência do revestimento e a compatibilidade com os demais ingredientes. Eles devem ser solúveis em água, eficazes em baixas concentrações, não pegajosos após a secagem, de baixa viscosidade quando reidratados e livres de propriedades higroscópicas, corrosivas ou tóxicas. Entre os materiais mais utilizados estão polímeros orgânicos, amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais, os quais são dissolvidos em água para formar um fluido pulverizável (Melo *et al.*, 2020b).

A peletização é considerada uma alta tecnologia na indústria de sementes, utilizada principalmente em sementes de hortaliças, flores, como também em fumo, eucalipto e forrageiras. Sendo que, pode ser utilizada de uma maneira geral em qualquer tipo de semente que tenha dificuldades de distribuição, por serem pequenas, leves, ásperas, de formato irregular ou por conterem pelos, espinhos e aristas. A Embrapa utilizou essa técnica em hortaliças com o objetivo de melhorar a semeadura, o desenvolvimento, a sobrevivência e diminuir os custos dos transplantes das espécies cultivadas (Lopes e Nascimento, 2012).

Embora a técnica de peletização exista há décadas, detalhes específicos sobre sua metodologia são frequentemente mantidos sob sigilo por empresas de sementes e processadoras de péletes, restringindo o conhecimento público às informações gerais sobre o processo e os materiais utilizados. No entanto, sabe-se que os equipamentos empregados nesse processo têm a função de manter as sementes em movimento constante e promover uma mistura uniforme durante o recobrimento (Sprey, 2018).

Geralmente, a confecção de péletes ocorre em sistemas de agitação ou vibração, envolvendo equipamentos como misturadores, centrífugas e tambores. Entre esses, os tambores rotativos e os leitos móveis são os mais utilizados na produção de partículas recobertas (Santos, 2016). Apesar do uso consolidado de sementes peletizadas, ainda não há consenso entre os pesquisadores sobre a metodologia ideal para o processo. Lopes e Nascimento (2012) destacam que a ausência de padrões para avaliar a qualidade das sementes peletizadas, aliada à variabilidade nos resultados das pesquisas, evidencia a necessidade de estudos adicionais. Esses estudos devem focar na comparação de diferentes composições de péletes e espécies, buscando

compreender os impactos da peletização na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas em condições de campo.

2.4 Utilização de pós de rocha.

A extração de minerais gera rejeitos, que consistem em subprodutos de rochas já moídas com granulometrias variadas, indo desde partículas muito finas (argila) até fragmentos maiores (cascalho ou pedrisco). Essa diversidade granulométrica atua melhorando a porosidade do solo e ampliando a disponibilidade de macro e micronutrientes por períodos mais prolongados, beneficiando o equilíbrio e a produtividade do sistema agrícola (Taveira, *et al.*, 2021).

O Brasil importa a maior parte dos fertilizantes potássicos do Canadá e da Rússia, com destaque para o cloreto de potássio (KCl, 58% de K_2O). A aplicação do pó de rocha surge como uma fonte alternativa, já que a produção nacional de fertilizantes, mesmo sendo incentivada desde 1980, atende apenas 3,6% da demanda, evidenciando a necessidade de fontes complementares (Oliveira, Rocha, Martins, 2023).

A Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, foi atualizada para incluir os remineralizadores como uma nova categoria de insumos agrícolas. Essa inclusão foi regulamentada pela Instrução Normativa nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013, que estabelece as diretrizes para a inspeção e fiscalização da produção e comercialização de produtos oriundos da decomposição de rochas, classificados como remineralizadores (Brasil, 2013).

Popularmente conhecidos como pós de rocha, esses insumos têm se consolidado como importantes recondicionadores de solo, especialmente em cultivos de grãos. Sua aplicação contribui significativamente para a otimização da fertilidade das plantas e para a redução dos custos de produção, favorecendo sistemas agrícolas mais econômicos e sustentáveis (Taveira *et al.*, 2021).

Os elementos essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e outros, são majoritariamente extraídos de rochas e minerais conhecidos como agrominerais. Esses elementos, absorvidos pelas plantas a partir da solução no solo, desempenham funções específicas e fundamentais no metabolismo vegetal. Embora alguns minerais desse grupo sejam amplamente utilizados na produção industrial de fertilizantes convencionais, compostos por substâncias inorgânicas e orgânicas sintéticas, a diversidade de rochas e minerais disponíveis para uso agrícola abre novas oportunidades. Essas possibilidades estimulam a pesquisa e o desenvolvimento de alternativas de fertilização mais

acessíveis, economicamente viáveis e com maior disponibilidade, contribuindo para sistemas agrícolas sustentáveis (Bezerra, 2010).

A solubilização dos nutrientes do pó de rocha depende da intensa atividade biológica no solo, sendo necessário a adoção de boas práticas agrícolas para estimular a microbiota. Dentre os subprodutos siderúrgicos, o silicato de cálcio e magnésio apresenta altos níveis de silício contribuindo para a correção da acidez do solo e o fortalecimento das plantas, tornando-as mais resistentes a pragas e doenças, além de reduzir o uso de defensivos agrícolas (Alovisi, *et al.*, 2020).

O pó de rocha é uma das opções de recobrimento para sementes peletizadas, particularmente quando usado como parte da técnica de remineralização do solo. Essa abordagem envolve incorporar rochas ou minerais moídos ao solo, atuando como fertilizantes naturais para aumentar a fertilidade sem causar danos ambientais. Com o tempo, o pó de rocha sofre desgaste devido à ação do intemperismo, resultando na liberação gradual de diversos nutrientes essenciais para o solo, incluindo macro e micronutrientes (Lima, 2022).

Segundo Leite, Meira, Moreira (2016), sementes peletizadas com pós de rocha germinam até cinco dias mais rápido, ganhando vigor e sanidade. Fazendo com que as raízes entrem em contato imediato com nutrientes, estimulando o crescimento. Plantas com raízes vigorosas são mais nutridas, resistindo melhor à seca e ao encharcamento, respondendo melhor aos nutrientes aplicados na fase adulta.

Devido à sua composição multielementar e solubilização lenta, o pó de rocha é uma opção viável para o tratamento de sementes em sistemas de produção alternativos e em solos tropicais degradados. Por não prejudicar o agroecossistema, pode melhorar a qualidade do solo, tornando-se uma alternativa promissora para aumentar a produtividade agrícola (Melo *et al.*, 2020a).

2.5 Beneficiamento da Casca de Sururu.

O sururu (*Mytella falcata*) é um molusco bivalve da família Mytilidae, habita as costas do Atlântico e Pacífico na América Latina. Na natureza, serve como alimento para peixes e aves, além de ser apreciado na gastronomia humana, gerando renda para comunidades pesqueiras. Em Alagoas, destaca-se pela relevância cultural e culinária, especialmente no complexo estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba. Contudo, a exploração intensiva provoca impactos ambientais, e apenas 20% da produção é destinada ao consumo, enquanto o restante é descartado de forma inadequada em aterros sanitários, terrenos baldios ou próximo às lagoas,

gerando problemas sanitários, como a proliferação de moscas e maus odores, além de poluição visual (Martins, 2018).

O beneficiamento das cascas do sururu e sua aplicação, são uma alternativa viável como fonte de cálcio e magnésio para a agricultura, podendo substituir as fontes comerciais desses nutrientes (Petrielli, 2008). Dada a atual dependência em fertilizantes convencionais, alternativas como os agrominerais oferecem soluções sustentáveis e socialmente inclusivas, eliminando a necessidade de processos industriais poluentes e viabilizando o acesso a pequenos produtores frequentemente excluídos desse mercado.

No contexto agroecológico, o uso das cascas beneficia a produtividade e preserva o solo, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade e conservação de recursos naturais (Martins, 2018). Estudos demonstram sua eficácia no controle de pH de resíduos orgânicos, como a manipueira, substituindo reagentes químicos como o NaOH (Silva *et al.*, 2013). Além disso, o pó das cascas, composto por óxidos e carbonatos de cálcio e magnésio, atua como corretivo de acidez do solo, elevando o pH sem causar salinização (Silva *et al.*, 2024).

O descarte inadequado dessas cascas representa desperdício de uma matéria-prima com amplo potencial. Além do uso na agricultura, o material pode ser empregado na construção civil, na fabricação de combogós, e na nutrição animal (Viapiana, 2015). Seu reaproveitamento contribui para a sustentabilidade, reduzindo impactos ambientais e gerando oportunidades de trabalho, especialmente para famílias ribeirinhas, por meio de atividades como coleta, beneficiamento e comercialização (Pinheiro, 2022).

De acordo com o portal de notícias G1 (2024), em Alagoas o sururu é considerado patrimônio imaterial desde 2014. O molusco faz parte do Projeto Sururu, uma parceria público-privada criada em 2019 com o objetivo de redirecionar os resíduos e gerar uma economia circular para os moradores da região. A casca do sururu é utilizada como matéria prima na construção civil, os Cobogós Mundaú. Esses cobogós são fabricados às margens da lagoa Mundaú, em Maceió, e leva em sua composição cimento, água, desodorizantes e a própria casca do sururu.

2.6 Armazenamento de sementes

Conforme Carvalho e Nakagawa (2012), o armazenamento de sementes depende diretamente da qualidade inicial e das condições em que são mantidas. Elevações no grau de umidade acima de um limite crítico acelera a deterioração, comprometendo sua longevidade.

No processo de produção agrícola, perdas econômicas são atribuídas à deterioração das

sementes, principalmente em regiões de altas temperaturas e umidades relativas. Essa deterioração compromete a velocidade de emergência, vigor e crescimento das plântulas, resistência a microrganismos, uniformidade e potencial de armazenamento, podendo levar a perda do poder germinativo e conseqüentemente a morte das sementes. Embora o armazenamento não melhore a qualidade inicial das sementes, sua adequação pode minimizar os efeitos da deterioração (Costa, 2012).

As sementes são classificadas em ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias. As ortodoxas suportam secagem a baixos níveis de umidade (4 a 10%) e mantêm sua viabilidade por mais tempo em temperaturas reduzidas, possibilitando períodos prolongados de armazenamento (Nery *et al.*, 2014). As recalcitrantes, por sua vez, são sensíveis à dessecação, perdendo viabilidade rapidamente quando a umidade cai abaixo de 25% a 50%, dependendo da espécie. As intermediárias apresentam tolerância limitada à dessecação, mas não resistem a baixas temperaturas por longos períodos (Marcos Filho, 2015).

Em geral, agricultores conservam sementes por até duas safras, enquanto melhoristas precisam de períodos mais extensos para o desenvolvimento de novas cultivares, sendo assim, o tempo de armazenamento varia conforme o objetivo. Já em bancos de germoplasma, a meta é maximizar o tempo de viabilidade antes da necessidade de multiplicação. Em todas essas situações, o foco é preservar a qualidade inicial das sementes, minimizando a deterioração, já que o armazenamento não melhora suas condições originais, apenas evita perdas aceleradas (Costa, 2012).

Diversos fatores interferem na conservação das sementes, como sua qualidade fisiológica inicial, teor de água, vigor da planta-mãe, condições climáticas durante a maturação, danos mecânicos, umidade relativa, disponibilidade de oxigênio, temperatura e período de armazenamento, além da ação de fungos, insetos e tipos de embalagens (Carvalho e Nakagawa, 2012). A escolha das embalagens é fundamental para a viabilidade das sementes e deve considerar seu tipo (ortodoxas, recalcitrantes ou intermediárias), o ambiente de armazenamento (condições normais ou controladas) e o período desejado (Goldfarb e Queiroga, 2013).

Embalagens permeáveis e semipermeáveis, que permitem trocas de umidade, são indicadas para sementes ortodoxas armazenadas por curtos períodos ou recalcitrantes que requerem aeração. Enquanto as embalagens impermeáveis, hermeticamente fechadas, são adequadas para sementes ortodoxas armazenadas por longos períodos e em ambientes de baixa temperatura (Medeiros e Eira, 2006). Essas embalagens regulam as trocas de umidade e oxigênio entre sementes e o ambiente, desempenhando papel essencial na conservação da qualidade durante o armazenamento (Juvino *et al.*, 2014; Pelissari *et al.*, 2013).

2.7 PCA (Análise de Componentes Principais)

Análise de Componentes Principais ou PCA (*Principal Component Analysis*), é técnica multivariada descrita por Pearson (1901) e que foi aprimorada por Hotelling (1933 - 1936), através de métodos computacionais, para analisar estruturas de correlação (Hongyu *et al.*, 2016). Seu desenvolvimento foi impulsionado pelo avanço tecnológico e pelo uso de computadores, essenciais para análises conjuntas de múltiplas variáveis. Devido à sua praticidade, essas técnicas se tornaram populares em diversas áreas, como agronomia, zootecnia, ecologia e ciências florestais, apesar de terem sido inicialmente criadas para problemas específicos (Neisse, Hongyu, 2016).

A análise multivariada é um método estatístico utilizado para avaliar simultaneamente várias propriedades de indivíduos ou objetos em estudo. Entre as diversas técnicas disponíveis, a análise de componentes principais (PCA) destaca-se como uma das mais empregadas em diferentes áreas do conhecimento (Hongyu *et al.*, 2016).

A análise de componentes principais (PCA) busca identificar a estrutura dos dados, destacando diferenças e semelhanças entre as amostras, enquanto reduz dimensões. Para isso, os dados são reorganizados de um espaço multidimensional para outro com o menos dimensões, representado pelas componentes principais (PCs). A PC1 (primeira componente principal) explica a maior variância, enquanto a PC2 é calculada ortogonalmente à primeira, para descrever variações adicionais. A quantidade de componentes principais é definida pelo percentual de variância explicada, garantindo um modelo eficiente e simplificado (Silva, *et al.*, 2020; Hongyu *et al.*, 2016).

No contexto da peletização de sementes de alfaca, a PCA é uma ferramenta valiosa para analisar a interação entre múltiplas variáveis, como os materiais de recobrimento, adesivos e tipos de embalagem, que influenciam a qualidade fisiológica das sementes. A aplicação da PCA permite identificar quais combinações de materiais e condições de armazenamento são mais eficazes, reduzindo a complexidade dos dados e facilitando a tomada de decisões (Joliffe; Cadima, 2016).

3 METODOLOGIA

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, o qual foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, realizou-se a confecção dos péletes, utilizando como agentes de recobrimento: MB4, Ekosil, BTgran; casca de Sururu e como agentes adesivos: cola PVA; cola FTA; goma de mandioca. Na segunda etapa, as sementes nuas (testemunha) e peletizadas com BTgran+cola PVA foram armazenadas em diferentes embalagens (papel, a vácuo e vidro) durante 6 meses em ambiente refrigerado (5°C). Utilizou-se sementes de alface do tipo Moana (Crespa), marca Isla, as quais são livres de agrotóxicos e não receberam tratamento químico. Estas sementes possuem selo de certificação orgânica e são caracterizadas por sua rusticidade, podendo ser cultivadas durante todo o ano.

3.1 Etapa I: Preparação e Peletização das Sementes

A primeira etapa envolveu a confecção dos péletes, utilizando agentes de recobrimento do tipo MB4, Ekosil, BTgran e o pó da casca de Sururu (Figura 1); e como agentes adesivos, cola PVA (acetato de polivinila), cola FTA (a base de açúcar, água e farinha de trigo) e goma de mandioca (fécula de mandioca) (Figura 2).

Antes da peletização, as sementes foram submetidas a um processo de assepsia. As sementes foram imersas em álcool 70% por 1 minuto (Figura 3), seguidas de uma lavagem em água corrente, conforme Melo *et al.* (2020a). Em seguida, as sementes foram colocadas em recipientes plásticos, onde os agentes adesivos foram adicionados. As sementes foram então peletizadas, garantindo uma cobertura uniforme. Após o revestimento com os agentes adesivos, as sementes foram recobertas com os agentes de recobrimento. O processo foi finalizado com a secagem das sementes em ambiente de laboratório por 24 horas (Figura 4).

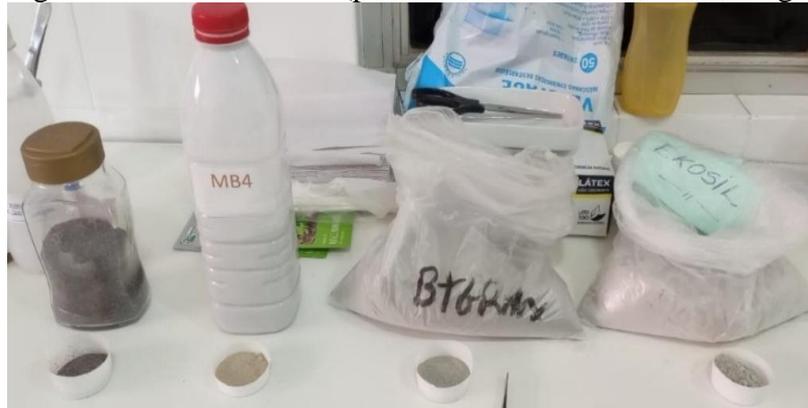
Para cada tratamento, utilizou-se 100 sementes, distribuídas em 4 repetições de 25 sementes, totalizando 1200 sementes por tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x4+1, onde 3 agentes adesivos (cola PVA, cola FTA e goma de mandioca), 4 agentes de recobrimento (MB4, Ekosil, BTgran e pó da casca de sururu) foram combinados e as sementes nuas (testemunha).

Posteriormente, as sementes peletizadas foram dispostas em caixas tipo gerbox, entre folhas de papel germitest umedecidas com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5

vezes o peso das sementes. As caixas foram então colocadas em B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) a 20°C (Brasil, 2009).

A germinação foi considerada quando as sementes originaram plântulas normais. A primeira contagem das sementes germinadas foi realizada no 4º dia após a semeadura, com contagens diárias no mesmo horário durante 7 dias, conforme metodologia de Brasil (2009).

Figura 1 - Agentes de recobrimento (pó da concha do sururu, MB4, BTgran, Ekosil).



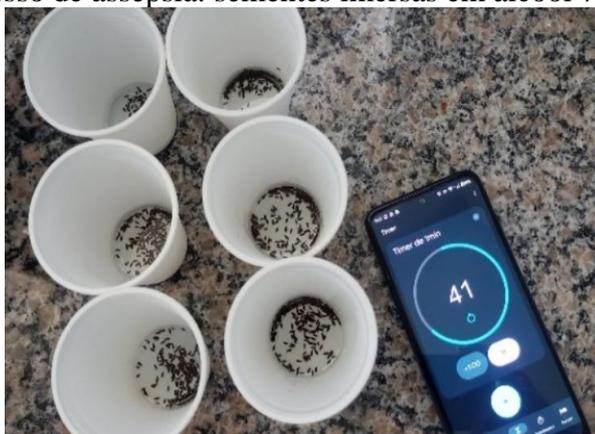
Fonte: Autora, 2024.

Figura 2 - Agentes aderentes (cola FTA, goma e cola PVA).



Fonte: Autora, 2024.

Figura 3 - Processo de assepsia: sementes imersas em álcool 70% por 1 minuto



Fonte: Autora, 2024.

Figura 4 - Sementes peletizadas (Processo de secagem).



Fonte: Autora, 2024.

3.1.1 Agentes de recobrimento

I. BTgran

O BTgran é um pó de rocha silicato, resíduo de um processo de produção mineral britada, localizado na Zona da Mata de Alagoas, Brasil. Sendo uma mistura de rochas ígneas intrusivas: granodiorito, monzogranito biotite e sienogranito que contém como principal fonte de cristais potássio K-feldspato (50% - tipo microclínio e plagioclásio) (Silva *et al.*, 2022).

II. Ekosil

O Ekosil, pertencente a fabricante YOORIN Mineração Curimbaba Ltda., é um fertilizante mineral à base de potássio e silício oriundo de rocha moída, que tem como composição: 8% K₂O, 54% Si, 1,5% Ca, 0,2% Mg, 0,17 Mn, 5,2 Na, 65 ppm B, 125 ppm Zn, 65 ppm Mo, 14 ppm Cu, 8 ppm Mo (EMATER, 2016).

III. MB4

O MB4 é um proveniente da moagem de rochas de silicato e possui em sua composição cerca de 48% de sílica, sendo uma mistura de duas rochas: biotita xisto e serpentinito, na proporção de 1:1 (Vasconcelos, 2019).

IV. Pó da casca do sururu

As conchas de sururu contêm quantidades elevadas de carbonato de cálcio (CaCO₃), além de apresentar matéria orgânica, traços de manganês, ferro, alumínio, sulfatos e magnésio. O carbonato de cálcio e o magnésio podem ser utilizados em diversos ramos, na agricultura, com potencial na elevação do pH dos solos agrícolas por conter íons de caráter básico e como fonte de cálcio e magnésio para as plantas (Martins, 2018).

O resíduo da casca de Sururu apresenta em sua composição óxidos e carbonatos de magnésio e cálcio, estes mesmos elementos compõem o calcário agrícola, um corretivo de acidez do solo (Silva *et al.*, 2024). Para a realização deste trabalho foi feita a análise da casca do Sururu (Quadro 1), no laboratório de solos pertencente ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), descrevendo as seguintes propriedades:

Quadro 1 - Análise da casca do sururu (CECA/UFAL).

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	1	2	3
pH	H ₂ O (1:2,50)	7,40	7,25	7,25
P	mg dm ⁻³	17,19	53,64	283,05
K	mg dm ⁻³	100	310	2800
K%T	%	Leve	Fora	Fora
Na	mg dm ⁻³	883	1033	2167

Na%T	%	Salino	Salino	Salino
Ca + Mg	cmol _c dm ⁻³	3,75	5	16,75
Ca	cmol _c dm ⁻³	1,31	1,63	3,56
Ca%T	%	Ruim	Ruim	Ruim
Mg	cmol _c dm ⁻³	2,44	3,38	13,19
Mg%T	%	Bom	Bom	Bom
Al	cmol _c dm ⁻³	0,00	0,00	0,00
Al%T	%	Bom	Bom	Bom
H + Al	cmol _c dm ⁻³	2,64	2,81	2,99
H%T	%	Bom	Bom	Bom
S	cmol _c dm ⁻³	7,85	10,29	33,33
T	cmol _c dm ⁻³	10,49	13,09	36,32
V	%	74,82	78,57	91,78

Fonte: CECA/UFAL, 2024.

3.1.2 Agentes adesivos

Para a confecção dos agentes adesivos, cola FTA e goma de mandioca, foram realizados os seguintes preparos:

I. Cola FTA:

Adicionou-se 100 gramas de açúcar e 7 g de farinha de trigo, a 200 ml de água. Verifica-se o ponto de liga da cola pingando-se uma gota em uma superfície, para esfriar, testando, em seguida, com os dedos. Foi necessário mexer constantemente a mistura para evitar transbordamento durante o aquecimento e fervura da cola. A cola FTA pode ser mantida por vários meses em geladeira, em recipiente fechado e limpo, sem perder suas características. (Voss e Benvegnú, 2018).

II. Goma de mandioca:

Dissolveu-se 2 colheres de sopa de fécula de mandioca em 500 ml de água; colocou-se a fécula dissolvida para aquecer em fogo baixo até formar uma goma transparente. Sempre mexendo para não empelotar. Deve-se deixar a goma esfriar antes de peletizar as sementes (Meira; Leite; Moreira, 2016).

3.2 Etapa II: Armazenamento

Na segunda parte do experimento, que envolveu a fase de armazenamento, as sementes de alface foram peletizadas com o pó de rocha BTgran e a cola PVA, pois foram estes agentes que apresentaram os melhores resultados na primeira etapa do presente estudo. As sementes peletizadas e as sementes nuas (testemunha) foram armazenadas em diferentes tipos de embalagens (vidro, papel kraft e a vácuo) e em ambiente refrigerado (5°C) durante 6 meses.

As sementes foram submetidas à assepsia antes da peletização, através da imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de lavagem em água corrente (Melo *et al.* 2020). Em seguida, as sementes foram colocadas em um recipiente plástico, onde foi adicionado a cola PVA como agente adesivo e o pó de rocha BTgran, como agente de recobrimento.

Após o período de armazenamento, foi realizado o teste de germinação das sementes peletizadas e nuas. Para tanto, foram dispostas em caixas transparentes do tipo gerbox, sendo entre papel germitest, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso das sementes. As caixas foram colocadas em uma câmara B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) mantida a 20°C (Brasil, 2009).

O processo de germinação foi realizado com 100 sementes por tratamento, sendo 4 repetições de 25 sementes por repetição, totalizando 600 sementes de alface (300 sementes nuas e 300 sementes peletizadas). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo armazenadas em embalagens do tipo: vidro, papel (tipo “kraft”) e à vácuo (Figura 5) em ambiente refrigerado (5°C).

Figura 5 - Armazenamento das sementes nuas e peletizadas em diferentes embalagens.



Fonte: Autora, 2024.

4 VARIÁVEIS ANALISADAS

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes, para ambas etapas, foi feita por meio dos seguintes testes e determinações:

Primeira contagem de germinação: Realizada simultaneamente ao teste de germinação, sendo a porcentagem acumulada de sementes germinadas no quarto dia após a semeadura.

Germinação: $gi = (\sum_{k=1}^i ni/N) \times 100$, sendo ni o número de sementes germinadas/plântulas emergidas no tempo i e N o número total de sementes colocadas para germinar (Carvalho et al., 2005). As contagens de sementes germinadas foram realizadas diariamente, durante o período de sete dias, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentaram raiz primária com comprimento ≥ 2 mm (Giachini et al., 2010).

Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as sementes germinadas diariamente até a estabilização da germinação, e calculado pela fórmula $G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$, sendo $IVG = G1, G2$ e $Gn =$ número de sementes germinadas computadas na primeira, segunda e última contagem e $N1, N2$ e $Nn =$ número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem, proposta por Maguire (1962).

Tempo médio de germinação: $t = (\sum ni t_i) / \sum ni$ onde: t = tempo médio de incubação; ni = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação (dias) (Labouriau e Valadares, 1976).

Velocidade média de germinação: $V = 1/t$ onde: V = velocidade média de germinação; t = tempo médio de germinação (Labouriau e Valadares, 1976).

Incerteza (I) e sincronia de germinação (Z): foram calculadas por fórmulas propostas por Labouriau e Valadares (1976) e Santana e Ranal (2004) respectivamente, utilizou-se o *software* Germina Quant 1.0 (Marques *et al.*, 2015) no cálculo dessas variáveis.

Comprimento de plântulas: ao final do teste de germinação, as plântulas de cada repetição foram utilizadas para se avaliar o comprimento, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em centímetro por plântula.

Massa seca de plântulas: Após o término do teste de germinação, as plântulas normais de cada repetição, foram acondicionadas em sacos de papel “Kraft”, em seguida colocadas em estufa de ventilação forçada a 80 °C, por um período de 24 horas. Transcorrido esse tempo, as amostras foram colocadas em dessecadores com sílica gel ativada e, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001g, e o resultado expresso em g/plântulas (Krzynowski *et al.*, 2020).

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e de componentes principais. O programa utilizado foi o *software* Past 4.03 (Hammer, Harper, Ryan, 2001). Quando houve significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, e quando preciso foi usado o teste de Dunnett a 1% de probabilidade. Adicionalmente, foi realizada a análise de componentes principais (PCA) para identificar padrões e relações entre as variáveis, complementando as análises.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira contagem de germinação (Tabela 1), a interação entre o agente adesivo GOMA e todos os agentes de recobrimento (Ekosil, MB4, BTgran e pó da casca de Sururu), bem como a combinação, cola PVA + Ekosil; cola PVA + BTgran; e FTA + BTgran, apresentaram os melhores resultados diferindo das demais combinações e se equivaleram às sementes nuas. As sementes desses tratamentos produziram maior número de plântulas normais na primeira contagem, demonstrando maior vigor e indicando uma germinação mais rápida

Esse desempenho pode estar relacionado ao microambiente criado pelos agentes de recobrimento e adesivos ao redor das sementes, regulando a absorção de água de forma uniforme e reduzindo perdas iniciais. Essa condição favoreceu a ativação enzimática e metabólica necessária para a germinação. A rápida reidratação pode ter estimulado processos como a síntese de proteínas e a produção de energia via respiração celular (Taiz *et al.*, 2017). Conseqüentemente, esses fatores contribuíram para o crescimento inicial mais eficiente e a formação de plântulas normais em menor tempo.

Mendonça, Carvalho e Ramos (2007), ao estudar o revestimento de sementes de milho superdoce com doze materiais de enchimento (calcários 1 e 2, caulim, carvão vegetal ativado, areia, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas), dois cimentantes (goma arábica e Cascorez Extra) e seis corantes (tintas guache, acrílica, plástica e para tecido, corante para alimento e gelatina), observaram que nenhum dos tratamentos proporcionou maior germinação comparado às sementes nuas na primeira contagem. Melo *et al.* (2020), ao utilizar pó de rocha como agente de recobrimento na peletização de sementes de milho crioulo, constatou que não houve diferença estatística nos parâmetros de primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG) entre os tratamentos.

Tabela 1. Primeira contagem de germinação (PC %) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	40 Aaz	50 Aaz	14 Bby
MB4	43 Aby	66 Aaz	16 Bcy
BTgran	58 Aaz	49 Aaz	60 Aaz
Sururu	45 Aby	66 Aaz	30 Bby

PCG = 55 z

F para Agentes de recobrimento (AR) 7,35**

F para agente Adesivo (A) 24,33**

F para interação (AR x A) 5,76**

CV (%) 15,29

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os resultados na Tabela 2, relativos à germinação, que utilizaram BTgran em combinação com todos os agentes adesivos (cola PVA, GOMA e cola FTA), Ekosil + cola PVA; MB4 + GOMA e pó da casca do Sururu + GOMA destacaram-se, sem diferença estatística entre si e com as sementes nuas. A eficiência desses tratamentos e a ausência de interferência no processo germinativo, podem ser atribuídas à capacidade dos agentes de recobrimento e adesivo em criar condições mais estáveis para a embebição inicial das sementes. Essa uniformidade na absorção de água é essencial para a ativação de enzimas hidrolíticas, como a amilase, que desempenha um papel fundamental na mobilização das reservas energéticas armazenadas nos tecidos das sementes (Marcos Filho, 2016).

Além disso, os componentes empregados nos tratamentos podem ter minimizado estresses físicos, como oscilações de temperatura ou umidade, proporcionando um ambiente mais favorável para os processos metabólicos que culminam na germinação. Essa estabilidade favorece a produção de ATP e outros metabólitos energéticos indispensáveis ao crescimento do eixo embrionário, promovendo o desenvolvimento de plântulas vigorosas (Taiz *et al.*, 2017).

Esses resultados são condizentes com os achados de Sprey e Ferreira (2018), que, ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de tomate peletizadas, observaram ausência de diferença significativa entre as sementes peletizadas e as sementes nuas. No entanto, dentre os

materiais de recobrimento testados, o calcário dolomítico demonstrou superioridade em relação à fécula de mandioca.

De forma similar, estudos conduzidos por Melo *et al.* (2023a), Melo *et al.* (2023b), Melo *et al.* (2020), envolvendo o uso de extratos de babosa, palma e calda de açúcar como agentes adesivos, bem como o pó de rocha como agente de recobrimento na peletização de sementes de milho e feijão, concluíram que a germinação e os parâmetros relacionados não foram impactados pela peletização, independentemente dos materiais utilizados. Esses resultados reforçam o potencial da técnica de peletização como uma estratégia eficaz para manter a viabilidade e o desempenho fisiológico das sementes.

Tabela 2. Germinação (GER %) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	78 ABaz	73 Baby	61 ABby
MB4	51 Cby	90 Aaz	46 Bby
BTgran	86 Aaz	80 Aabz	75 Aaz
Sururu	69 Bay	82 Aabz	47 Bby
GER = 85 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	11,13**		
F para agente Adesivo (A)	34,44**		
F para interação (AR x A)	8,47**		
CV (%)	11,68		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Na Tabela 3 não ocorreu diferença estatística entre as sementes peletizadas com as combinações: cola PVA + EKOSIL (4,010), cola PVA + BTgran (4,372), GOMA + MB4 (5,477), GOMA + SURURU (4,801) e cola FTA + BTgran (4,291). Diante da ausência de diferença estatística em relação às sementes nuas, essas combinações demonstraram um IVG satisfatório, indicando que os agentes de recobrimentos e adesivos não prejudicaram o processo germinativo, mantendo condições adequadas para absorção de água e trocas gasosas. Além do que, os materiais utilizados podem ter contribuído para uma proteção das sementes, garantindo

a continuidade dos processos metabólicos necessários à mobilização de reservas e emissão da radícula.

O índice de velocidade de germinação (IVG), é amplamente utilizado na tecnologia de sementes para estimar o vigor relativo das amostras. Esse índice está diretamente relacionado ao tempo médio de germinação, refletindo a rapidez do processo, quanto mais cedo a germinação ocorre, maior será o IVG. Essa métrica é uma ferramenta eficaz para avaliar a qualidade e o vigor das sementes (Santana e Ranal, 2004). Como também, o índice de velocidade de germinação pode indicar que quanto maior for a germinação das sementes na primeira contagem, maior será o seu IVG, conforme indicado por Krzyzanowski *et al.* (2020).

Por outro lado, Franzin *et al.* (2004), ao avaliar o vigor de sementes de alface nuas e peletizadas, observaram que as sementes nuas tiveram maior velocidade de germinação. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertagnoli *et al.* (2001), que identificaram maior rapidez na emissão das radículas em sementes nuas, em contraste com os achados do presente estudo.

Tabela 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	4,010 Aaz	3,693 Cay	2,603 Bby
MB4	2,879 Bby	5,477 Aaz	2,492 Bby
BTgran	4,372 Aaz	4,614 Bay	4,291 Aaz
Sururu	3,746 Aby	4,801 ABaz	2,368 Bcy
IVG = 4,587 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	11,41**		
F para agente Adesivo (A)	57,14**		
F para interação (AR x A)	11,60**		
CV (%)	11,96		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Conforme os resultados da tabela 4, os menores tempos médios foram obtidos com MB4 + GOMA (3,81) e BTgran + cola PVA (3,91), não diferenciaram entre si e se equivaleram às sementes nuas. A permeabilidade adequada dos recobrimentos pode ter facilitado a rápida

emissão da radícula, reduzindo atrasos causados por barreiras físicas. Esses resultados indicam que os materiais utilizados preservaram a funcionalidade germinativa das sementes, apresentando desempenho comparável ao das sementes nuas. O tempo médio de germinação está relacionado ao número de sementes germinadas em um determinado intervalo de tempo (Santana e Ranal, 2004). Melo (2017) destaca que os menores valores dessa variável indicam melhor desempenho germinativo.

Estudos de Melo *et al.* (2020a) sobre sementes de milho crioulo com pó de rocha identificaram que a goma de mandioca resultou no menor tempo médio de germinação. Em outro trabalho, Melo *et al.* (2024) avaliaram goma de mandioca, mandacaru e cola como adesivos, associados ao MB4 como recobrimento, e observaram que a goma foi superior em relação aos demais tratamentos. Embora materiais de recobrimento possam impor barreiras físicas que retardam a emissão da radícula, alguns permitem uma melhor difusão de gases e água, favorecendo o processo germinativo (Melo *et al.*, 2020b).

Tabela 4. Tempo médio de germinação (TM) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	4,55 ABby	4,68 Aby	5,62 Aay
MB4	4,27 ABby	3,81 Bbz	5,73 Aay
BTgran	3,91 Bbz	4,29 ABaby	4,67 Bay
Sururu	4,94 Aby	4,37 ABby	5,68 Aay
TM = 3,80 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	10,39**		
F para agente Adesivo (A)	49,73**		
F para interação (AR x A)	3,94**		
CV (%)	7,50		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A velocidade média de germinação (VMG) é utilizada para avaliar o vigor das sementes. Nesta medida, valores mais altos indicam uma germinação mais rápida e eficiente, enquanto valores baixos estão associados a sementes menos vigorosas, devido ao maior tempo necessário para germinar (Santana e Ranal, 2004).

Conforme os resultados da Tabela 5, os tratamentos BTgran + cola PVA (0,327), BTgran + GOMA (0,320), MB4 + GOMA (0,303) e SURURU + FTA (0,287) exibiu os maiores valores de VMG, sugerindo que essas combinações favoreceram o processo germinativo. Esses tratamentos proporcionaram maior agilidade na germinação, refletindo em plântulas mais vigorosas e estabelecidas rapidamente. Em contrapartida, o tratamento MB4 + cola PVA (0,158) demonstrou o menor valor de VMG, indicando atraso na germinação, possivelmente devido à barreira física criada pelo recobrimento, que dificultaram a troca de gases e a absorção de água. Esses resultados estão alinhados com estudos de Mendonça *et al.* (2007), avaliando diferentes tipos de agentes de recobrimentos (calcários 1 e 2, caulim, carvão vegetal ativado, areia, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas) e adesivos (goma arábica e cascorez extra) em sementes de milho super doce e Conceição e Vieira (2008), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de milho recobertas com calcário e cola PVA, relatam que o recobrimento de sementes pode retardar o processo germinativo. Assim, tratamentos como BTgran + cola PVA (0,327) se mostram mais eficientes para promover uma germinação mais rápida e vigorosa.

Tabela 5. Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	0,214 Bay	0,214 Bay	0,171 Aby
MB4	0,158 Cby	0,303 Aaz	0,171 Aby
BTgran	0,327 Aaz	0,320 Aaz	0,216 Aby
Sururu	0,213 Bay	0,229 Bay	0,287 Aaz
VMG = 0,300 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	34,38**		
F para agente Adesivo (A)	44,10**		
F para interação (AR x A)	11,31**		
CV (%)	10,59		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Durante o experimento, observou-se que os agentes de recobrimento Ekosil e MB4 se desmanchavam com facilidade, indicando que a barreira formada por esses materiais se desfazia rapidamente. Isso pode ter facilitado a troca de gases e a absorção de água pelas sementes, em comparação com aquelas recobertas por outros materiais adesivos.

Na análise de incerteza, quanto menor o seu valor, maior é a sincronização da germinação (Santana e Ranal, 2004). Com isso, na Tabela 6, a interação MB4 + GOMA (0,484) e Ekosil + cola PVA (0,537) apresentaram os menores índices, sem diferença estatística entre si. Resultados semelhantes foram relatados por Melo *et al.* (2020a), ao avaliar a goma de mandioca com o MB4 na peletização de sementes de milho crioulo utilizando pó de rocha.

O silício, presente em abundância no tecido vegetal, contribui para o crescimento, a fertilidade e a resistência das plantas, além de reduzir a suscetibilidade ao acamamento em caso de deficiência (Taiz *et al.*, 2017). É provável que esse macronutriente tenha favorecido uma germinação mais sincronizada, no caso do Ekosil, devido à sua composição rica em silício.

Tabela 6. Índice de incerteza (U) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	0,537 Bcz	1,028 Aby	1,526 Aay
MB4	1,416 Aay	0,484 Bbz	1,447 ABay
BTgran	1,131 Aay	0,623 ABby	1,022 Baby
Sururu	1,483 Aay	0,795 ABby	1,242 ABay
Incerteza = 0,520 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	2,23**		
F para agente Adesivo (A)	22,43**		
F para interação (AR x A)	8,18**		
CV (%)	13,59		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O tempo, a velocidade, a uniformidade e a sincronia da germinação são parâmetros que permitem compreender a dinâmica desse processo. Esses aspectos interessam a fisiologistas, tecnólogos de sementes e ecologistas, pois ajudam a prever o sucesso das espécies e a distribuição da germinação ao longo do tempo. Como a germinação das sementes não ocorre de forma perfeitamente sincronizada, o índice de sincronia quantifica essa variação ao longo do

tempo, medido em *bits*. Valores mais baixos indicam maior sincronização, independentemente do número total de sementes germinadas (Santana e Ranal, 2004).

Na Tabela 7, os menores índices de sincronia, indicando maior uniformidade na germinação, foram observados nos tratamentos MB4 + cola PVA (0,341), Ekosil + GOMA (0,497); Ekosil + FTA (0,253) e SURURU + PVA (0,417). Esses valores refletem a ação combinada dos agentes de recobrimento e adesivos na promoção de uma germinação uniforme. A combinação MB4 + cola PVA (0,341) pode ter gerado uma camada mais uniforme e homogênea, favorecendo a sincronização no processo de germinação. No caso do pó da casca do sururu, sua composição rica em nutrientes orgânicos, pode ter contribuído para um ambiente de germinação mais propício, promovendo a uniformidade. Já o Ekosil + FTA, (0,253), sugere que o silício presente em maior quantidade no Ekosil, contribuiu para a estabilização das membranas celulares, o que auxilia na uniformidade e eficiência da germinação (Taiz *et al.*, 2017).

Esses resultados reforçam que aplicações uniformes de recobrimentos e adesivos otimizam a sincronia da germinação. O silício, em particular, destaca-se por sua ação na resistência ao estresse, na integridade celular e na absorção de água, fatores essenciais para uma germinação sincronizada e de alta qualidade (Taiz *et al.*, 2017).

Tabela 7. Índice de sincronia (Z) de sementes de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	0,575 Abay	0,497 Bay	0,253 Bby
MB4	0,341 Cby	0,809 Aaz	0,322 ABby
BTgran	0,719 Aaz	0,733 Aaz	0,490 Aby
Sururu	0,417 BCby	0,675 ABay	0,398 ABby
Sincronia = 0,765 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	10,28**		
F para agente Adesivo (A)	42,37**		
F para interação (AR x A)	7,11**		
CV (%)	18,49		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Nos resultados de comprimento de plântulas (Tabela 8) e massa seca (Tabela 9), os melhores valores foram observados nos tratamentos cola PVA + BTgran e GOMA + MB4, que estatisticamente não diferiram das sementes nuas. É possível que esses materiais mencionados, tenham contribuído para o processo de germinação, promovendo uma degradação mais eficiente das reservas presentes nas sementes, favorecendo assim o desenvolvimento das plântulas. Fisiologicamente, esse efeito pode ser atribuído à ação dos recobrimentos na hidratação das sementes, que facilita a ativação das enzimas responsáveis pela quebra das reservas energéticas, como os amidos e lipídios. A distribuição homogênea proporcionada pelos adesivos, GOMA e cola PVA, otimiza a absorção de água. Além disso, o BTgran pode ter fornecido nutrientes minerais importantes para o crescimento inicial das plântulas favorecendo o desenvolvimento das mesmas em uma fase crítica do seu desenvolvimento.

O desenvolvimento das plântulas nesta fase está diretamente ligado à composição química das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012). Lobo *et al.* (2020), ao avaliar sementes de almeirão (*Chichorium intybus* L.) nuas e peletizadas, não identificaram diferenças no comprimento e na massa seca das plântulas. Já Dode *et al.* (2012), avaliando cinco lotes em diferentes níveis da qualidade fisiológica de sementes de girassol, destacam que plântulas com maior comprimento e massa seca apresentam maior qualidade fisiológica das sementes de origem, refletindo maior vigor. Carvalho e Nakagawa (2012) e Araújo Neto *et al.* (2014) também apontam que sementes maiores e mais pesadas tendem a originar plântulas mais desenvolvidas.

A medição do comprimento de plântulas, em conjunto com o teste de germinação, é importante para identificar diferenças qualitativas entre as sementes, pois podem ocorrer sementes que apresentam alta porcentagem de germinação e baixo comprimento médio de plântulas, assim como sementes com baixa porcentagem de germinação, porém com alto comprimento médio de plântulas (Krzynowski *et al.*, 2020).

Tabela 8. Comprimento de plântulas (CP) de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	2,53 Abay	1,85 Cby	1,03 Ccy
MB4	2,09 Bby	3,99 Aaz	1,69 Bby
BTgran	2,77 Aaz	2,29 Cby	2,22 Aby
Sururu	2,01 Bby	3,19 Baz	1,15 Ccy
COMP = 3,20 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	19,36**		
F para agente Adesivo (A)	93,41**		
F para interação (AR x A)	26,01**		
CV (%)	12,22		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Na Tabela 9, referente à massa seca, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos MB4 + GOMA (0,069) e BTgran + cola PVA (0,069), como também em relação às sementes nuas. A GOMA e a cola PVA, como agentes aderentes, provavelmente facilitaram o processo de germinação por degradar com eficiência as reservas presentes nas sementes, que por sua vez, promoveram o crescimento da plântula, levando ao acúmulo de massa seca. Durante essa etapa, o desenvolvimento das mudas está diretamente ligado à composição química das sementes (Marcos Filho, 2015).

Sementes tidas como vigorosas são mais eficientes na mobilização e aproveitamento de suas reservas energéticas, resultando em maior capacidade metabólica culminando em maior massa inicial (Nascimento; Pereira, 2016). A massa seca das plântulas é um indicador relevante do comportamento e desenvolvimento inicial, refletindo a translocação e o acúmulo de matéria seca nas diferentes partes da planta (Dode *et al.*, 2012). Esse parâmetro é essencial para avaliar o desenvolvimento inicial das plântulas, garantindo seu estabelecimento adequado no campo (Oliveira *et al.*, 2014).

Tabela 9. Massa seca de plântulas (MSP) de alface submetidas a diferentes agentes de recobrimento e adesivos (CECA/UFAL, 2024).

Agentes de recobrimento	Adesivos		
	Cola	Goma	FTA
Ekosil	0,056 Bay	0,015 Cby	0,019 Bby
MB4	0,043 Cby	0,069 Aaz	0,035 Acy
BTgran	0,069 Aaz	0,049 Bby	0,034 Acy
Sururu	0,046 Cay	0,042 Bay	0,024 Bby
MS = 0,067 z			
F para Agentes de recobrimento (AR)	50,98**		
F para agente Adesivo (A)	121,11**		
F para interação (AR x A)	36,67**		
CV (%)	11,14		

No fatorial médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas pela mesma letra (z, y), controle – sem agentes de recobrimento + adesivos, não diferem significativamente a 1 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

6.1 Análise de Componentes Principais e a influência dos tratamentos em sementes de alface peletizadas

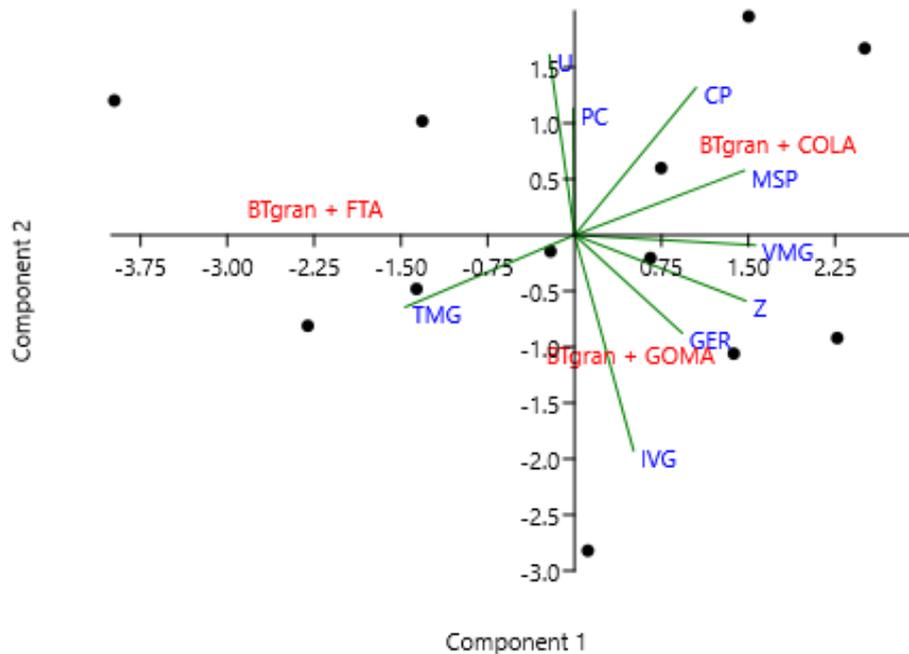
A análise de componentes principais (PCA) foi aplicada para avaliar a influência do pó de rocha BTgran combinado com diferentes agentes aderentes (cola PVA, GOMA e FTA) em sementes de alface. Os resultados estão ilustrados na Figura 6, na qual os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 41,75% e 20,52% da variância total, respectivamente, totalizando 62,27% da variabilidade dos dados. A PCA permitiu identificar correlações entre as variáveis analisadas, representadas em azul, e os tratamentos, destacados em vermelho.

O tratamento BTgran + GOMA obteve os maiores valores para as variáveis velocidade média de germinação (VMG), sincronia (Z), germinação (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG), concentrados no PC1. Esses resultados sugerem que a goma de mandioca contribuiu para um recobrimento eficiente, proporcionando uma película que retardou a perda de água e favoreceu a embebição uniforme das sementes (Assis, 2022), essencial para a ativação metabólica e a germinação (Marcos Filho, 2016). Pirola *et al.* (2016), ao trabalhar com sementes de *Poncirus trifoliata* hidrocondicionadas com fécula de mandioca, também observaram que esse tratamento não comprometeu a germinação.

Já o tratamento BTgran + FTA exibiu um aumento na variável incerteza de germinação (U) no PC2, indicando menor sincronia germinativa, o que pode estar relacionado à solubilidade do FTA em água, comprometendo a eficácia do recobrimento. Por outro lado, o tratamento BTgran + cola PVA destacou-se positivamente em ambas as componentes (PC1 e PC2) para as variáveis primeira contagem de germinação (PC), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP). Esses resultados reforçam que a cola, como agente aderente, possibilitou uma aplicação homogênea do recobrimento, promovendo melhor desenvolvimento inicial das plântulas. A correlação entre CP e MSP também confirma que plântulas com maior comprimento e quantidade de massa seca possuem melhor desempenho fisiológico (Vanzolini *et al.*, 2007).

O desempenho dos tratamentos foi influenciado tanto pelos materiais utilizados quanto pelo próprio processo de peletização. Conforme Brito *et al.* (2017) e Lobo *et al.* (2020), a peletização melhora o desenvolvimento inicial das plântulas, otimizando variáveis relacionadas ao crescimento e vigor. Esses resultados evidenciam o potencial da goma e da cola PVA, associadas ao BTgran, como materiais promissores para a peletização de sementes de alface.

Figura 6 - PCA da influência do agente de recobrimento BTgran associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.



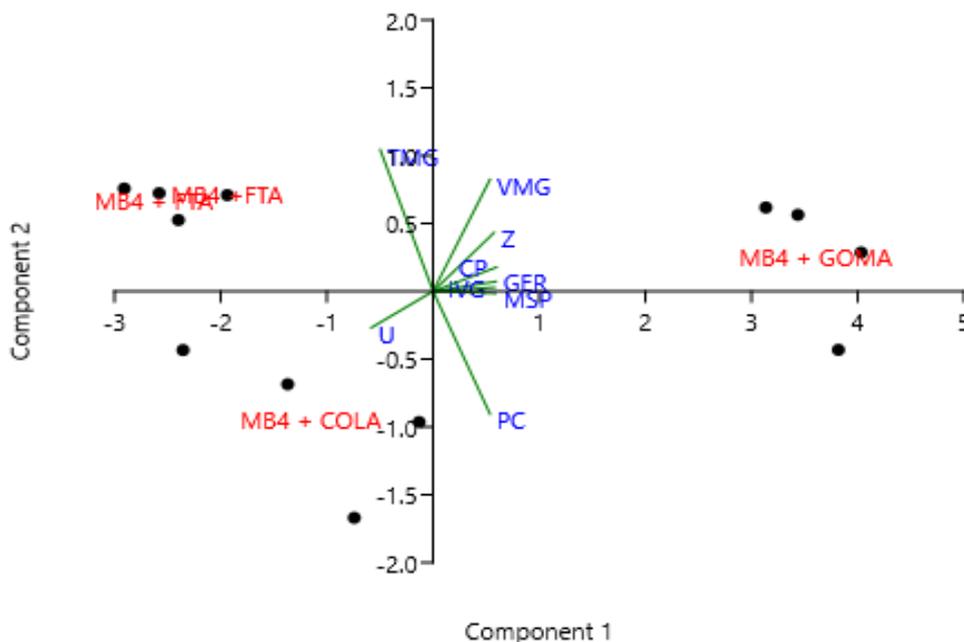
Fonte: Autora, 2024

A Figura 7 têm-se a Análise de Componentes Principais (PCA), demonstrando o efeito do pó de rocha MB4 combinado com diferentes agentes aderentes (GOMA, PVA e FTA) sobre variáveis relacionadas ao potencial fisiológico de sementes. Os dois primeiros componentes principais explicaram 93,23% da variância total, com o PC1 representando 85,94% e o PC2 contribuindo com 7,29%. Velocidade média de germinação (VMG), comprimento de plântulas (CP) e sincronia de germinação (Z) apresentaram forte associação positiva com o PC1, correlacionando-se ao tratamento MB4 + GOMA. A goma, devido à sua composição, forma uma camada uniforme ao redor das sementes, melhorando a retenção de água, essencial para a ativação de enzimas hidrolíticas (Carvalho e Nakagawa, 2012). Essa estrutura também facilita as trocas gasosas, favorecendo o metabolismo respiratório (Marcos Filho, 2016) e contribuindo para o desenvolvimento vigoroso das plântulas (Taiz *et al.*, 2017).

Já o tratamento MB4 + FTA mostrou um efeito equilibrado, mas menos expressivo, centralizando-se no gráfico. Por outro lado, MB4 + cola PVA demonstrou fraca correlação com as variáveis avaliadas, localizado no quadrante inferior esquerdo. Esses resultados sugerem que a cola PVA e a cola FTA não garantiram o mesmo nível de eficiência na interação com o MB4, possivelmente devido a diferenças na solubilidade e adesão dos materiais para uma peletização eficiente. Essa limitação pode estar associada à necessidade de que os agentes aderentes e de recobrimento sejam solúveis em água, liberando seu efeito adesivo de forma eficiente, em vez de apenas perderem a consistência quando se adiciona água (Sprey, 2018).

A PCA demonstrou, ao interpretar os dados multivariados, que o uso da GOMA como agente aderente combinado ao MB4 pode contribuir diretamente com o desempenho das sementes, tanto em relação às propriedades fisiológicas quanto ao desenvolvimento inicial das plântulas.

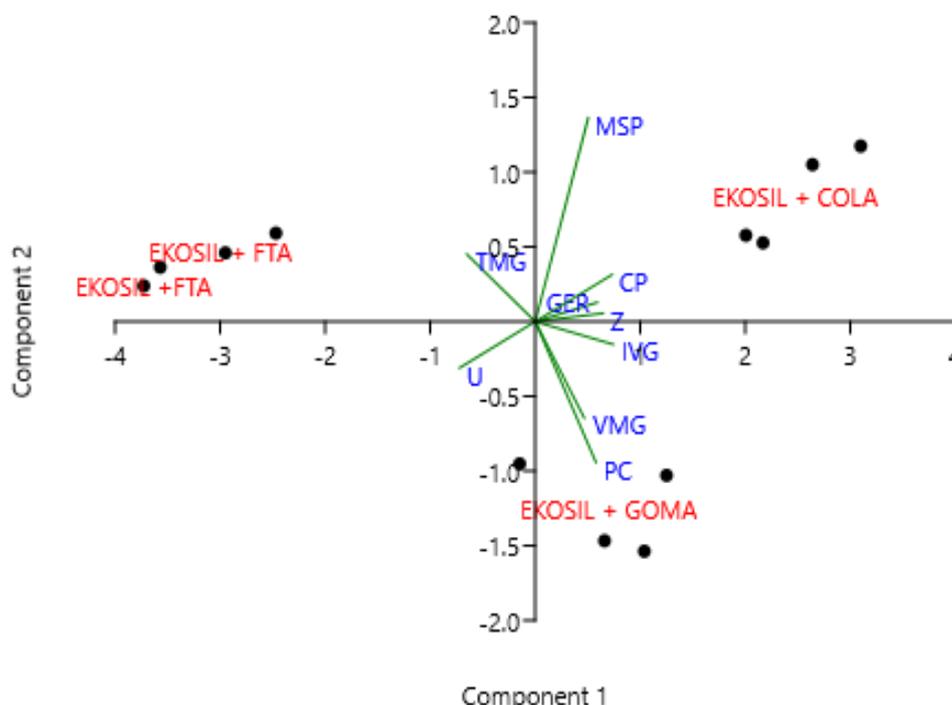
Figura 7 - PCA da influência do agente de recobrimento MB4 associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.



Na figura 8 têm-se a influência do agente de recobrimento EKOSIL combinado com diferentes agentes adesivos (GOMA, PVA e FTA) sobre variáveis relacionadas ao potencial fisiológico de sementes de alface. Os dois primeiros componentes principais explicaram 80,97% da variância total, sendo que o PC1 concentrou 70,54%, enquanto o PC2 contribuiu com 10,43%. Germinação (G), massa seca de plântulas (MSP), comprimento de plântulas (CP) e sincronia de germinação (Z) apresentaram forte associação com o tratamento EKOSIL + cola PVA, concentrado no PC1, como também EKOSIL+GOMA correlacionando com a velocidade média de germinação (VMG), a primeira contagem de germinação (PC) e o índice de velocidade de germinação (IVG).

O desempenho do EKOSIL + cola PVA pode ser atribuído à solubilidade do recobrimento em água, que favorece a absorção e a troca de gases, promovendo a ativação de processos metabólicos essenciais para a germinação e o crescimento inicial (Melo *et al.*, 2020). Já o tratamento EKOSIL + FTA foi posicionado no quadrante superior esquerdo, associado ao PC2, evidenciando maior tempo médio de germinação (TMG). Esses resultados sugerem que a combinação formou uma barreira menos permeável, dificultando a entrada de água e retardando a germinação. Essa limitação pode levar a um maior intervalo de tempo para reativação dos processos metabólicos da semente (Mendonça *et al.*, 2007; Conceição e Vieira, 2008). O EKOSIL demonstrou ser eficiente em combinações com cola PVA e GOMA, promovendo maior vigor e uniformidade, enquanto a associação com FTA requer ajustes para otimizar os resultados.

Figura 8 - PCA da influência do agente de recobrimento EKOSIL relacionado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.



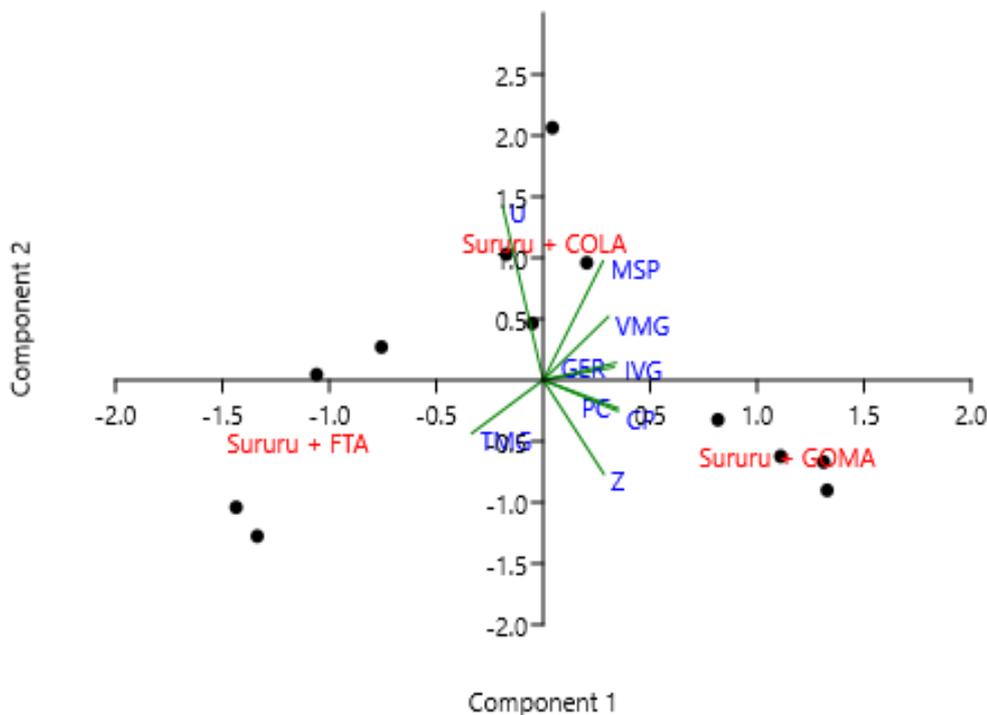
Fonte: Autora, 2024.

Na figura 9 têm-se a PCA da influência do pó da casca de sururu combinado com agentes aderentes (cola PVA, GOMA e FTA) sobre variáveis relacionadas ao potencial fisiológico de sementes de alface. Os dois primeiros componentes principais explicaram 84% da variância total, com 70% atribuídos ao PC1 e 14% ao PC2. Os resultados indicaram que o tratamento SURURU + FTA obteve menor tempo médio de germinação (TMG), associado ao PC1, sugerindo que o FTA favoreceu a uniformidade e o vigor das plântulas. Esse comportamento pode estar relacionado à capacidade do agente em facilitar a absorção de água e as trocas gasosas, promovendo um desenvolvimento mais eficiente (Nascimento *et al.*, 2009).

Já os tratamentos SURURU + PVA e SURURU + GOMA apresentaram resultados similares para as variáveis de germinação (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG),

posicionando-se no centro do gráfico. Esses materiais possivelmente oferecem condições adequadas para o processo germinativo. Por outro lado, o tratamento SURURU + cola PVA registrou o maior índice de incerteza de germinação (U), indicando maior dispersão no tempo de germinação, o que pode comprometer a uniformidade do lote. Variáveis como sincronia de germinação (Z) foram mais associadas ao tratamento SURURU + GOMA, destacando sua eficiência em promover uma germinação mais concentrada em um intervalo de tempo reduzido. Materiais de recobrimento que promovem maior sincronia e menor incerteza favorecem o desempenho fisiológico das sementes, otimizando a germinação e o desenvolvimento inicial. Contudo, materiais que formam barreiras físicas inadequadas podem atrasar o início do processo germinativo, como observado em alguns casos. Esses achados reforçam a importância da escolha correta dos agentes de recobrimento e adesivos no processo de peletização, especialmente no uso de resíduos orgânicos, como o pó da casca de sururu, que apresenta potencial para melhorar a qualidade e o desempenho de sementes de alface. Sendo assim, o processamento das cascas do sururu que resulta no pó, pode ser utilizado em contato direto com sementes de alface, ajudando a diminuir a quantidade de resíduos oriundos desse molusco no meio ambiente. No entanto, são necessários mais estudos para avaliar o efeito que esse resíduo pode causar em outras sementes agrícolas.

Figura 9 - PCA da influência do agente de recobrimento pó da concha de Sururu associado aos agentes aderentes cola PVA, goma e FTA nas variáveis: primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP) de sementes de alface.



Fonte: Autora, 2024.

6.2 PCA (Análise de Componentes Principais) do Armazenamento

O agente de recobrimento BTgran com a cola PVA destacou-se pelos melhores resultados obtidos. Desta forma, esta interação foi escolhida para ser submetida ao armazenamento em ambiente refrigerado, fazendo a contraposição com as sementes nuas. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada para avaliar a influência do pó de rocha BTgran e diferentes tipos de embalagens (papel, vácuo e vidro) no potencial fisiológico de sementes de alface armazenadas por seis meses em ambiente refrigerado. As variáveis analisadas incluíram germinação (GERM), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de

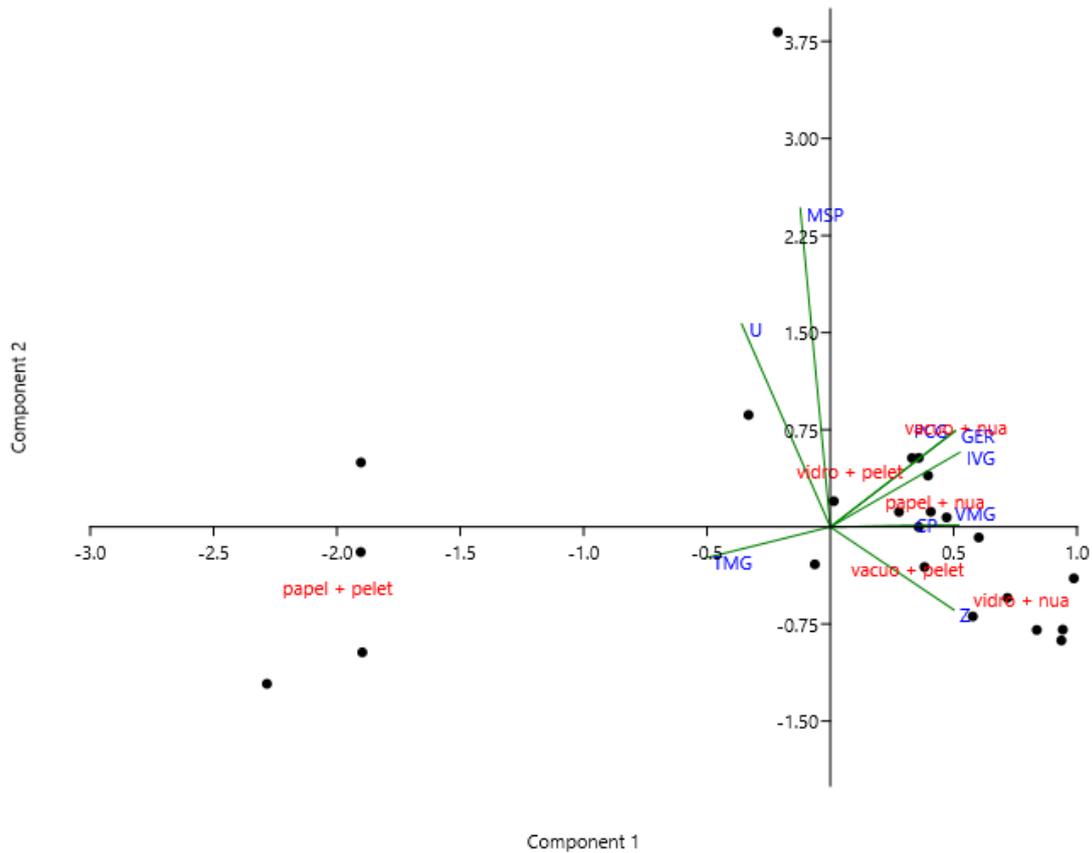
germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP).

Na figura 10, os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 82,27% da variação total, sendo 69,54% atribuídos ao PC1 e 12,73% ao PC2. Essa análise permitiu identificar relações entre os tratamentos e as variáveis avaliadas. No PC1, as sementes armazenadas em embalagens de vidro e a vácuo, recobertas com BTgran + cola PVA, apresentaram maior correlação com variáveis como germinação (GERM), índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade média de germinação (VMG), primeira contagem (PC) e massa seca de plântulas (MSP), indicando maior eficiência na preservação da qualidade fisiológica das sementes. A embalagem de vidro e a vácuo possivelmente contribuíram para manter condições ideais de armazenamento, preservando a integridade das sementes e minimizando perdas de qualidade.

As embalagens impermeáveis, ~~como é o caso do vidro~~, evitam a troca de umidade entre os grãos e o ambiente, além de reduzir a disponibilidade de oxigênio resultante da respiração das sementes armazenadas. Essa característica diminui a perda de matéria seca, inibe a proliferação de insetos e preserva a qualidade fisiológica das sementes por períodos mais longos de armazenamento (Silva, 2010).

Por outro lado, no PC2, sementes armazenadas em embalagens de papel apresentaram maior incerteza (U, indicando menor eficiência na manutenção da qualidade das sementes. Esses resultados podem estar associados à permeabilidade do papel, que pode ter permitido oscilações na umidade interna, impactando negativamente a estabilidade das sementes durante o armazenamento. Fatores como alta temperatura e elevada umidade relativa do ar aceleram a deterioração, levando à redução progressiva da germinação e do vigor das sementes quando expostas a condições inadequadas de armazenamento (Silva, 2018).

Figura 10 - PCA da influência de sementes de alface nua e recobertas com BTgran + cola PVA armazenadas em embalagens de papel, vácuo e vidro durante 6 meses em ambiente refrigerado. As variáveis foram: primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), incerteza de germinação (U), sincronia de germinação (Z), comprimento (CP) e massa seca de plântulas (MSP).



Fonte: Autora, 2024.

7 CONCLUSÕES

A peletização de sementes apresenta potencial para melhorar o desempenho germinativo, mas os materiais utilizados como agentes de recobrimento e adesivos, devem ser cuidadosamente selecionados.

Para a peletização, o BTgran associado com a cola PVA, são materiais promissores para melhorar a qualidade e desenvolvimento inicial das plântulas de sementes de alface.

As embalagens de vidro e a vácuo foram as mais eficientes, preservando a integridade das sementes peletizadas de alface.

REFERÊNCIAS

- ALOVISI, A. A.; LUZ, R. A. da; ALOVISI, A. M. T.; TOKURA, L. K.; GOMES, C. F.; CASSOL, C. J. Silicatagem no solo e na produtividade da cultura do milho. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 9, p. 933–950, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020933-950. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9219.
- AGUIAR, Karine Alexia Teixeira. **Desempenho de alface sob diferentes níveis de salinidade em sistema semi-hidropônico**. 2022. 41 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- ARAÚJO NETO, A. C.; NUNES, R. T. C.; ROCHA, P. A. da; ÁVILA, J. S.; MORAIS, O. M. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 9, n. 2, p. 71-75, 2014.
- ASSIS, Janaína Guarieiro Ribeiro de. **Expressão De Enzimas Durante a Germinação De Sementes De Sempre-vivas**. Orientador(a): Maria Laene Moreira de Carvalho. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.
- ASSIS, Mariza Cláudia Pinheiro. **Potencial fisiológico de sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.) revestidas com fécula de mandioca, gelatina e quitosana**. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal Rural do semiárido, Mossoró, 57p., 2022.
- BERTAGNOLLI, C. M.; MENEZES, N. L. de; STORCK, L.; SANTOS, O. S. dos; PASQUALLI, L. L. (2003). Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista Brasileira De Sementes**, 25(1), 7–13. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100002>
- Bezerra, Marcelo Soares. O potencial dos agrominerais alternativos na região Nordeste do Brasil / Marcelo Soares Bezerra. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 48p.: Il. (**Série Rochas e Minerais Industriais**, 15)
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. SNDA/DNPV/CLAV, Brasília, 2009. 365 p.
- BRASIL. **Lei nº 12.890/2013, de 10 de dezembro de 2013**. “Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências”. Planalto, 2013. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2013/Lei/L12890.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.890%2C%20DE%2010,agricultura%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acessado em: 28 nov 2024.
- BRITO, L. P. S.; CAVALCANTE, M. Z. B; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; AVELINO, R. C. Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização. **Revista de La Facultad de Agronomía**. La Plata. v.116, n.1, 51-61, 2017.

- CAMARGO, R. de; CARVALHO, M. L. M. de. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 131–139, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/6zMfPLdzDxHNCsHvSJfQfqq/?lang=pt>. Acessado em: 12 dez 2024.
- CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D. Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 48-53, 2008.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, M. P.; SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 627-633, 2005. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000300018>
- Costa, Caroline Jácome. Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças / Caroline Jácome Costa. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2012. 30 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 355).
- DANTAS, B. F.; CORREIA, J. DE S.; MARINHO, L. B.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 221–227, 2008.
- DODE, J.S., MENEGHELLO, G.E., MORAES, D.M DE., PESKE, S.T. 2012. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes** 34(4): 686-691.
- FERREIRA, Luiz Gustavo de Souza; LOPES, Lucas Vieira; CARA, João Vitor de Almeida; CRUCES, Ryan de Oliveira. **Análise comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso em Técnico em Agropecuária. ETEC Orlando Quagliato. Santa Cruz do Rio Pardo: ETEC Orlando Quagliato, 2021.
- FILHO, Marcos; J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; ROVERSI, T. (2004). Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas. **Revista Brasileira De Sementes**, 26(2), 114–118. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000200016>
- GIACHINI, R. M; LOBO, F. de A.; ALBUQUERQUE, M. C de F. e; Ortíz, C. E. R. Influência da escarificação e da temperatura sobre a germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes (sete cascas). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 75–80, mar. 2010.
- GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V.P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.3, p.71-74, 2013.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1), 9 pp. 2001. Available at: <https://palaeo-electronica.org>
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de Alface Cultivados no Brasil. **Embrapa**. Circular Técnico. Novembro, 2009 Brasília, DF.

- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. de O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016.
- JOLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 374, n. 2065, 2016.
- Joshi, Renu. (2018). Role of Enzymes in Seed Germination. **International Journal of Creative Research Thoughts** (2320-2882). 6. 1481-1485. 2018
- JUVINO, A.N.K.; RESENDE, O.; COSTA, L.M.; SALES, J.F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.8, p.844-850, 2014.
- KRZYŻANOWSKI, F. C., FRANÇA-NETO, J. DE B., GOMES-JUNIOR, F. G., NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In Vigor de sementes: conceitos e testes, Londrina: **Abrate**, p. 601.s, 2020.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calatropis procera* (Ait.). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.263-284, 1976.
- LAGÔA, André de Oliveira. **Efeitos da peletização na plantabilidade e na qualidade fisiológica de sementes de milho superdoce armazenadas em câmara fria**. – Jaboticabal, 2011 vi, 56 f.: Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.
- LEITE, C. D.; MEIRA, A. L., MOREIRA, V. R. R. Peletização de sementes com uso de biofertilizante e pó de rocha. **Fichas agroecológicas. Técnicas Apropriadas para Agricultura Orgânica**. Coordenação de Agroecologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/fertilidade-do-solo>
- LIMA, J. M. E.; OLIVA, L. S. C.; SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, D. S. 2014. Qualidade fisiológica de sementes de soja-hortaliça armazenadas em diferentes embalagens. **Horticultura Brasileira** 31: S3601 – S3608. 2014.
- LIMA, Eloísa Silvestre de. **Agentes aderentes na peletização de sementes de milho com pó de rocha**. 2022. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2022.
- LOBO, L. de M.; DOS SANTOS, K. S.; WERNER, H. A.; MARTINELLI LIMA, B.; COSTA ESTEVES, M. P. da; DE SOUSA, M. C.; PAMPLONA, V. M. S.; DE QUADROS, B. R. Germinação e vigor de sementes nuas e peletizadas de almeirão / Germination and vigor of bare and pelleted almeirão seeds. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 48743–48753, 2020. DOI: 10.34117/bjdvn7-500. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13544>. Acesso em: 11 dec. 2024.
- LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. Peletização de sementes de hortaliças. Circular Técnica, 137. **Embrapa Hortaliças**, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluating for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Seed physiology of cultivated plants**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2016. 616 p.

MARTINS, Daniel Diniz. **Casca de sururu como alternativa de correção do pH no solo e fonte de cálcio e magnésio na cultura do rabanete agroecológico**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Arapiraca, 2018.

MARQUES, F. R. F.; MEIADO, M. V.; CASTRO, N. M. C. R.; CAMPOS, M. L. O.; MENDES, K. R.; SANTOS, O. O.; POMPELLI, M. F. GerminaQuant: a new tool for germination measurements. **Journal of Seed Science**, v.37, n.3, p.248-255, 2015.

MEDEIROS, A. C de S.; EIRA, M. T. S. da. Comportamento Fisiológico, Secagem e Armazenamento de Sementes Florestais Nativas. **Circular Técnica - Embrapa**. Colombo-PR. 2006. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/294209/1/circtec127.pdf>

MEIRA, A. L.; LEITE, C. D.; MOREIRA, V. R. R. Peletização de sementes à base de fécula de mandioca. **Fichas agroecológicas. Técnicas Apropriadas para Agricultura Orgânica**. Coordenação de Agroecologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-producao-vegetal/21-peletizacao-de-sementes-a-base-de-fecula-de-mandioca.pdf/view>.

MELO, L. D. F. A. Morfometria, potencial fisiológico de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Mimosa bimucronata* (DC) O. KTZE. **Tese: UFAL - Programa de Pós-Graduação em Agronomia** (Produção Vegetal). 113 f. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, 2017.

MELO, L. D. F. A.; MELO JUNIOR, J. L. A.; CRISÓSTOMO, N. M. S.; BERTO, T. S.; RAMOS, M. G. C.; SILVA, L. G. Uso de agentes aderentes na peletização de sementes de milho crioulo com pó de rocha. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, p. 245-249, 2020a.

MELO, L. D. F. de A.; MELO JUNIOR, J. L. de A.; CRISOSTOMO, N. M. S.; BERTO, T. dos S.; RAMOS, M. G. de C.; SILVA, L. G. da. Use of adhesion agents in the granulation of seeds of creole corn with rock poder. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 245–249, 2020 b. DOI: 10.18378/rvads.v15i3.7942. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/7942>. Acesso em: 5 sep. 2023.

MELO, L. D. F. A.; MELO JUNIOR, J. L. A.; SANTOS, K. M.; SILVA, L. L.; MALTA, A. S.; SANTOS, E. B.; COSTA, J. F. O.; OLIVEIRA, V. C.; MAGALHÃES, I. D.; SILVA, I. C.; TORRES, I. L. N. Adhering agents in maize seed pelletizing. **Journal of agriculture and ecology research international**, v. 24, p. 28-33, 2023 a. DOI: <https://doi.org/10.9734/jaeri/2023/v24i6561>

MELO, L. D. F. A.; JUNIOR, J. L. D. A. M.; SANTOS, E. B.; SANTOS M. A. Use of brown sugar adhesive agents based on, palm and aloe extracts in the coating of crean bean

seeds with rock dust. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 1, p. 393-402, 2023
b. DOI: 10.55905/revconv.16n.1-026

MELO, L. D. F. D. A.; JUNIOR, J. L. D. A. M.; SANTOS, E. B. D.; SANTOS, K. D. M.; SILVA, L. L. D.; MALTA, A. D. S.; SILVA, K. W. S. G. da; BERTO, T. D. S.; COSTA, J. F. D. O.; TENÓRIO, A. N. R. S. Cassava, Mandacaru, and Glue as Adhesive Agents in the Coating of Heirloom Fava Bean Seeds. **Journal of Agriculture and Ecology Research International**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 53–58, 2023c. DOI: 10.9734/jaeri/2023/v24i6561. Disponível em: <https://journaljaeri.com/index.php/JAERI/article/view/561>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MELO, L. D. F. de A.; MELO JUNIOR, J. L. de A.; SOARES, L. B. F. S.; PAES, R. de A., COSTA, J. F. de O.; CRISÓSTOMO, N. M. S.; DUARTE, A. G. (2024). Utilization of mandacaru extract, polyvinyl acetate-based glue, and cassava gum as cementing agents for pelletizing creole maize seeds with rock dust. **Bulg. J. Agric. Sci.**, 30(3), 535–538. 2024.

MELO, Yuri. Cobogós feitos com casca de sururu geram renda e transformam vida de marisqueiras em Alagoas. **Portal G1**, Maceió, 02 novembro 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2024/11/02/cobogos-feitos-com-casca-de-sururu-geram-renda-e-transformam-vida-de-marisqueiras-em-alagoas.ghtml>. Acesso em: 07 janeiro 2025.

MENDONÇA, E. A. F.; CARVALHO, N. M.; RAMOS, N. P. Revestimento de sementes de milho super doce (SH2). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.68-79, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200010>

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, J.B.C.; SANTOS, P.E.C.; CARMONA, R. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n. 1, 2009.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. Produção de mudas de hortaliças – Brasília, DF: **Embrapa**, 2016. Disponível em: [Producao-de-Mudas-de-Hortalicas.pdf \(embrapa.br\)](https://www.embrapa.br/producao-de-mudas-de-hortalicas.pdf)

NEISSE, A. C.; HONGYU, K. Aplicação de componentes principais e análise fatorial a dados criminais de 26 estados dos EUA. **E&S Engineering and Science**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 105–115, 2016. DOI: 10.18607/ES201654354. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/4354>. Acesso em: 22 jan. 2025.

NERY, M. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A.; SOARES, G. C. M., NERY, F.C. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto à tolerância, à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, v. 20, n. 3 p. 477-483, 2014.

OLIVEIRA, A. K. M.; RIBEIRO, J. W. F.; PEREIRA, K. C. L.; SILVA, C. A. A. Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. **Científica**, v.42, n.4, p.316– 324, 2014.

OLIVEIRA, P. S. d'; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E. Uso de pó de rocha em plantas forrageiras. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2023. Comunicado Técnico (CNPGL). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1157266>

PAIVA, Júlia Barbosa de. **Germinação de sementes de espécies florestais nativas de recobrimento utilizando a técnica de peletização em diferentes profundidades de**

semeadura. 2021. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

PELLISSARI, F.; SILVA, C. J.; VIEIRA C. V. Classificação Quanto a Tolerância à Dessecação e ao Armazenamento de Sementes de *Cassia fistula* L. **Scientific Electronic Archives**, v. 2, p. 1-5, 2013.

PINHEIRO, José Jackson Silva. **O Sururu de Capote na Comunidade Ribeirinha da Laguna Mundaú em Maceió.** 2023. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2023. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11419>

PETRIELLI, Fernanda Almeida da Silva. **Viabilidade técnica e econômica da utilização comercial das conchas de ostras descartadas na localidade do ribeirão da ilha.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91343>

PIROLA, K.; ALEGRETTI, A.; DOTTO, M.; RADAELLI, J.; JÚNIOR, A. Hydroconditioning and biofilms in the conservation of *Poncirus trifoliata* seeds. **Brazilian Journal of Agriculture**, 91, 184-193, 2016.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. de. How and why to measure the germination process?. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 1, p. 1–11, jan. 2006.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira** 30: 187-194. 2012.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico.** Editora UnB, Brasília, 2004, 247 p.

SANTOS, S. R. G. dos. Peletização de Sementes Florestais no Brasil: Uma Atualização. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 286–294, abr. 2016. [10.1590/2179-8087.120414](https://doi.org/10.1590/2179-8087.120414).

SANTOS, JOSIELTA ALVES DOS; DUTRA, JOSE WELITON AGUIAR; VIEIRA, ADRIANA DA CONCEIÇÃO PINHEIRO; FILHO, LUIS FERNANDES DE SOUSA; JUNIOR, ANTÔNIO JOSE VELOSO; MOREIRA, ANTÔNIO MARCOS DIAS; RIBEIRO, FRANCISCO ADELTON ALVES; PEREIRA, ÁLVARO ITAUNA SCHALCHER. **Cartilha Educativa para iniciantes: Cultivo da Alface** (volume I). 2021. Disponível em: [Portal eduCapes: Cartilha Educativa para iniciantes: Cultivo da Alface \(volume I\)](#)

SILVA, F. D.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. D. (2010). Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de ciências agro-ambientais**, 8(1), 45-56. Disponível em: https://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf

SILVA, C. O.; SILVA, A. O. TIMÓTEO, D. A. S.; SANTOS, M. B. Estudo do uso de conchas de sururu (*Mytella falcata*) no controle de pH da manipueira em reator anaeróbio UASB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.4, n.2, p.111-118, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2013.002.0007>

Silva, Juliano de Oliveira. Catálogo de insumos naturais e biológicos para uso na agropecuária: representantes e revendas no Distrito Federal e Entorno / Juliano de Oliveira e Silva. – Brasília: **Emater-DF**, 2016. Disponível em: https://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/148/1/Cat%20alogo%20de%20insumos_%20atualizado_setembro.pdf

SILVA, H. W. da; SOARES, R. S.; VALE, L. S. R.; RODOVALHO, R. S. Qualidade de sementes de pimenta durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Acta Iguazu**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 76–84, 2018. DOI: 10.48075/actaiguaz.v7i3.17065. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/17065>. Acesso em: 12 dez. 2024.

SILVA, J. M. da; DALBON, V. A.; ACEVEDO, J. P. M.; MASSAHUD, R. T. la R.; ALVES, E. S. DO A.; SILVA, P. C. V. da; SANTOS, T. M. C dos; LIMA, G. S. de A. Development of tomatoes seedlings (*Lycopersicon esculentum* L.) in combination with silicate rock powder and rhizospheric fungi inoculation. **CURRENT SCIENCE**, VOL. 122, NO. 7, 10 APRIL 2022.

SILVA, J. C. R. da; OLIVEIRA, V. C. de; MELO, E. F. de; TERIET, A. L. P.; MELO JUNIOR, J. L. de A.; MUSSAHUD, R. T. LA R.; GRUGIKI, M. A.; MELO, L. D. F. de A. (2024). Pó de conchas de sururu (*Mytella falcata*) como corretivo de acidez do solo. **Revista de Gestão e Secretariado**. 15. e3854. 10.7769/gesec.v15i7.3854. 2024.

SILVA, J. C. A.; SIGNOR, D.; BRITO, A. M. S. S.; CERRI, C. E. P.; CAMARGO, P. B.; PEREIRA, C. F. Espectroscopia de infravermelho próximo e análise de componentes principais para investigação de solos submetidos a diferentes usos da terra na Amazônia Oriental brasileira. **Revista Virtual de Química**, 12 (1), 51-62. 2020.

Sprey, Layanne Muniz; Ferreira, Sidney Alberto do Nascimento. Qualidade fisiológica de sementes peletizadas de tomate. **Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura**. 29 Actas Portuguesas de Horticultura, Volume único, pg. 375-383. 2018.

SPREY, L. M. (2018). **Qualidade fisiológica de sementes peletizadas de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal)**. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 45p., 2018.

SUINAGA, F. A. Desempenho produtivo de cultivares de alface cresspa / Fábio Akiyoshi Suinaga. – Brasília, DF: **Embrapa**, 2013. 15 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças ; 89). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956025/1/bpd89.pdf> Acessado em: 09 de outubro de 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAVEIRA, J. H. da S.; ATAÍDE, M. V.; ROCHA, M. P.; DE FREITAS, N. F.; PRADO, S. M. A. Importância dos remineralizadores na produção de milho para silagem / Importance of remineralizers in the production of corn for silage. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 24907–24919, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-276. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/26175>. Acesso em: 28 nov. 2024.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântulas na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.90-96, ago. 2007.

VASCONCELOS, A. C. F. de; TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; CAVALCANTE, A. R. **Efeito de vermicomposto enriquecido com MB4 na cultura de rabanete**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC. 2019.

VIAPIANA, Juliane Garlet. **Casca de Sururu na alimentação de codornas de corte**. 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/6486>.

VOSS, M.; BENVENEGÚ, R.C. Faça você mesmo a cola para a peletização de sementes. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2008. 11 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica online, 25). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/852177/1/pci25.pdf>

YURI, J. E.; MOTE, J. H.; DE RESENDE, G. M.; DE SOUZA, R. J. Nutrição e adubação da cultura da alface. **Nutrição e adubação de hortaliças** / Renato de Mello Prado, Arthur Bernardes Cecílio Filho - Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016.