

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

THAÍSE DOS SANTOS BERTO

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES EM SEMENTES DE ALFACE:
APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E
CLUSTERING**

Rio Largo - AL

2025

THAÍSE DOS SANTOS BERTO

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES EM SEMENTES DE ALFACE:
APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E
CLUSTERING**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

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

Coorientador: Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior.

Rio Largo - AL

2025

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

B545a Berto, Thaíse dos Santos.

Avaliação de bioestimulantes em sementes de alface: aplicação de análise de componentes principais e clustering. / Thaíse dos Santos Berto. – 2025.

63f.: il.

Orientador(a): Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo.
Coorientador: João Luciano de Andrade Melo Junior.

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. Algas marinhas. 2. Análise multivariada. 3. Dendrograma. 4. Embebição. 5. Hormônios vegetais. I. Título.

CDU: 631.95

TERMO DE APROVAÇÃO
THAÍSE DOS SANTOS BERTO

**AVALIAÇÃO DE BIOESTIMULANTES EM SEMENTES DE ALFACE:
APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E
CLUSTERING**

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em três de julho 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:

Documento assinado digitalmente
 **LUAN DANILO FERREIRA DE ANDRADE MELO**
Data: 09/07/2025 09:21:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Documento assinado digitalmente
 **EDILMA PEREIRA GONCALVES**
Data: 09/07/2025 10:13:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinadora externa – Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves, Universidade
Federal do Agreste de Pernambuco/UFAPe)

Documento assinado digitalmente
 **JOAO CORREIA DE ARAUJO NETO**
Data: 14/07/2025 12:36:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Dedico

A Deus, pela força que me concedeu e me
sustentou até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, perseverança e fé que me sustentaram ao longo desta jornada acadêmica e pessoal.

À minha família, minha base e maior inspiração, pelo amor incondicional, paciência e apoio constante. Em especial, agradeço aos meus pais, Maria de Fátima dos Santos Berto e Neilson Galdino Berto e irmãs Sara dos Santos Berto e Thainara dos Santos Berto por sempre acreditarem em mim, incentivando-me a seguir em frente e nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu namorado, Keven Willian Sarmento Galdino da Silva, pela paciência, compreensão e por compartilhar comigo cada vitória e dificuldade. Sou grata pelo companheirismo, palavras de encorajamento e força nos momentos mais desafiadores. Sua presença foi essencial para manter meu equilíbrio e determinação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, e coorientador Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior, minha gratidão pelos conhecimentos, orientações, paciência e dedicação ao longo desses anos. O apoio, conselhos e incentivo que me deram foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao Laboratório de Fitotecnia (CECA-UFAL) e a todos que fazem parte dele. Agradeço imensamente pelo apoio e pela presença que foram essenciais para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos professores e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação, com ensinamentos valiosos e apoio ao longo da caminhada.

Aos membros da banca examinadora, agradeço pela disponibilidade, pelas valiosas sugestões e por contribuírem para o aprimoramento deste estudo.

Ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, sou grata pelas oportunidades de aprendizado, crescimento e pelo suporte oferecido.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, essencial para a realização deste trabalho.

RESUMO

A crescente demanda por alimentos saudáveis impulsiona o cultivo da alface, exigindo práticas que garantam produtividade e qualidade. Para isso, é essencial adotar estratégias eficazes desde as fases iniciais do cultivo. Nesse contexto, a embebição de sementes associada ao uso de bioestimulantes vegetais destaca-se por acelerar e uniformizar a germinação, favorecendo o estabelecimento mais vigoroso das plantas. E diante da complexidade dos dados gerados, a análise multivariada tem facilitado a interpretação dos resultados de forma integrada e precisa. Este trabalho teve como objetivos avaliar o potencial fisiológico de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição com bioestimulantes, e aplicar da análise multivariada, por meio da análise de componentes principais (PCA) e dos agrupamentos (dendrograma), visando identificar agrupamentos de tratamentos com respostas fisiológicas semelhantes, permitindo uma classificação mais precisa dos efeitos dos bioestimulantes. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitotecnia (CECA-UFAL) com sementes de alface crespa tratadas com dois bioestimulantes (extrato de alga marinha e hormônios vegetais sintéticos) diluídos em água destilada nas concentrações de 0 (controle), 4, 8, 12 e 16 mL.L⁻¹. As sementes foram embebidas nas soluções pelos períodos de 8 e 16 horas, sendo incubadas em câmara B.O.D. a 20 °C. Avaliaram-se as variáveis: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice de sincronia (ISG), comprimento (SL) e massa seca de plântula (SDM). O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 × 2 (concentrações × períodos), com quatro repetições de 25 sementes. Utilizou-se o *software* RStudio (v. 4.4.1) e os pacotes Easynova, ExpAnalysis3D, GGally e ggplot2. Pelos resultados obtidos, constatou-se que o extrato de algas marinhas foi mais eficaz nas variáveis G e FGC nas sementes de alface com 8 horas de embebição, destacando-se as concentrações de 4 e 16 mL.L⁻¹. Concentrações e tempos elevados prejudicaram a GSI e o AGT. A maior ISG ocorreu com 16 horas nas concentrações de 8 e 12 mL.L⁻¹. Utilizando os dados da matriz de correlação, observou-se que a germinação teve forte correlação com as demais variáveis. Para os hormônios vegetais sintéticos, os melhores resultados de G, GSI e AGT foram obtidos com 4 mL.L⁻¹ por 8 horas. Concentrações extremas e períodos curtos ou longos afetaram negativamente a FGC. A ISG foi maior entre 8 e 16 horas nas concentrações intermediárias. Pela matriz de correlação, constatou-se relações negativas entre algumas variáveis. Pelos dados obtidos da PCA, foi verificado que hormônios vegetais sintéticos a 4 e 12 mL.L⁻¹ e o extrato de algas a 4 mL.L⁻¹ foram mais eficazes. Os resultados para o dendrograma evidenciou que os tratamentos de 4 mL.L⁻¹ dos bioestimulantes por 8 horas apresentaram respostas fisiológicas mais semelhantes entre si, enquanto as concentrações de 8 e 16 mL.L⁻¹ para os hormônios sintéticos demonstraram maior dissimilaridade. Com isso, conclui-se que o período de embebição de 8 horas proporcionou os melhores resultados, independentemente do bioestimulante utilizado. O extrato de algas foi mais eficaz nas concentrações de 4 e 16 mL.L⁻¹, enquanto os hormônios sintéticos se destacaram em 4 e 8 mL.L⁻¹. As análises multivariadas (PCA e dendrograma) foram essenciais para identificar padrões de resposta aos tratamentos mais eficientes.

Palavras-chave: Algas marinhas; Análise multivariada; Dendrograma; Embebição; Hormônios vegetais.

ABSTRACT

The growing demand for healthy foods is driving lettuce cultivation, requiring practices that ensure productivity and quality. To achieve this, it is essential to adopt effective strategies from the initial stages of cultivation. In this context, seed imbibition combined with the use of plant biostimulants stands out for accelerating and standardizing germination, favoring more vigorous plant establishment. Given the complexity of the data generated, multivariate analysis has facilitated interpretation and is essential for interpreting the results in an integrated and accurate manner. This study aimed to evaluate the physiological potential of lettuce seeds subjected to different concentrations and periods of imbibition with biostimulants. It also validated the applicability of multivariate analysis using principal component analysis (PCA) and cluster analysis (dendrogram). This analysis aimed to identify groups of treatments with similar physiological responses and enable a more accurate classification of the effects of biostimulants. The experiments were conducted at the Phytotechnics Laboratory (CECA-UFAL) with crisp lettuce seeds treated with two biostimulants (seaweed extract and synthetic plant hormones) diluted in distilled water at concentrations of 0 (control), 4, 8, 12 and 16 mL.L⁻¹. The seeds were soaked in the solutions for 8 and 16 hours, being incubated in a B.O.D. chamber at 20 °C. The following variables were evaluated: germination (G), first germination count (FGC), germination speed index (GSI), average germination time (AGT), synchrony index (ISG), length (SL) and seedling dry mass (SDM). The design was completely randomized (CRD), in a 5 × 2 factorial scheme (concentrations × periods), with four replicates of 25 seeds. The software RStudio (v. 4.4.1) and the packages Easynova, ExpAnalysis3D, GGally, and ggplot2 were used. The results showed that seaweed extract was most effective in terms of G and GCF in lettuce seeds after 8 hours of imbibition, particularly at concentrations of 4 and 16 mL.L⁻¹. Higher concentrations and times negatively affected GSI and AGT. The highest GSI occurred after 16 hours at concentrations of 8 and 12 mL.L⁻¹. Using the correlation matrix data, it was observed that germination strongly correlated with the other variables. For synthetic plant hormones, the best G, GSI, and AGT results were obtained with 4 mL.L⁻¹ for 8 hours. Extreme concentrations and short or long periods negatively affected GCF. The GBI was higher between 8 and 16 hours at intermediate concentrations. The correlation matrix revealed negative relationships between some variables. PCA data showed that synthetic plant hormones at 4 and 12 mL.L⁻¹ and seaweed extract at 4 mL.L⁻¹ were more effective. The dendrogram results showed that treatments with 4 mL.L⁻¹ of biostimulants for 8 hours presented more similar physiological responses, while concentrations of 8 and 16 mL.L⁻¹ for synthetic hormones demonstrated greater dissimilarity. Therefore, it was concluded that the 8-hour imbibition period provided the best results, regardless of the biostimulant used. The seaweed extract was most effective at concentrations of 4 and 16 mL.L⁻¹, while the synthetic hormones excelled at 4 and 8 mL.L⁻¹. Multivariate analyses (PCA and dendrogram) were essential to identify response patterns and the most effective treatments.

Keywords: Seaweed; Multivariate analysis; Dendrogram; Imbibition; Plant hormones.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Porcentagem de germinação (G) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas. 27
- Figura 2.** Primeira contagem de germinação (FGC) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas. 29
- Figura 3.** Índice de velocidade de germinação (GSI) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas. 30
- Figura 4.** Tempo médio de germinação (AGT) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas. 31
- Figura 5.** Índice de sincronia de germinação (ISG) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas. 31
- Figura 6.** Matriz de correlação entre as variáveis respostas: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) das sementes de alface na concentração de 16 mL de extrato de algas marinhas, no período de 8 horas..... 33
- Figura 7.** Porcentagem de germinação (G) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos..... 35
- Figura 8.** Primeira contagem de germinação (FGC) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos. . 36
- Figura 9.** Índice de velocidade de germinação (GSI) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos. . 37
- Figura 10.** Tempo médio de germinação (AGT) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos. . 38
- Figura 11.** Índice de sincronia de germinação (ISG) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos. . 39
- Figura 12.** Matriz de correlação entre as variáveis respostas: germinação (G), primeira

contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) das sementes de alface na concentração de 16 mL.L⁻¹ de hormônios vegetais sintéticos, no período de 8 horas. 40

Figura 13. Análise dos componentes principais (PCA) da influência dos bioestimulantes vegetais e das concentrações nas variáveis: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) de sementes de alface, no período de embebição de 8 horas..... 42

Figura 14. Dendrograma dos dados obtidos das variáveis: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) de sementes de alface sobre as concentrações e bioestimulantes, no período de embebição de 8 horas. 45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Informações sobre a origem e importância da alface.....	13
2.2	Parâmetros agronômicos da cultura da alface.....	14
2.3	Bioestimulantes	16
2.3.1	Bioestimulante de algas marinhas	17
2.3.2	Bioestimulante de hormônios vegetais sintéticos	18
2.4	Embebição de sementes como técnica para otimizar a germinação	20
2.5	Análise Multivariada	21
2.5.1	Análise de agrupamentos	21
2.5.2	Análise dos componentes principais.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Local do experimento	24
3.2	Delineamento experimental	24
3.3	Cultivar e bioestimulantes utilizados	24
3.4	Tratamento e avaliação do potencial fisiológico	24
3.5	Variáveis analisadas juntamente com teste de germinação	25
3.5.1	Germinação.....	25
3.5.2	Primeira contagem de germinação	25
3.5.3	Índice de Velocidade de Germinação	25
3.5.4	Tempo médio de germinação.....	25
3.5.5	Índice de sincronia das germinações:	25
3.6	Variáveis analisadas ao final do teste de germinação	26
3.6.1	Comprimento de plântulas.....	26
3.6.2	Massa seca de plântulas	26
3.7	Análise estatística.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1	Influência do tempo de embebição e das concentrações do bioestimulante de extrato de algas marinhas nas sementes de alface	27
4.2	Influência do tempo de embebição e das concentrações do bioestimulante de hormônios vegetais sintéticos nas sementes de alface.....	34
4.3	Análise dos componentes principais (PCA) e uso do dendrograma na validação da eficiência dos bioestimulantes.....	41
5	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

O cultivo comercial de hortaliças é uma atividade consolidada e em constante expansão em nível global. Esse crescimento se deve não apenas ao aumento populacional, mas também às mudanças nos hábitos alimentares da população, que tem priorizado dietas mais saudáveis e ricas nutricionalmente (SOUZA; ALVES; MARANHO, 2020). Diante desse cenário, a demanda por hortaliças tende a crescer continuamente, impulsionando a necessidade de aumento na produção, e entre as hortaliças de maior destaque neste setor, está a alface, considerada a folhosa mais cultivada e consumida no mundo (PAIM et al., 2020).

Seu destaque se deve, em função do seu valor nutricional (ROMAGNA et al., 2019) e ao baixo custo de produção que gera alta rentabilidade sem a necessidade de grandes áreas cultiváveis. Apesar de ser cultivada em todas as regiões do Brasil, tanto em sistemas intensivos com uso de tecnologias quanto em sistemas extensivos de menor nível tecnológico (BARROS; CALVACANTE, 2021), a produtividade da alface depende de diversos fatores, especialmente por se tratar de uma cultura altamente sensível às condições climáticas adversas, que podem comprometer seu desenvolvimento (BRZEZINSKI et al., 2017). Entre os fatores que contribuem para assegurar o bom desempenho da cultura, está a utilização de sementes de alta qualidade física, fisiológica, genética e sanitária capazes de proporcionar adequado estabelecimento da cultura no campo (BINSFELD et al., 2014).

Nesse contexto, o tratamento de sementes surge como uma estratégia importante para preservar e melhorar a qualidade fisiológica das sementes (AMARO et al., 2020), influenciando diretamente a germinação, que é uma etapa crucial para o sucesso no estabelecimento da cultura. Logo, uma germinação rápida e uniforme é altamente desejável, pois minimiza o tempo de exposição das sementes a fatores ambientais adversos, o que favorece o estabelecimento e o desenvolvimento vigoroso das plantas (ABREU et al., 2020; WYLOT et al., 2019).

Diante disso, a embebição de sementes tem se mostrado uma estratégia promissora para a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas (CAÇULA, et al., 2022). E quando os bioestimulantes são agregados seus efeitos são potencializados, devido a atuação como moduladores metabólicos, influenciando a germinação e beneficiando o vigor das sementes. Entretanto, a resposta à aplicação dos bioestimulantes está condicionada a diversos fatores, entre os quais podem variar significativamente entre

espécies (VENDRUSCOLO et al., 2016a) assim como, sua composição e os teores das substâncias presentes nas soluções utilizadas (NETTA et al., 2022).

E com o avanço das pesquisas científicas e o aumento da complexidade e do número de variáveis analisadas em experimentos agrícolas, torna-se essencial o uso de métodos estatísticos mais eficientes na interpretação dos resultados. Nesse sentido, as análises multivariadas assumem papel fundamental, otimizando a interpretação dos resultados e superando as limitações da estatística univariada, cuja aplicação se torna cada vez mais complexa à medida que o número de variáveis aumenta (CASTRO et al., 2013).

Assim, o uso dessas técnicas não apenas preserva as informações individuais de cada variável, como também revela as relações existentes entre elas, permitindo uma compreensão mais clara e eficiente dos padrões presentes nos dados analisados (BARBOSA et al., 2013; MACHADO et al., 2019; VICINI et al., 2018). E dentre os principais métodos da análise multivariada, destacam-se a análise de componentes principais (PCA), cuja finalidade é reduzir a dimensionalidade dos dados (HONGYU et al., 2016) e a análise de agrupamento, que visa identificar grupos homogêneos com base nas similaridades ou dissimilaridades entre os dados, sendo o dendrograma um dos recursos mais utilizados nesse processo (CORDOBA, 2017; JESUS, 2024).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos: (a) avaliar o potencial fisiológico de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição com bioestimulantes à base de extrato de algas marinhas e hormônios vegetais sintéticos; e (b) aplicar a análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamento (dendrograma) para classificar os tratamentos com base nas respostas fisiológicas semelhantes das sementes de alface.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Informações sobre a origem e importância da alface

Originária da região mediterrânea, a alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à classe Magnoliopsida, ordem Asterales, família Asteraceae e ao gênero *Lactuca*, o qual compreende mais de 100 espécies, sendo essa hortaliça domesticada a partir da espécie selvagem *Lactuca serriola* (SOUSA; LEÃO; LIMA, 2024). Com consumo que remonta a aproximadamente 4500 a. C. (RODRIGUES; ARAGÃO, 2024).

Com o passar dos séculos, o cultivo da alface expandiu-se para diversas regiões do mundo, chegando ao continente americano no século XV por meio das expedições de Cristóvão Colombo, o que marcou o início de sua disseminação nas Américas. No Brasil, foi introduzida pelos colonizadores portugueses no século XVI (ZACARIAS, 2023). E a partir de então, passou a ser gradualmente incorporada à base alimentar da população.

Por ser uma cultura de fácil manejo e ciclo curto, a alface permite uma produção contínua ao longo do ano, o que garante um retorno financeiro rápido, tornando-se um cultivo agrícola economicamente vantajoso (MOURA et al., 2020). Nesse contexto, a alface se destaca com grande importância na economia mundial, estando na sexta posição do ranque em relação a sua produção (DEMARTELAERE et al., 2020) e como a terceira mais produzida no Brasil, estando entre uma das culturas de maior relevância do setor de hortícolas (YOKORO; PEREIRA, 2020), ocupando a maior área cultivada, representando aproximadamente 50% do total, de acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2020).

A produção anual de alface no país movimenta, em média, cerca de 8 bilhões de reais no varejo, com um volume aproximado de 1,5 milhão de toneladas (MARJOTTA-MAISTRO et al., 2021). Concentrando-se principalmente nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para os estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais (KIST; BELING, 2023). No Nordeste, o cultivo ocorre, sobretudo, em pequenas propriedades rurais, onde predomina a mão de obra familiar, desempenhando um papel essencial na fixação do homem no campo (SOUZA et al., 2018).

O padrão de consumo ocorre principalmente *in natura*, agregando-se em saladas (CELESTRINO et al., 2017), assim como em sucos e em sanduíches, já que, apresenta boas quantidades de vitaminas A, B e C, e de nutrientes que auxiliam na manutenção e melhoria da saúde, além de ser fonte rica em água (94–95%), como também apresenta baixo valor calórico (MILHOMENS et al., 2015; SHI et al., 2022; SOUSA, 2024; PINTO

JÚNIOR et al., 2024). Conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2022), para cada 100g de alface crua consumida, corresponde apenas 8 calorias. Além dos benefícios já citados, a alface ainda é conhecida por suas funções calmantes, diuréticas e laxantes, por serem boas fontes de fibras alimentares (PINTO JÚNIOR et al., 2024).

Ao longo dos anos, o processo de seleção genética promoveu alterações significativas em diversas características da alface, como o tamanho, forma, coloração, textura e o sabor das folhas. Além disso, essa seleção conferiu maior resistência a doenças e melhor adaptação da cultura a diferentes regiões geográficas e condições ambientais (FARGONI, 2025; FAQUEZI, 2024).

Como resultado, atualmente há uma ampla diversidade de cultivares disponíveis no mercado, e entre essas variedades, a alface crespa destaca-se como a mais apreciada pelos brasileiros, sendo a mais relevante em termos de consumo e valor de mercado, com cerca de 70% da preferência dos consumidores, seguida pelas variedades americana, lisa e romana (ALBUQUERQUE et al., 2022; RESENDE; YURI; COSTA, 2018).

2.2 Parâmetros agronômicos da cultura da alface

A alface é uma planta herbácea, autógama e monoica, com ciclo anual ou perene, caracterizada por um sistema radicular superficial e pouco ramificado. Suas folhas amplas estão dispostas em forma de roseta ao redor da base da planta (PRADO et al., 2025). Essas folhas podem apresentar diferentes características morfológicas, como superfície lisa ou crespa, formação ou não de “cabeça” e coloração variável, abrangendo diferentes tonalidades de verde e roxo (FARGONI, 2025; FAVARATO; BALBINO, 2022a).

Conforme Maldonade et al. (2014), o ciclo completo da alface pode variar de acordo com a cultivar de 130 a 230 dias, abrangendo etapas como a produção de mudas (30 a 35 dias), desenvolvimento vegetativo (35 a 90 dias), pendoamento (90 a 110 dias), florescimento (110 a 130 dias) e produção de sementes (130 a 230 dias). No entanto, para cultivos comerciais onde a fase de maior interesse econômico é a colheita das folhas, a duração é reduzida para 50 a 90 dias (SILVA et al., 2023).

Dessa forma, a escolha da cultivar é um fator determinante no ciclo de cultivo da alface, pois influencia diretamente sua duração e desenvolvimento (SOUSA, 2024), visto que, cada cultivar apresenta particularidades que afetam sua adaptação e desempenho ao longo do ciclo. Fatores ambientais como temperatura, tipo de solo, luminosidade e

umidade desempenham um papel decisivo, interferindo diretamente no desenvolvimento da cultura e, consequentemente, em sua produtividade (HASEGAWA et al., 2023).

A temperatura exerce um papel crucial na germinação da alface, influenciando diretamente a difusão da água durante a embebição e a atividade enzimática responsável pelas reações bioquímicas essenciais ao processo germinativo (VIEIRA; CARVALHO, 2023). A faixa ideal para a germinação da alface está em torno de 20 °C (BRASIL, 2025), em temperaturas de 25 °C ou mais algumas cultivares apresentam dificuldades para germinação e quando expostas a 35 °C ou mais, a germinação é completamente inibida (DANIEL, 2024).

Além disso, temperaturas elevadas podem acelerar o ciclo da cultura, comprometendo sua qualidade e resultando no alongamento do caule, além de induzir a floração precoce, o que confere sabor amargo às folhas e as torna impróprias para comercialização (MARJOTTA-MAISTRO et al., 2021; MARCHETTI, 2022). Por outro lado, temperaturas muito baixas também afetam negativamente a alface, reduzindo seu crescimento (FAVARATO; GUARÇONI; SIQUEIRA, 2017).

Em geral, as cultivares de alface apresentam um bom desenvolvimento em temperaturas em torno de 15 a 20 °C (FERREIRA, 2024). Atrelado a isso, a alface possui certa capacidade de adaptação a condições de baixa radiação solar, mas seu crescimento e desenvolvimento são diretamente influenciados pela intensidade luminosa (ALMEIDA, 2021).

No que diz respeito ao solo, a alface apresenta melhor desempenho em solos de textura média, ricos em matéria orgânica, bem drenados, com boa disponibilidade de nutrientes nas camadas superficiais, pH entre 6,0 e 6,8 e saturação por base de no mínimo 70% (FAVARATO; BALBINO, 2022b; COSTA JÚNIOR, 2017). Além disso, é altamente exigente em nutrientes, destacando-se a necessidade de potássio, nitrogênio, cálcio e fósforo para seu adequado crescimento e produção (BESERRA, 2021).

Em relação a umidade relativa, a alface cresce melhor entre 60% e 80%. Acima disso, o acúmulo de água favorece o surgimento de doenças, prejudicando a qualidade. Abaixo de 60%, há maior perda de água, causando murchamento das folhas (SILVA et al., 2023).

Quanto à demanda hídrica, a alface está entre as hortaliças de maior exigência para o seu desenvolvimento e produtividade. E para suprir essa demanda, os métodos de irrigação mais utilizados são por aspersão e a irrigação localizada (SILVA et al., 2023). A irrigação por aspersão consiste na aplicação de água ao solo por meio de jatos

pressurizados, que são pulverizados no ar, simulando a precipitação natural. Já a irrigação localizada, como o gotejamento que operam sob baixa pressão, direciona a água diretamente para a zona radicular da planta, garantindo um suprimento hídrico eficiente e reduzindo perdas por evaporação e escoamento superficial (FAVARATO; GUARÇONI, 2022).

Referente ao sistema de produção da alface pode ser tanto convencional ou orgânico, sendo diretamente no solo ou com a utilização de cobertura de plástico (*mulching*) em céu aberto ou protegido, hidropônico utilizando solução nutritiva, que substitui o solo e semi-hidropônico que faz uso de substrato e da solução nutritiva (CHESINI, 2023; RUIZ; SOUZA; SABBAG, 2019; MENDES et al., 2021).

As exigências edafoclimáticas, aliadas à variabilidade climática do Brasil, frequentemente instável e imprevisível, representam um grande desafio para a agricultura, especialmente para culturas de ciclo curto, como a alface (TOMIO et al., 2021). Por isso, a adoção de técnicas e práticas adequadas de manejo são essenciais para o sucesso da produção.

2.3 Bioestimulantes

Os bioestimulantes são substâncias sintéticas, naturais e/ou microrganismos que favorecem a absorção e a eficiência dos nutrientes, promovendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas, resultando no aumento da produtividade (FRASCA et al., 2020). Além de sua forma pura, os bioestimulantes podem ser comercializados como misturas com outros compostos, tais como aminoácidos, vitaminas, sais minerais e nutrientes (SANTINI et al., 2015). Sendo disponíveis nas formas de pó solúvel, granulado ou líquido (MA; FREITAS; DIAS, 2022).

O uso de bioestimulantes na agricultura tem se consolidado como uma estratégia complementar ou suplementar para atender às exigências das culturas. Considerados como alternativas mais acessíveis e sustentáveis, os bioestimulantes atuam tanto como fonte de nutrientes quanto como promotores do crescimento vegetal, contribuindo para a redução do impacto ambiental (ZANDONADI, 2018). Sua aplicação pode ocorrer de diversas formas, incluindo o tratamento de sementes, a aplicação no sulco de plantio, a aplicação localizada no colo da planta e a pulverização foliar (AREJANO et al., 2022).

São responsáveis por promover efeitos significativos no desenvolvimento das plantas, os bioestimulantes podem influenciar nos processos fisiológicos e morfológicos essenciais, estimulando o crescimento e o desenvolvimento de plantas mais vigorosas

(AUGUSTO, 2022), já que, atuam na divisão celular, alongamento foliar, síntese de vitaminas, clorofila, fotossíntese, diferenciação das gemas florais, fixação e o crescimento dos frutos, contribuindo diretamente para o desenvolvimento das culturas (ESPINOSA-ANTÓN; HERNÁNDEZ-HERRERA; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, 2020; MONTEIRO, 2024; SILVA et al., 2016). Além de influenciar nas respostas das plantas aos fatores ambientais, como temperatura extrema, seca ou umidade excessiva (CARVALHO, 2023).

Considerando esse cenário, destaca-se a ampla diversidade de bioestimulantes disponíveis, os quais podem ser formulados a partir de aminoácidos, substâncias derivadas de ácidos húmicos e fúlvicos, extratos de algas marinhas ou compostos contendo hormônios vegetais sintéticos, como auxinas, citocininas e giberelinas (CAVALCANTE et al., 2020; GALINDO et al., 2019). Entre esses, os extratos de algas e os hormônios sintéticos vêm ganhando notoriedade devido aos seus benefícios, especialmente por sua eficácia em promover melhorias na fisiologia vegetal.

2.3.1 Bioestimulante de algas marinhas

Desde a antiguidade, as algas marinhas são utilizadas pela humanidade, inicialmente como alimento (AGUIAR et al., 2021) e posteriormente, na agricultura. Civilizações antigas, como os romanos, que de forma empírica identificaram seu potencial como fertilizante natural, através da aplicação direta no solo (EL BOUKHARI et al., 2020; BATTACHARYYA et al., 2015). Esse uso tradicional evoluiu significativamente a partir de 1947, com o desenvolvimento do primeiro extrato líquido à base de algas marinhas, dando início a industrialização desses produtos, como também impulsionando seu uso em diferentes setores, como farmacêutico, cosmético, alimentar, agrícola e na produção de corantes (MENDES et al., 2022).

Com o avanço tecnológico e o maior entendimento sobre os benefícios das algas, seus extratos passaram a ser amplamente reconhecidos como bioestimulantes eficazes, capazes de promover o crescimento vegetal, estimular a floração, aumentar a produtividade e aprimorar a qualidade nutricional das culturas, mesmo quando aplicados em baixas concentrações (BATTACHARYYA et al., 2015). Além disso, apresentam dois tipos de metabólitos, os primários, que desempenham funções essenciais e estão amplamente distribuídos, e secundários, relacionados às estratégias de defesa do organismo (OTA, 2021). E ao contrário dos fertilizantes químicos, os bioestimulantes à base de algas são biodegradáveis, não tóxicos e oriundos de fontes renováveis, o que os torna aliados importantes em programas de manejo sustentável (RENAUT et al., 2019).

E para compreender melhor sua aplicação, é importante considerar a diversidade das algas, que de acordo com Vasconcelos, Araújo e Santana (2015), as algas marinhas podem ser classificadas principalmente com base em seus pigmentos em algas vermelhas (*Rhodophyta*), marrons (*Phaeophyta*) e verdes (*Chlorophyta*) (KHAN; SHIN; KIM, 2018). Como também pelo tamanho em macroalgas e microalgas (MORCELLI, 2021).

No setor agrícola são utilizadas diversas espécies de algas marinhas, entre as espécies mais utilizadas na agricultura destaca-se a *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, pertencente ao grupo das algas marrons e principal fonte do primeiro extrato líquido comercializado (SHAKYA, 2023). Outras espécies comumente exploradas incluem *Laminaria spp.*, *Ecklonia máxima*, *Sargassum spp.* e *Durvillaea spp.* (GALVÃO, 2019), além de representantes de outras classes, como *Fucus serratus*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha intestinalis* e *Kappaphycus alvarezii*, que vêm sendo estudadas por seu potencial agrícola (COSTA, 2015). Sendo a *Kappaphycus alvarezii*, uma alga vermelha que vem ganhando destaque como uma fonte promissora de compostos bioativos com potencial para o aumento da produtividade e a qualidade das culturas, além de induzir a resistência a patógenos e a estresses abióticos (NUNES et al., 2024).

Os bioestimulantes derivados dessas algas apresentam composição variável, dependendo da espécie de origem (SHUKLA et al., 2019). De modo geral, esses produtos contêm macro e micronutrientes, aminoácidos, vitaminas e fitohormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, todos elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas (HAMED et al., 2018; KOCIRA et al., 2020; BARBOSA, 2021).

A aplicação desses bioestimulantes tem demonstrado efeitos benéficos no desenvolvimento morfológico, fisiológico e bioquímico em várias culturas hortícolas, entre elas alface (DI MOLA et al., 2019; RAMOS et al., 2025), tomate (CARVALHO et al., 2024) e pimentão (MELO et al., 2020). Apesar dos benefícios comprovados, os mecanismos de ação ainda não são completamente elucidados, em função da complexidade e diversidade dos compostos presentes nos extratos (VAN OOSTEN et al., 2017).

2.3.2 Bioestimulante de hormônios vegetais sintéticos

Esses produtos contêm substâncias de crescimento vegetal, que podem agir de forma isolada ou combinada, promovendo alterações em diversos processos fisiológicos e morfológicos (ÁVILA et al., 2016; ALMEIDA; RODRIGUES, 2016). Esses compostos são sintetizados em uma parte da planta e transportados para outra, onde, mesmo em

baixas concentrações, desencadeiam respostas fisiológicas, promovendo ou inibindo processos naturais do desenvolvimento vegetal (BESERRA, 2021).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são regulados por cinco principais classes de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (PETRI et al., 2016). Entre esses, as auxinas, giberelinas e citocininas são amplamente utilizadas na formulação de bioestimulantes, sendo o Stimulate® um dos mais relevantes à base desses fitohormônios.

Entre os benefícios relatados estão a aceleração da germinação, o aumento da resistência a doenças e um crescimento mais vigoroso das plantas. Conforme Rodrigues, Souza e Rodrigues (2024), as auxinas destacam-se pela capacidade de estimular o alongamento celular, além de desempenharem um papel fundamental na formação inicial das raízes, diferenciação vascular, desenvolvimento de gemas axilares, flores e frutos, além de influenciar o tropismo.

As giberelinas, especialmente o ácido giberélico (GA_3), são frequentemente utilizadas para facilitar a germinação e promover uma produção mais uniforme. Essas substâncias desempenham um papel crucial na ativação do crescimento vegetativo do embrião, enfraquecendo o endosperma que o envolve e limita sua expansão (TAIZ et al., 2017). O ácido giberélico também estimula a germinação, favorece o alongamento das raízes primárias, acelera a velocidade de emergência e aumenta o vigor das sementes (SANTOS; NASCIMENTO, 2024).

Já as citocininas são fitohormônios diretamente relacionados ao crescimento vegetal por meio da divisão celular (citocinese). Esse composto exerce diversos efeitos fisiológicos, incluindo a promoção da divisão celular, o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, a germinação de sementes e a quebra da dormência das gemas (MAZETO, 2023).

Esses hormônios atuam em conjunto, estimulando a divisão, diferenciação e alongamento celular, o que favorece a absorção e o aproveitamento de nutrientes pelas plantas, promovendo um crescimento mais eficiente e equilibrado (GONÇALVES et al., 2018). Segundo Cunha et al. (2016) e Souza et al. (2023), a composição, concentração e proporção das substâncias presentes nos bioestimulantes podem intensificar o desenvolvimento inicial das plantas, fortalecendo o sistema radicular, otimizando a captação de água e nutrientes e, conseqüentemente, aprimorando o desempenho fisiológico das culturas.

No contexto da germinação, esses produtos têm demonstrado efeitos positivos,

acelerando a germinação/emergência das plântulas e aumentando o vigor das sementes de diversas culturas (ARAÚJO NETO et al., 2018) como a amendoim (Oliveira et al., 2020), cenoura (GUIRRA et al., 2023), milho (MARCATO et al., 2021), rúcula (Silva et al., 2017), soja (MUNIZ; SILVA, 2020), dentre outras.

2.4 Embebição de sementes como técnica para otimizar a germinação

Diversas técnicas são amplamente utilizadas para potencializar o vigor das sementes em culturas hortícolas (SILVA et al., 2020). Esses métodos têm como objetivo reduzir o tempo de germinação/emergência, garantindo mais uniforme e aumento da taxa de plântulas viáveis, resultando em um *stand* mais vigoroso e produtivo no campo (REIS et al., 2014).

Dentre essas técnicas, destaca-se a embebição/absorção das sementes, que é um processo no qual, ocorre a reidratação dos tecidos desencadeando a intensificação das atividades metabólicas essenciais à germinação. De modo geral, a germinação ocorre em três fases, seguindo um padrão trifásico. Na Fase I, há uma rápida absorção de água, reativando o metabolismo da semente. A Fase II é caracterizada pela estabilização da absorção hídrica, período no qual ocorre a degradação das substâncias de reserva para sustentar o crescimento do embrião. Por fim, na Fase III, a semente retoma a absorção de água, culminando na protrusão radicular e no desenvolvimento da plântula (PERIN et al., 2016; GUOLLO et al., 2018).

Segundo Silva, Almeida e Queiroga (2014), a entrada de água, na Fase I, desempenha duas funções principais: uma física, ao provocar a expansão da semente e o rompimento do tegumento, facilitando a manifestação das estruturas internas; e outra química, ao promover a hidrólise das reservas nutricionais, garantindo a disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento do embrião.

Além disso, conforme Vieira e Carvalho (2023), a embebição ativa a produção de hormônios fundamentais, como giberelina, auxina e citocinina, além de estimular a formação de substratos essenciais, como açúcares simples, aminoácidos e ácidos graxos. Esses compostos são cruciais para a respiração celular, fornecendo a energia necessária para o crescimento e desenvolvimento do embrião.

A embebição das sementes tem se mostrado uma tecnologia promissora para diversas espécies, uma vez que, potencializa as variáveis relacionadas à germinação, promovendo maior uniformidade e velocidade na emergência das plântulas (DIAS et al., 2024). No entanto, quando esse processo ocorre de forma muito abrupta, pode

comprometer a germinação ao dificultar a difusão de oxigênio e reduzir a atividade metabólica, o que pode retardar ou até mesmo causar sua inibição (LOUZANO et al., 2018). Os efeitos e a velocidade de absorção de água variam entre as espécies, sendo fortemente influenciados pela composição química das sementes e pela permeabilidade do tegumento (BONIFÁCIO, 2022). Sendo assim, para a obtenção de respostas eficientes, são necessários ajustes específicos para cada espécie, acompanhados de uma avaliação criteriosa de seus resultados.

2.5 Análise Multivariada

A análise multivariada compreende um conjunto de técnicas estatísticas voltadas à interpretação simultânea de múltiplos atributos, indivíduos ou objetos em estudo, sendo caracterizada pela avaliação conjunta de mais de duas variáveis (HAIR et al., 2010). Esse tipo de análise permite descrever o perfil comportamental de um grupo exposto a um determinado fenômeno, considerando não apenas cada variável isoladamente, mas também suas interações, o que proporciona uma compreensão mais aprofundada e detalhada dos padrões observados, ao transformar informações de múltiplas dimensões (m-dimensionais) em representações tridimensionais ou bidimensionais (CAMARGOS, 2017). Possibilitando identificar padrões atípicos ou comportamentos inesperados (*outliers*), que poderiam passar despercebidos em análises univariada (CAMPOS; BRUNI; MARTINIS, 2015).

Arelado a isso, a análise multivariada possibilita a simplificação e integração de grandes volumes de dados, favorecendo a interpretação dos resultados. Essa capacidade foi significativamente ampliada devido ao avanço tecnológico e a popularização dos computadores, que permitiram o processamento simultâneo de múltiplas informações, o que tornou essas técnicas mais acessíveis e aplicáveis em diferentes contextos de pesquisa (VICINI et al., 2018). E dentre essa análise podemos destacar a análise de agrupamentos e de componentes principais (PCA).

2.5.1 Análise de agrupamentos

A análise de agrupamento, ou *clustering*, refere-se a um conjunto de técnicas computacionais cujo objetivo é organizar objetos em grupos com base em suas características (OLIVEIRA, 2022). Essa abordagem é uma ferramenta útil para a análise de dados em diversas situações, permitindo, por exemplo, a redução da dimensão de um conjunto de dados ao representar muitos objetos por meio das informações.

A partir das similaridades observadas nos dados, os *clusters* são formados com base nas interações entre as variáveis analisadas (ZOLFAGHARI et al., 2019). Essa técnica estatística permite identificar grupos homogêneos dentro de um conjunto de dados, contribuindo para a identificação de tendências e padrões relevantes. Segundo Lemenkova (2020), o *clustering* aplica algoritmos de classificação para segmentar grandes volumes de dados em subgrupos com valores similares, facilitando assim, a visualização e a interpretação das informações, especialmente em contextos com múltiplas variáveis.

Esse tipo de agrupamento pode ser representado graficamente por uma árvore hierárquica, denominada dendrograma, que consiste em um gráfico em forma de árvore. Essa representação visual facilita a classificação, comparação e análise de agrupamentos com base em múltiplas variáveis. Dependendo do objetivo da análise, o dendrograma pode ser disposto tanto na horizontal quanto na vertical. De modo geral, caracteriza-se como uma ferramenta útil para evidenciar similaridades entre os dados, agrupando-os em *clusters* de acordo com suas características comuns (MENDES, 2017).

Além disso, para se obter uma melhor apresentação dos dados na figura do dendrograma, pode ser utilizado o mapa de calor com a função *heatmap* no *software* R, onde, os valores (variáveis) que apresentarem similaridade e dissimilaridade em uma matriz são representados por certos tons de cores. E o método usado para calcular a distância dos valores é o *distfun* no *software* R para dissimilaridade entre linhas e colunas, e *hclustfun* para a similaridade ou agrupamento hierárquico (ZHANG et al., 2017).

2.5.2 Análise dos componentes principais

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica da estatística multivariada utilizada para o reconhecimento de padrões de forma não supervisionada, ou seja, não requer classificações ou rótulos prévios das amostras, operando diretamente sobre os dados brutos (VALDERRAMA et al., 2016).

Essa técnica transforma um conjunto de variáveis correlacionadas em um novo conjunto de variáveis independentes, denominadas componentes principais (VARELLA, 2008). Cada componente principal retém uma porcentagem da variância total dos dados originais, sendo extraído de forma sequencial, do mais ao menos explicativo. O primeiro componente principal (CP1) concentra a maior parte da variância, seguido pelo segundo componente (CP2), que retém a segunda maior parcela da variância, e assim sucessivamente. Dessa forma, os primeiros componentes geralmente explicam a maior

parte da variabilidade presente no conjunto de dados, o que permite representar a estrutura dos dados com um número reduzido de componentes em relação ao número total de variáveis analisadas (GOMES, 2023).

Com isso, a PCA permite identificar agrupamentos, tendências e semelhanças entre os tratamentos e as variáveis avaliadas, tendo como principal objetivo a redução da dimensionalidade dos dados, sem perda significativa de informação. E ao simplificar a estrutura dos dados, essa abordagem facilita sua interpretação, tornando mais clara a relação entre as variáveis envolvidas (JOLLIFFE; CADIMA, 2016).

Além disso, os gráficos gerados, conhecidos como *biplots*, representam simultaneamente as amostras e as variáveis, permitindo visualizar de forma integrada quais características exercem maior influência na separação dos tratamentos e como esses se comportam frente às variáveis analisadas, conforme relatado por Van Der Westhuizen et al. (2024). Segundo os autores, um *biplot* é composto por pontos e vetores: os pontos representam as observações e indicam o grau de similaridade entre elas no conjunto de dados, quanto mais próximos estiverem no gráfico, mais semelhantes são no conjunto original, enquanto os vetores representam as variáveis e funcionam como eixos em um espaço bidimensional, possibilitando a interpretação dos dados pela projeção perpendicular dos pontos sobre esses vetores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia, pertencente ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo, Alagoas, Brasil.

3.2 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), seguindo esquema fatorial 5×2 , correspondendo a cinco concentrações de bioestimulante por dois tempos de embebição das sementes. Sendo esse esquema realizado para cada bioestimulante utilizado, totalizando 10 tratamentos, com quatro repetições de 25 sementes cada, resultando em 40 parcelas experimentais por bioestimulante.

3.3 Cultivar e bioestimulantes utilizados

Foram utilizadas sementes de alface crespa orgânica da variedade Moana, da marca ISLA Sementes LTDA, da safra 2022.

Os bioestimulantes avaliados foram:

- (1) extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*)
- (2) hormônios vegetais sintéticos (giberelina, auxina e citocininas).

3.4 Tratamento e avaliação do potencial fisiológico

Os bioestimulantes foram diluídos em água destilada nas doses de 0 (testemunha, contendo apenas água destilada), 4, 8, 12 e 16 mL.L⁻¹. As sementes de alface foram submetidas à embebição nas respectivas soluções conforme cada tratamento, por dois períodos distintos: 8 e 16 horas em temperatura ambiente. Após a embebição, as sementes foram distribuídas de forma equidistante entre folhas de papel de germinação, dispostas em caixas plásticas transparentes (gerbox), previamente forradas e umedecidas com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Posteriormente, o material foi acondicionado em uma câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), regulada na temperatura constante de 20 °C (BRASIL, 2025).

As contagens foram realizadas a partir do quarto dia após a instalação do teste

durante sete dias, considerando-se germinadas as sementes que formaram plântulas normais (BRASIL, 2025).

3.5 Variáveis analisadas juntamente com teste de germinação

3.5.1 Germinação

Calculado pela fórmula: $gi = (\sum_{k=1}^i ni/N) \times 100$, 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).

3.5.2 Primeira contagem de germinação

Foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas a partir do quarto dia após a instalação dos testes. Foi determinado baseando-se na fórmula descrita por Sales et al. (2015): $PC = (GP/NS) \times 100$, onde: GP é número de sementes germinadas no primeiro dia e NS é o número total de sementes colocadas para germinar.

3.5.3 Índice de Velocidade de Germinação

Foi realizado com base na fórmula proposta por Maguire (1962), considerando a soma do número de plântulas normais germinadas a cada dia ($G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$), dividida pelo respectivo número de dias decorridos ($N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$) entre a semeadura e a germinação.

3.5.4 Tempo médio de germinação

Obtido através da fórmula $t = \sum_{k=1}^i (n_i t_i) / \sum_{k=1}^i n_i$, sendo o t_i o tempo do início do experimento até o i enésima observação (dias ou horas); o n_i representa o número de sementes germinadas no tempo i (número correspondente o i enésima observação); k corresponde ao último dia da germinação (CZABATOR, 1962).

3.5.5 Índice de sincronia das germinações:

Foi usado a fórmula $Z = \sum C_{n1,2} / N \approx C_{n1,2} = n_i(n_i - 1) / 2$; $N = \sum n_i(\sum n_i - 1) / 2$, onde $C_{n1,2}$ a combinação das sementes germinadas no i enésima tempo e n_i o número de sementes germinadas no tempo i (PRIMACK, 1980).

3.6 Variáveis analisadas ao final do teste de germinação

3.6.1 Comprimento de plântulas

Realizado após o teste de germinação, envolve a mensuração das plântulas obtidas de cada tratamento com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados obtidos através das médias de cada repetição expressos em mm/plântula.

3.6.2 Massa seca de plântulas

Após a medição do comprimento, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e submetidas à estufa de circulação forçada a 80 °C por 24 horas, conforme a metodologia descrita por Nakagawa (1999). Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa, transferidas para dessecadores com sílica gel e pesadas em balança de precisão de 0,0001 g. Os resultados foram expressos em mg/plântula.

3.7 Análise estatística

Os dados experimentais foram organizados em planilhas do Excel e analisados no software RStudio® (versão 4.4.1), utilizando os pacotes Easynova (ARNHOLD, 2024), ExpAnalysis3D (AZEVEDO, 2023), GGally (SCHLOERKE et al., 2024) e ggplot2 (WICKHAM et al., 2025). A análise estatística incluiu a exploração gráfica dos resultados por meio de mapas de calor (*heatmaps*), visando à visualização das respostas fisiológicas das sementes em função das concentrações e períodos de embebição. Foram ainda aplicadas técnicas de análise multivariada, incluindo a análise de componentes principais (PCA), empregada para a redução da dimensionalidade e identificação das variáveis com maior contribuição para a variância total, e a análise de agrupamento hierárquico, representada graficamente por dendrograma e matriz de similaridade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Influência do tempo de embebição e das concentrações do bioestimulante de extrato de algas marinhas nas sementes de alface

As Figuras são apresentadas por gráficos de contorno com *heatmap* (mapas de calor), nos quais a intensidade das cores permite identificar os valores apresentados. Dessa forma, tons mais escuros indicam os valores mais altos para a variável analisada, ou seja, quanto mais escuro, melhor foi o resultado obtido. Por outro lado, tons mais claros representam os valores mais baixos, indicando resultados inferiores. Essa lógica, no entanto, não se aplica ao tempo médio de germinação, que segue uma interpretação inversa.

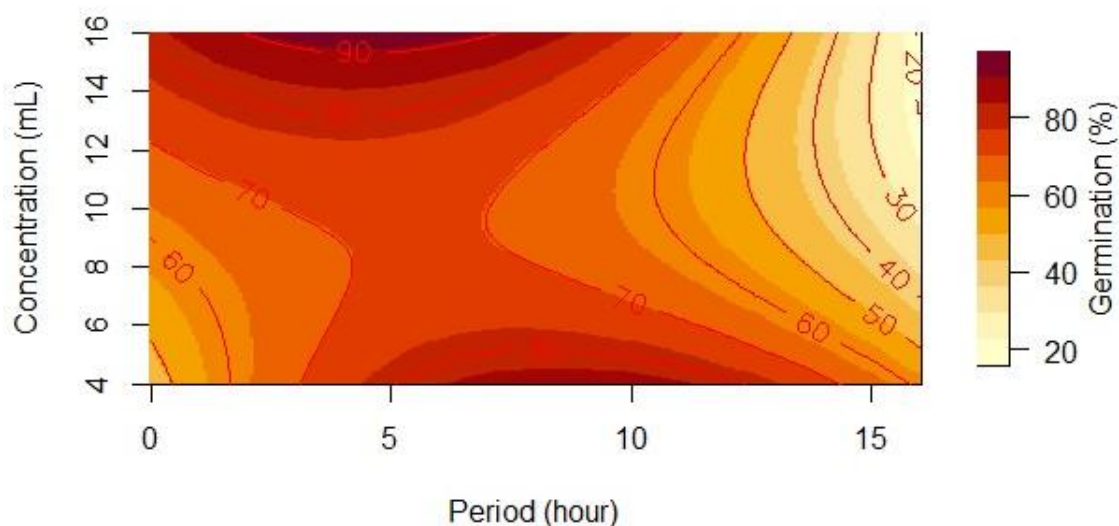
Assim, podemos observar para os resultados obtidos da germinação com extratos de algas marinhas (Figura 1), que os tons mais escuros estão concentrados no período de 8 horas de embebição, o que influenciou positivamente na germinação das sementes. Esse efeito foi mais pronunciado nas concentrações de 4 e 16 mL.L⁻¹, que proporcionaram as maiores taxas de germinação, com 90% e 84%, respectivamente, superando o controle, que obteve 57% de germinação.

Esse resultado pode estar associado a presença de polissacarídeos bioativos, presentes nos extratos das algas marinhas, que por sua vez podem estimular a síntese de reguladores vegetais, além de promover alterações na produção de metabólitos secundários (CALVELLI et al., 2023; SHUKLA et al., 2016). A interação entre os compostos orgânicos e precursores hormonais presentes na composição dos extratos de algas marinhas, como as giberelinas, favorece a germinação das sementes (SANTOS et al., 2019).

Além das giberelinas, outros hormônios vegetais, como auxinas e citocininas, desempenham papéis fundamentais no processo germinativo. Esses fitormônios são sintetizados tanto durante a respiração celular quanto nas regiões apicais do eixo embrionário, onde regulam processos essenciais, como a divisão celular, o alongamento e a diferenciação das células. Essa regulação coordenada é fundamental para o desenvolvimento adequado do embrião e o sucesso da germinação (VIEIRA; CARVALHO, 2023).

Figura 1. Porcentagem de germinação (G) de sementes de alface submetidas a diferentes

concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas.

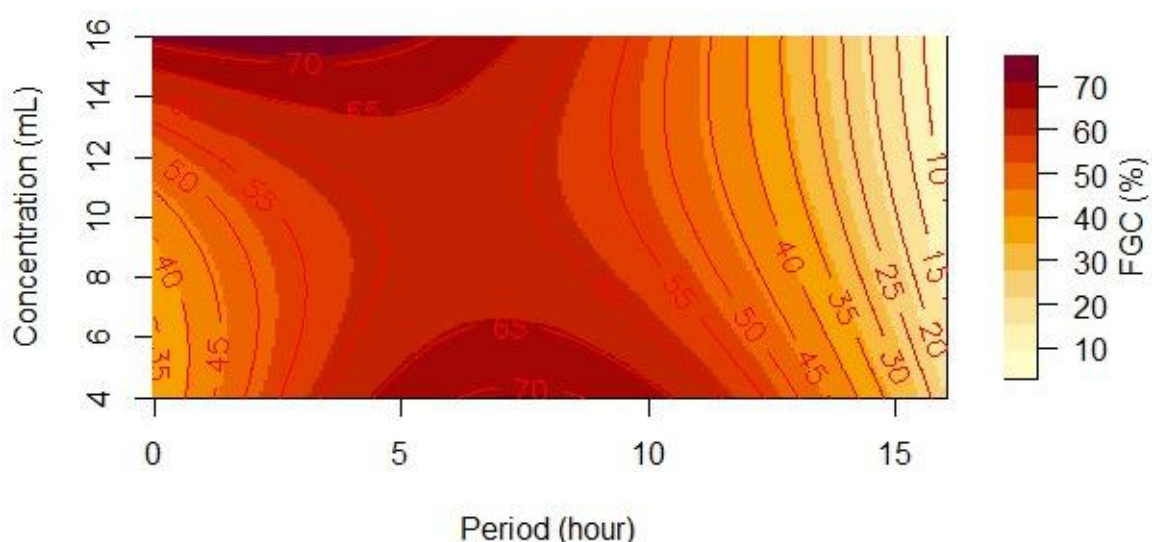


Resultados que corroboram aos achados deste estudo foram obtidos em outras hortícolas por Oliveira et al. (2018a) e Oliveira et al. (2018b), que investigaram o efeito de diferentes extratos de algas na germinação de sementes de *Beta vulgaris* L. e *Lycopersicum esculentum* L., respectivamente. Em ambos os estudos, os autores observaram aumento significativo na taxa de germinação em comparação ao controle e a embebição somente com água destilada. Ademais, destacaram que o melhor desempenho das sementes ocorreu quando foram tratadas com extrato da alga vermelha *Kappaphycus alvarezii*, que promoveu o maior número de sementes germinadas. Além disso, as concentrações mais baixas testadas (2,5 e 5 mL.L⁻¹) foram associadas aos melhores resultados, indicando a eficácia do extrato em doses reduzidas para promover a germinação. Por outro lado, alguns estudos, como os de Pinheiro et al. (2023) e Varenholt e Krupek (2024), não observaram efeito significativo na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e *Brassica oleracea* L. tratadas com *Ascophyllum nodosum* e *Oedogonium* sp., respectivamente.

A Figura 2 apresenta os resultados da primeira contagem de germinação das sementes de alface embebidas em extratos de algas marinhas. O padrão de coloração observado é semelhante ao da Figura 1 (porcentagem de germinação), onde a maior intensidade da coloração, ocorreu no período de 8 horas de embebição, sendo neste caso, para ambas as soluções de 4 e 16 mL.L⁻¹, apresentando 70% de germinação na primeira contagem. Além disso, nota-se que o aumento do tempo de embebição resultou em uma redução gradual na porcentagem de germinação, indicando que períodos mais longos podem ser menos eficientes para a germinação inicial.

Conforme Silva Júnior (2022) destaca que a baixa taxa de germinação na primeira contagem compromete a uniformidade das mudas, resultando em um crescimento desigual. Essa irregularidade afeta diretamente a produtividade e pode dificultar a comercialização, além de aumentar os custos e prejudicar a eficiência do sistema de produção, o que acarreta no maior uso de insumos, compromete o estabelecimento das plantas e pode afetar a sanidade do cultivo, uma vez que favorece a ocupação do espaço por plantas invasoras, que competem com a cultura de interesse e elevam o risco de doenças (TERNUS et al., 2021).

Figura 2. Primeira contagem de germinação (FGC) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas.

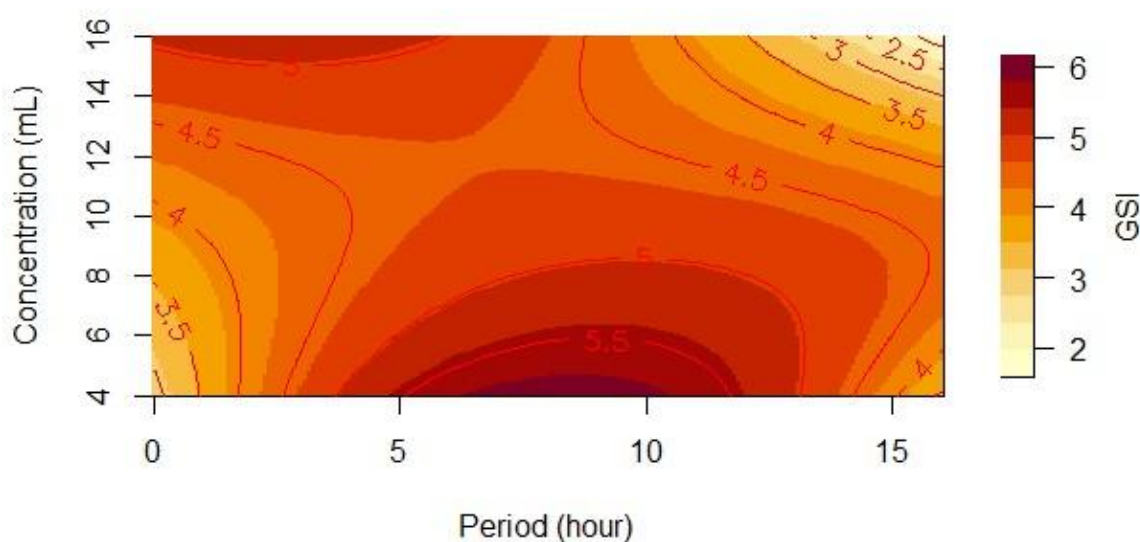


O índice de velocidade de germinação (Figura 3) representa a taxa na qual uma semente ou um grupo de sementes completa o processo germinativo. Logo, quanto maior o valor, mais rápido e uniforme é o desenvolvimento das plântulas, o que é crucial para o estabelecimento da cultura em condições de campo. Assim, os resultados indicaram que a combinação de 16 mL.L^{-1} por 16 horas de embebição, influenciam negativamente a velocidade de germinação (2,1), enquanto a associação de 8 horas de embebição e 4 mL.L^{-1} demonstrou melhor desempenho (6,0). Dessa forma, menores períodos de embebição e concentrações mais baixas mostraram-se mais eficientes para acelerar a germinação e favorecer um desenvolvimento inicial mais uniforme.

Santos et al. (2021) relatam que o tempo de exposição das sementes ao extrato de algas marinhas pode desencadear estresse fisiológico, resultando na redução tanto da porcentagem quanto da velocidade de germinação. Essa condição representa um desafio

para a produtividade agrícola, pois aumenta a suscetibilidade das sementes e das plântulas a condições ambientais adversas. Paralelamente, o uso de altas concentrações desses extratos pode provocar fitotoxicidade, conforme apontado por Hasanuzzaman et al. (2021), comprometendo o equilíbrio hídrico das sementes e reduzindo a velocidade de germinação.

Figura 3. Índice de velocidade de germinação (GSI) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas.



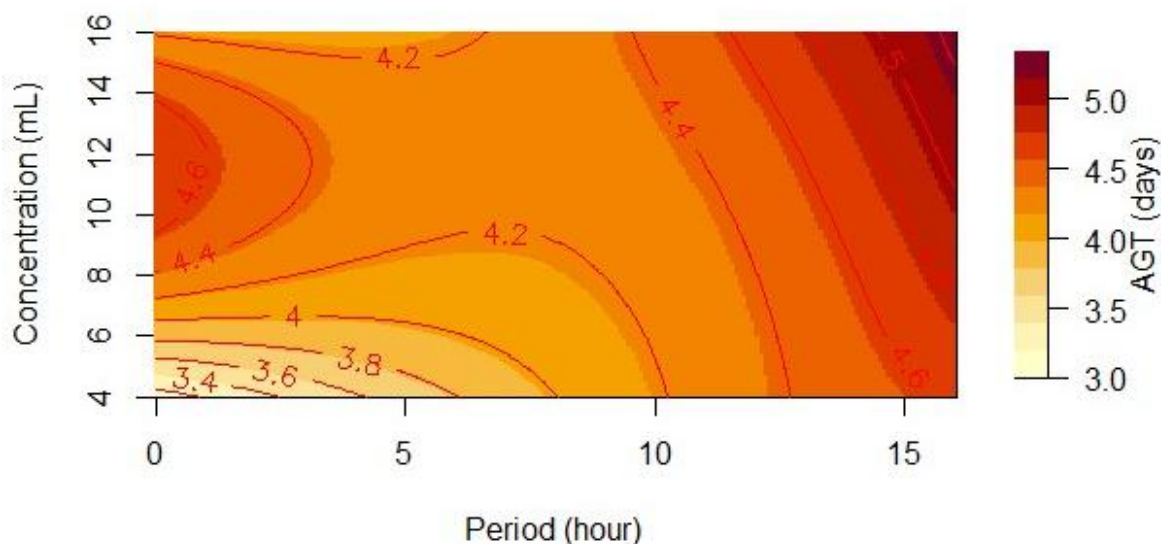
Na Figura 4, são apresentados os resultados referentes ao tempo médio de germinação. Neste gráfico, os contornos com tonalidades mais claras indicam os melhores desempenhos, ou seja, tempos de germinação mais curtos. Observa-se que os menores períodos de embebição, independentemente da concentração do bioestimulante à base de extrato de algas marinhas, resultaram em uma redução significativa no tempo de germinação.

Em contrapartida, conforme o tempo de embebição aumenta, o período necessário para a germinação também se prolonga, sugerindo que o excesso de embebição exerce um efeito inibitório sobre o processo germinativo. Esse efeito é ainda mais evidente quando analisamos a concentração mais elevada, de 16 mL.L^{-1} , no período de embebição de 16 horas, que apresentou o maior tempo para germinação, atingindo 5,4 dias.

O atraso na germinação pode ser interpretado, de acordo com Marcos-Filho (2016), como indicativo de menor vigor das sementes, uma vez que o aumento no tempo necessário para a germinação está diretamente relacionado a uma menor velocidade

germinativa. Dessa forma, a elevação da concentração do extrato de algas marinhas, combinada a períodos prolongados de embebição, tende a comprometer o vigor das sementes de alface.

Figura 4. Tempo médio de germinação (AGT) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas.

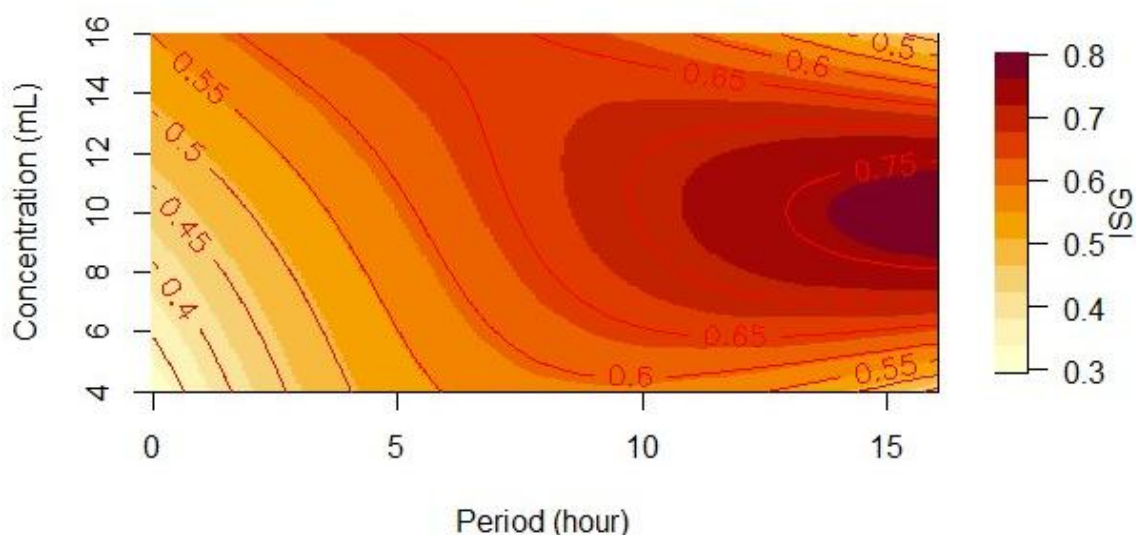


Para o índice de sincronia de germinação de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição de extratos de algas marinhas (Figura 5), as sincronias mais altas ocorreram quando as sementes foram submetidas ao período de embebição de 16 horas, especialmente nas concentrações intermediárias de 8 e 12 mL.L⁻¹. Nesses tratamentos, foram registradas médias de sincronia de 0,78 e 0,69, respectivamente, evidenciando maior uniformidade no processo germinativo.

A sincronia na germinação é fundamental para garantir a qualidade do plantio e o sucesso no desenvolvimento inicial das plantas, especialmente em sistemas de cultivo que demandam uniformidade nas fases de crescimento. Segundo Monteiro et al. (2021), a principal função dos bioestimulantes é favorecer a velocidade e a uniformidade da germinação, garantindo a formação de mudas com desenvolvimento fenológico homogêneo, o que de certa forma facilita a aplicação de práticas agronômicas, otimizando o manejo da mão de obra. Nesse contexto, o uso de algas marinhas se destaca por estimular a germinação e o crescimento homogêneo das plantas (OLIVEIRA et al., 2018a).

Figura 5. Índice de sincronia de germinação (ISG) de sementes de alface submetidas a

diferentes concentrações e períodos de embebição em extrato de algas marinhas.

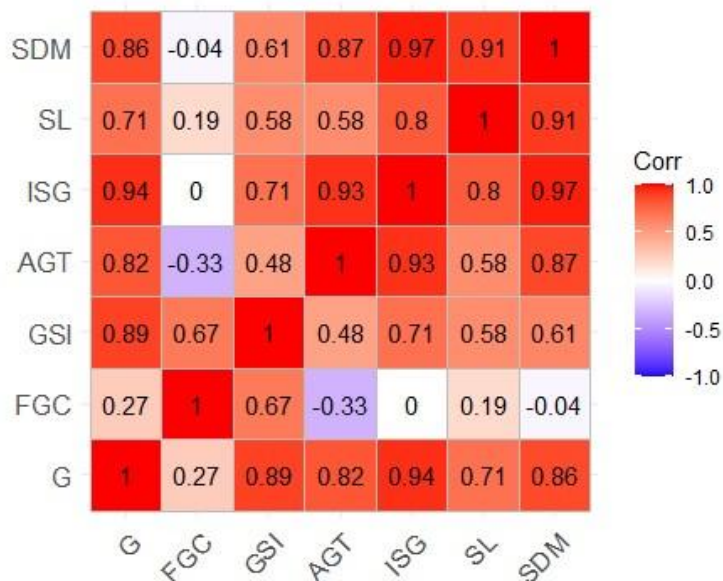


Na matriz de correlação do extrato de algas marinhas (Figura 6), os resultados revelaram que a germinação (G) apresenta correlações positivas forte com a maioria das variáveis estudadas, tendo influência sobre o índice de velocidade de germinação (GSI) (0,89), índice de sincronia das germinações (ISG) (0,94) e massa seca de plântulas (SDM) (0,86), sugerindo que quanto maior for a porcentagem de germinação das sementes de alface, mais rápida, sincronizada e vigorosas são as plântulas.

Entretanto, a correlação positiva com o tempo médio de germinação (AGT) (0,82) indica que, à medida que mais sementes germinam, o tempo necessário para completar a germinação também aumenta. Embora muitas sementes germinem, o processo é irregular e distribuído ao longo do tempo, possivelmente devido a variações fisiológicas ou ao efeito do tratamento, resultando em uma germinação menos uniforme.

Também foi observado que a germinação apresentou uma correlação moderada com o comprimento de plântulas (SL) (0,71), sugerindo que, embora possua uma relação positiva, ela não é tão forte quanto as demais, assim como a primeira contagem de germinação (FGC) (0,27), indicando que essa variável não está fortemente associada ao sucesso da germinação. Segundo Marcos-Filho (2016) esta variável estima o vigor das sementes, não sendo possível determinar com precisão a quantidade exata de sementes que irão germinar e se estabelecer com sucesso em campo. Além disso, a primeira contagem de germinação não apresentou correlações positivas fortes com as demais variáveis, registrando até mesmo algumas correlações fracas e negativas.

Figura 6. Matriz de correlação entre as variáveis respostas: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) das sementes de alface na concentração de 16 mL de extrato de algas marinhas, no período de 8 horas.



Padrões de correlações entre variáveis: tons vermelhos indicam correlações positivas, enquanto tons azuis representam correlações negativas. Valores próximos de 1 indicam correlações fortes; valores próximos de 0 indicam correlações fracas ou inexistentes.

Nabti, Jha e Hartmann (2017) e Salehi et al. (2019), relatam em seus trabalhos que os extratos de algas marinhas além de conter os hormônios de crescimento e os polissacarídeos, são fontes ricas de diversos compostos bioativos capazes de ativar mecanismos de defesa nas plantas e estimular o desenvolvimento vegetal. Entre esses compostos, destacam-se os ácidos graxos poli-insaturados, aminoácidos, vitaminas, além de contêm diferentes tipos de esteróis, que provavelmente também desempenharam papéis importantes no potencial fisiológico das sementes do presente trabalho.

Contudo, apesar da diversidade de compostos presentes, a atuação desses compostos, principalmente dos polissacarídeos, ainda não é completamente elucidada na literatura científica. Sendo encontradas em grande parte evidências relacionadas à capacidade desses compostos em mitigar estresses abióticos, como salinidade, déficit hídrico e temperaturas, em vez de abordarem diretamente seu impacto sobre a germinação das sementes.

Por sua vez, as algas vermelhas, como *Kappaphycus alvarezii*, têm se destacado como fontes promissoras de bioestimulantes naturais, principalmente devido à presença de carragenanas, que são polissacarídeos bioativos capazes de modular processos

fisiológicos nas plantas (SILVA; SILVA, 2021). A propriedade gelificante presente na alga ajuda na retenção de água, o que é um fator crucial, especialmente em regiões com escassez hídrica (SOUZA et al., 2024).

Além disso, os compostos presentes no extrato de algas influenciam a produção de metabólitos secundários, fundamentais para o desenvolvimento e adaptação das plantas a diferentes condições ambientais. Dentre os componentes associados a esse efeito, destacam-se também as citocininas, que regulam o crescimento e a divisão celular, e os minerais que são essenciais à nutrição e ao funcionamento das plantas (HAMED et al., 2018; CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014).

Nesse contexto, os resultados corroboram ao que já é relatado na literatura sobre o uso de extratos de algas como bioestimulantes na horticultura, especialmente no que se refere ao aumento da produtividade e à melhoria do desenvolvimento vegetal. Esses resultados reforçam o que foi apontado por Bulgari, Franzoni e Ferrante (2019) e Ghaderiardakani et al. (2019), que destacam os efeitos positivos dos compostos bioativos presentes nas algas sobre o metabolismo vegetal, conferindo maior vigor, tolerância a estresses abióticos e eficiência no uso de nutrientes.

Embora as algas marinhas sejam utilizadas como bioestimulantes desde os primórdios da agricultura moderna, apenas recentemente os estudos passaram a focar no potencial de seus extratos e polissacarídeos na promoção do crescimento vegetal (HERNÁNDEZ-HERRERA et al., 2016). Ainda assim, os resultados obtidos com esses bioestimulantes podem variar em função de diversos fatores, como a concentração utilizada, o modo e o momento da aplicação (BALTAZAR et al., 2021), além do tipo de alga e do genótipo da cultura de interesse (BECKER; SILVA, 2021), questões que estão sendo elucidadas com a presente pesquisa.

4.2 Influência do tempo de embebição e das concentrações do bioestimulante de hormônios vegetais sintéticos nas sementes de alface

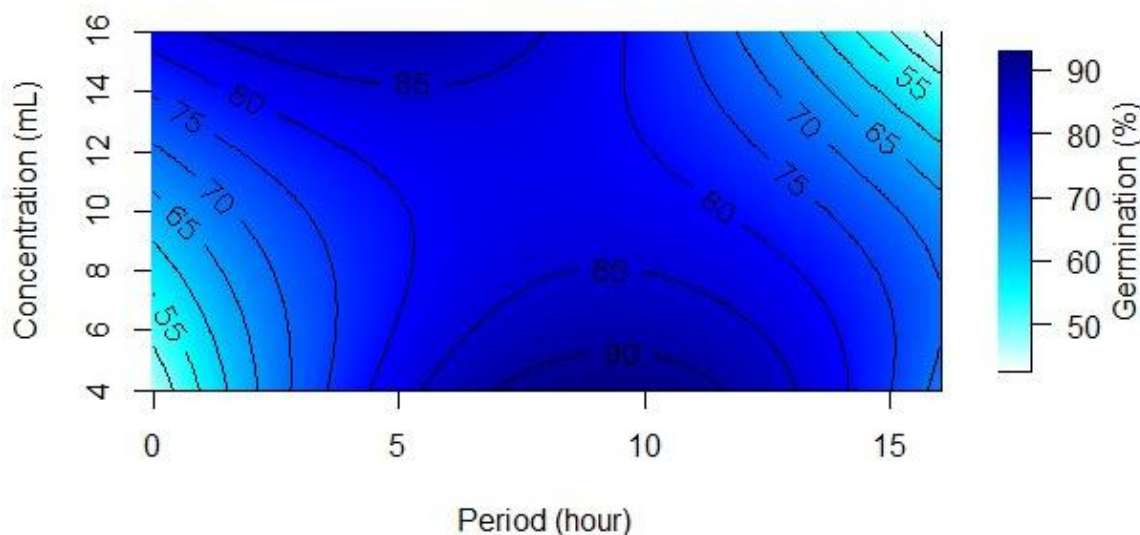
Seguindo a mesma linha de interpretação dos padrões de tonalidades citados anteriormente sobre os gráficos de contorno, a Figura 7, apresenta os resultados da porcentagem de germinação de sementes de alface expostas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos. Através das linhas de contorno, foi possível observar variações na porcentagem de germinação, que variou de 55% a 90%, distribuídas por todos os períodos e concentrações do bioestimulante. A maior intensidade

foi registrada no período de 8 horas com a concentração de 4 mL.L⁻¹, que obteve a maior porcentagem de germinação, alcançando 90%.

Esse resultado pode estar ligado aos compostos presentes no bioestimulante, como a citocininas, que auxilia no transporte da giberelina para o endosperma, onde atua como um mobilizador de reservas para o embrião. Em conjunto com a giberelina, a citocinina funciona como um hormônio promotor da germinação, estimulando a quebra da dormência e a ativação de enzimas essenciais para o processo germinativo (AMARO et al., 2020), ou na ativação de processos enzimáticos, especialmente quando esses são inibidos por compostos como o ácido abscísico e/ou a cumarina (JORGE et al., 2019).

Além disso, conforme Vendruscolo et al. (2016b), os bioestimulante de hormônios vegetais sintéticos podem favorecer a germinação das sementes ao aumentar a permeabilidade do tegumento, efeito esse associado à ação das auxinas. Dessa forma, facilita a absorção de água, reduzindo a resistência imposta por essa estrutura, consequentemente promovendo a germinação das sementes.

Figura 7. Porcentagem de germinação (G) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos.

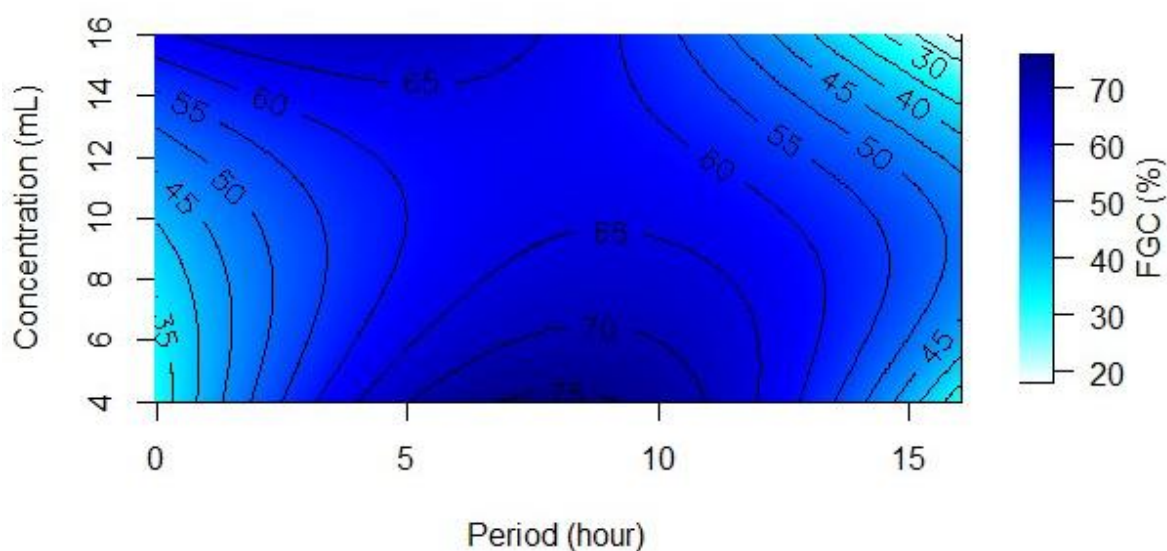


Os efeitos negativos observados podem estar associados tanto às concentrações de bioestimulantes utilizada quanto à presença de fitohormônios, como auxinas e citocininas, em concentrações superiores ao ideal (VIEIRA, 2021). Em níveis elevados, esses compostos podem desregular processos fisiológicos essenciais, comprometendo o desenvolvimento das plantas (IZIDÓRIO et al., 2015).

No que se refere à primeira contagem de germinação (Figura 8), verificou-se que períodos de embebição muito curtos ou excessivamente longos, aliados às menores (4 mL.L⁻¹) e maiores (16 mL.L⁻¹) concentrações, resultaram em menor intensidade de germinação para essa variável. Esse comportamento sugere que as sementes necessitam de um tempo de exposição adequado ao bioestimulante à base de hormônios vegetais sintéticos para que o processo germinativo seja efetivamente iniciado, como foi observado por Oliveira et al. (2024) sementes de alface crespa submetidas a embebição por 1 e 2 minutos, não foram suficientes para a absorção adequada dos compostos bioativos presentes no Stimulate®.

Dessa forma, constatou-se que o período de embebição mais eficiente foi de 8 horas, sobretudo nas concentrações de 4 e 8 mL.L⁻¹, que proporcionaram as maiores médias, com 76% e 73%, respectivamente.

Figura 8. Primeira contagem de germinação (FGC) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos.

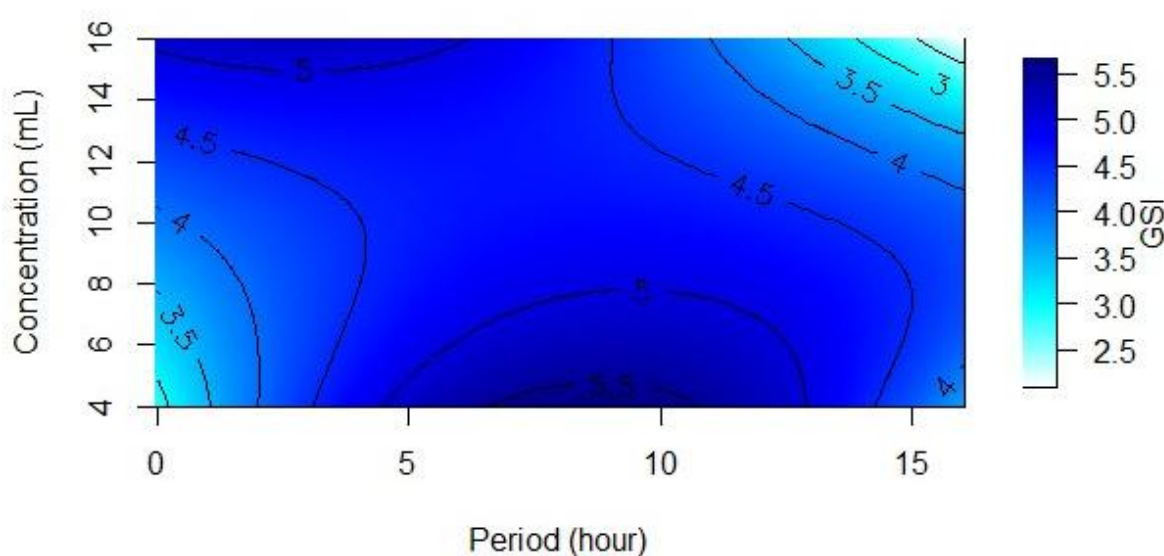


O índice de velocidade de germinação das sementes de alface submetidas ao bioestimulantes de hormônios vegetais sintéticos, Figura 9, apresenta os maiores valores no período de embebição de 8 horas, sendo na concentração de 4 mL.L⁻¹ do bioestimulante atingindo o índice de 5,5 de velocidade de germinação, indicando que essa combinação favorece uma germinação mais rápida. Em contrapartida, valores mais baixos (3,0 a 3,5) foram observados nas concentrações extremas (especialmente 16 mL.L⁻¹) e nos tempos de embebição inadequados (muito curtos ou longos), sugerindo que essas condições não favorecem uma germinação rápida.

Resultados semelhantes foram divulgados no estudo de Nogueira et al. (2023), que avaliou o efeito do bioestimulante Stimulate® na germinação e produção de mudas de *Capsicum annuum* L. Os pesquisadores verificaram respostas positivas em todas as concentrações testadas, exceto na testemunha. Em relação ao tempo de embebição das sementes, os melhores índices de velocidade de germinação foram registrados após 2 e 4 horas de embebição. Segundo os autores o tempo de embebição é um dos fatores que contribui para desencadear os eventos fisiológicos associados à germinação, como remobilização das reservas dos órgãos de armazenamento para o embrião, resultando na maior velocidade e menor tempo, finalizando com maior crescimento e obtenção de plântulas uniformes e vigorosas.

Por outro lado, Guerra et al. (2023) observaram resultados distintos em seu estudo, relatando que períodos mais prolongados de embebição das sementes de *Capsicum annuum* L. forneceram valores médios superiores para o índice de velocidade de germinação (GSI), divergindo dos resultados encontrados neste trabalho.

Figura 9. Índice de velocidade de germinação (GSI) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos.



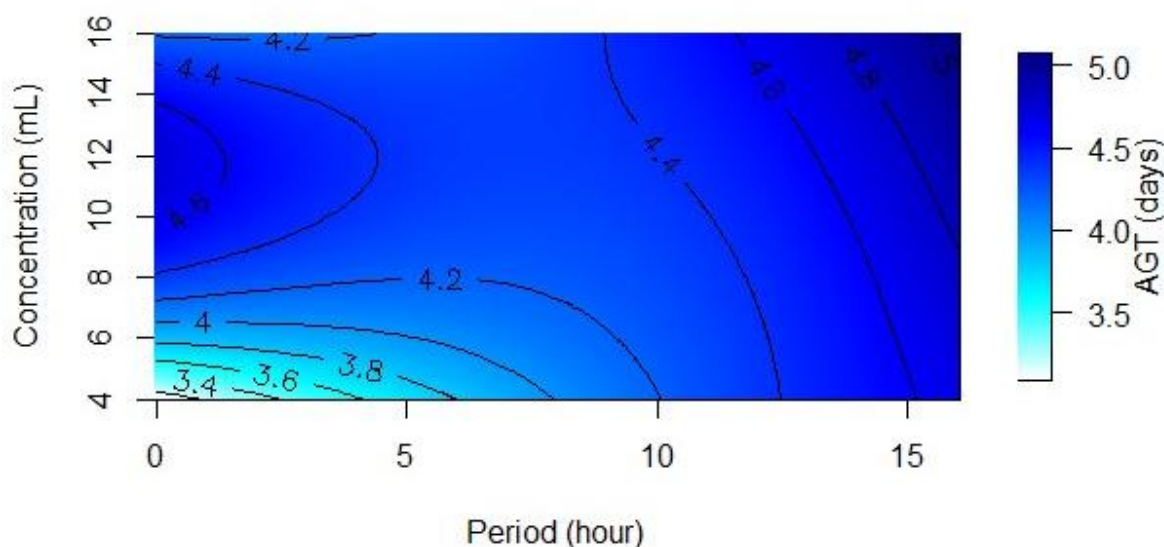
O tempo médio de germinação das sementes de alface é influenciado tanto pela concentração do bioestimulante contendo hormônios vegetais sintéticos quanto pelo período de embebição (Figura 10). As regiões de menor intensidade, representadas por tons de azul claro, verificado na extremidade inferior à esquerda da figura, na concentração de 4 mL.L⁻¹ e período de embebição de até 8 horas resultaram nos menores

tempos médios de germinação. Esses resultados sugerem que concentrações e períodos de embebição baixos podem favorecer um processo germinativo mais rápido.

Por outro lado, as áreas em tons de azul escuro, localizadas na porção central e extremidade superior à direita da figura, mostram que aumentos na concentração do bioestimulante (a partir de 8 mL.L⁻¹) e no tempo de embebição são menos eficientes para promover uma germinação rápida, resultando em um atraso no processo germinativo, com médias de 4,4 a 5,1 dias para iniciar a germinação.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira, Takahashi e Miglioranza (2014), que, ao estudarem sementes variedades de alface submetidas a 16 horas de embebição em bioestimulante (Stimulate®), verificaram que independente da concentração utilizada, as sementes de alface crespa apresentaram um maior tempo de germinação (7 dias) em comparação às demais variedades (5 dias), evidenciando a sensibilidade deste grupo a exposição prolongada ao bioestimulante.

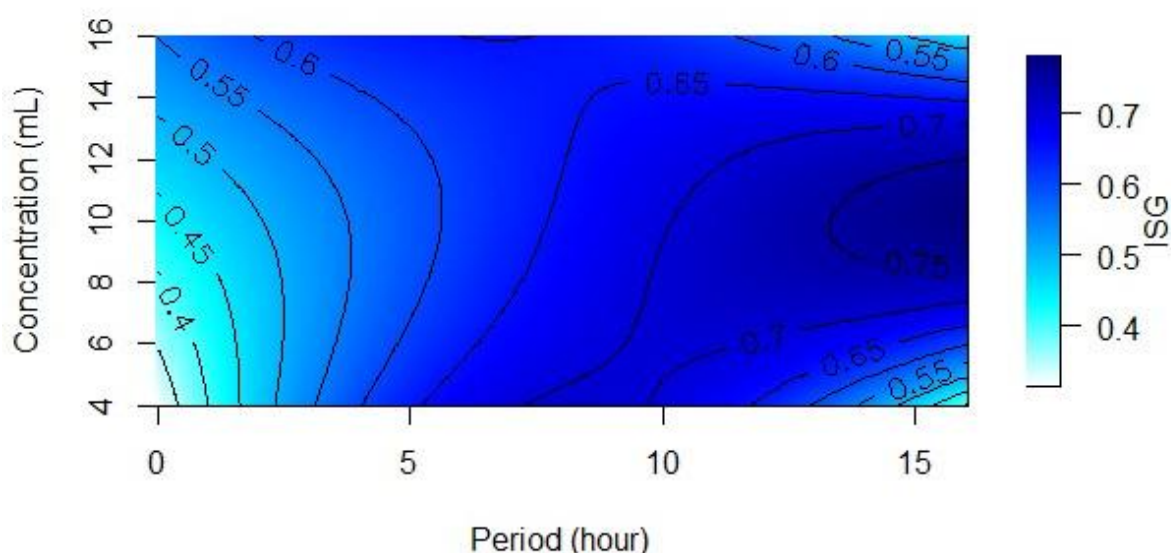
Figura 10. Tempo médio de germinação (AGT) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos.



Para a sincronia das germinações (Figura 11) é possível notar que as sincronias mais altas estão associadas nos períodos de 8 e 16 horas nas concentrações intermediárias de 8 e 12 mL.L⁻¹. Concentrações de 4 e 16 mL.L⁻¹ com o período de embebição de 16 horas, resultaram na redução da sincronia, proporcionando um efeito inibidor. Esses resultados destacam a necessidade de ajustes precisos para melhorar a germinação uniforme.

Conforme Carvalho, Aguiar e Almeida. (2015), a sincronia da germinação é calculada apenas quando duas ou mais sementes germinam simultaneamente. Esse índice avalia o grau de sobreposição dos eventos de germinação, refletindo o nível de uniformidade com que as sementes germinam ao longo do tempo. Dessa forma, quanto maiores os valores de sincronia, menor a variabilidade entre as plântulas, facilitando um desenvolvimento mais homogêneo e padronizado, o que proporciona maior previsibilidade para os manejos subsequentes.

Figura 11. Índice de sincronia de germinação (ISG) de sementes de alface submetidas a diferentes concentrações e períodos de embebição em hormônios vegetais sintéticos.



Já na matriz de correlação (Figura 12), que representa os hormônios vegetais sintéticos, foi observado maior variação do padrão de correlação, possuindo uma mistura de correlações positivas, negativas e independentes entre as variáveis respostas. A correlação positiva forte (0,98) entre a primeira contagem de germinação (FGC) e a massa seca de plântulas (SDM) sugere que essas variáveis respostas estão envolvidas nos processos fisiológicos complementares.

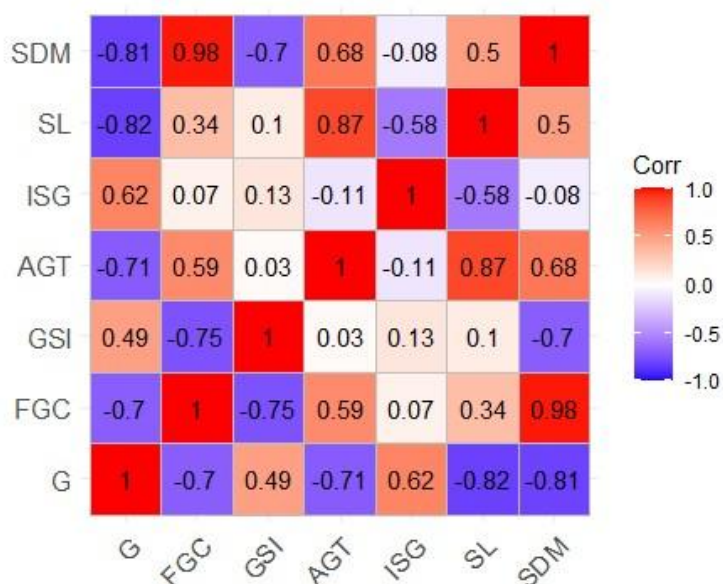
A correlação negativa observada entre a massa seca de plântulas (SDM) e o índice de velocidade de germinação (GSI) (-0,7) indica que quanto mais rápida é a germinação, menor tende a ser o acúmulo de biomassa nas plântulas. Esse comportamento pode estar relacionado à concentração e ao equilíbrio de hormônios vegetais presentes nas sementes, como as citocininas e giberelinas, que influenciam diretamente o desenvolvimento inicial das plantas, já que são compostos orgânicos complexos capazes de modular o crescimento

vegetal por meio da regulação da transcrição do DNA, expressão gênica, funcionamento de proteínas de membrana, atividade de enzimas metabólicas e assimilação de nutrientes minerais (ELI et al., 2016).

Já a correlação independente (próximo de zero), mostra que, seus efeitos não estão diretamente relacionados, com isso, a ausência de correlação próxima de zero (0,03) entre o índice de velocidade de germinação (GSI) e o tempo médio de germinação (AGT) indica ausência de relação expressiva entre essas variáveis, o que sugere que suas interações dependem de outros fatores. De acordo com Santos, Castilho e Pinheiro (2019), essas variáveis apresentam uma relação inversa, ou seja, quando uma aumenta, a outra tende a diminuir. Dessa forma, sementes que apresentam altos índices de velocidade e baixo tempo médio de germinação são consideradas mais vigorosas, pois demonstram maior resistência a condições adversas e germinam mais rapidamente, o que contribui para a redução do tempo necessário para a formação de mudas.

Com isso, podemos constatar que a concentração de 16 mL.L⁻¹ resultou em um desempenho inferior na maioria das variáveis analisadas. Esse comportamento indica que doses mais elevadas do bioestimulante à base de hormônios vegetais sintéticos podem exercer efeito negativo sobre o potencial fisiológico das sementes de alface, possivelmente devido a um desequilíbrio hormonal.

Figura 12. Matriz de correlação entre as variáveis respostas: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula (SL), massa seca de plântula (SDM) das sementes de alface na concentração de 16 mL.L⁻¹ de hormônios vegetais sintéticos, no período de 8 horas.



Padrões de correlações entre variáveis: tons vermelhos indicam correlações positivas, enquanto tons azuis representam correlações negativas. Valores próximos de 1 indicam correlações fortes; valores próximos de 0 indicam correlações fracas ou inexistentes.

Esse fato reforça a importância de um ajuste preciso na concentração e no tempo de embebição, a fim de evitar efeitos inibitórios indesejados. Isso se deve à variabilidade na resposta de cada cultivar, que pode apresentar diferentes níveis de sensibilidade e capacidade de absorção dos bioestimulantes (HAJAR, 2015).

Segundo Amaro et al. (2020), os bioestimulantes têm se consolidado como uma ferramenta promissora no aprimoramento de diversas culturas agrícolas. No entanto, a complexidade das interações hormonais envolvidas (DU JARDIN, 2015) torna necessária a realização de pesquisas adicionais, uma vez que os resultados podem variar significativamente de acordo com a espécie, o tipo de bioestimulante, a concentração utilizada e o tempo de exposição ao produto.

4.3 Análise dos componentes principais (PCA) e uso do dendrograma na validação da eficiência dos bioestimulantes

A PCA (Figura 13) permitiu avaliar a influência de diferentes concentrações dos bioestimulantes vegetais sobre variáveis fisiológicas e morfológicas de sementes de alface. Os dois primeiros componentes principais explicam conjuntamente 89,74% da variabilidade total dos dados, sendo 70,48% atribuída ao primeiro componente (PCA 1) e 19,26% ao segundo (PCA 2), o que indica que a representação gráfica é adequada para evidenciar as relações entre os tratamentos e as variáveis analisadas.

No biplot, as setas vermelhas representam a contribuição das variáveis, sendo possível observar uma correlação positiva entre germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI) e comprimento de plântulas (SL), uma vez que suas setas apontam em direções semelhantes. Isso sugere que os tratamentos que favorecem a germinação também promovem uma maior velocidade e um melhor desenvolvimento inicial das plântulas. Tal efeito está diretamente associado à atuação dos bioestimulantes, sobre o metabolismo das sementes, agindo em nível celular, promovendo atividades metabólicas e hormonais que resultam em uma germinação mais rápida e uniforme, além de impulsionar o crescimento vegetal (FETTER, 2018).

Em contrapartida, a variável tempo médio de germinação (AGT) orienta-se em sentido oposto, indicando uma correlação negativa com as variáveis mencionadas, ou

seja, tratamentos que resultam em maior germinação e vigor tendem a reduzir o tempo médio de germinação, o que é altamente desejável. Acerca das variáveis massa seca de plântulas (SDM) e índice de sincronia da germinação (ISG) também apresentaram contribuição relevante, sendo associadas principalmente ao PCA 2.

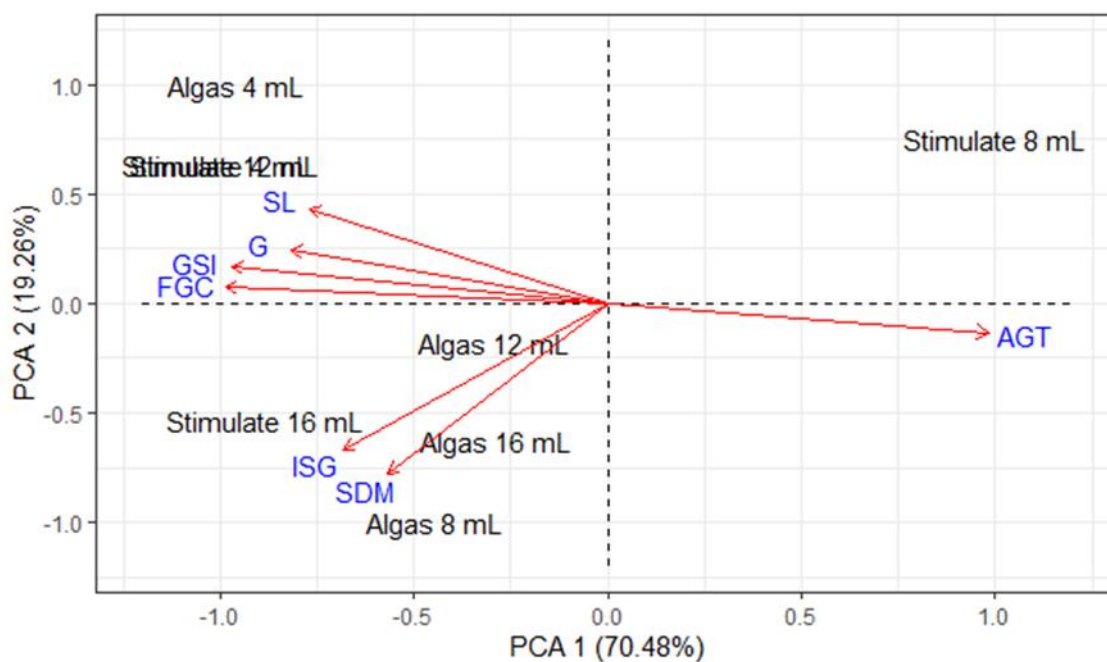
Quanto aos tratamentos, os hormônios vegetais sintéticos (Stimulate®) na concentração de 8 mL.L⁻¹ destacou-se negativamente ao longo do eixo PCA 1, estando fortemente associado a valores elevados de tempo médio de germinação (AGT), o que indica um desempenho fisiológico inferior, caracterizado por germinação mais lenta. Em contraste, as concentrações de Stimulate® a 12 mL.L⁻¹ e de extrato de algas a 4 mL.L⁻¹ posicionaram-se próximas das variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI) e comprimento de plântulas (SL), refletindo desempenho superior, com germinação mais rápida, vigorosa e uniforme.

Já as concentrações mais elevadas dos bioestimulantes (algas a 8, 12 e 16 mL.L⁻¹; Stimulate® a 16 mL.L⁻¹) localizaram-se na parte inferior do gráfico, próximas às variáveis SDM e ISG, indicando que, embora tenham exercido menor influência sobre as variáveis diretamente relacionadas à germinação inicial, proporcionaram ganhos em termos de acúmulo de massa seca e sincronia das germinações.

Dessa forma, a PCA revela que as concentrações, especialmente Stimulate® a 4 e 12 mL.L⁻¹ e extrato de algas a 4 mL.L⁻¹, foram as mais eficazes para promover um desenvolvimento fisiológico equilibrado e satisfatório das sementes de alface nas condições avaliadas.

Figura 13. Análise dos componentes principais (PCA) da influência dos bioestimulantes vegetais e das concentrações nas variáveis: germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI), tempo médio de germinação (AGT), índice sincronia das germinações (ISG), comprimento de plântula

(SL), massa seca de plântula (SDM) de sementes de alface, no período de embebição de 8 horas.



No contexto, os bioestimulantes utilizados no estudo, apresentam diferenças significativas quanto a sua origem, composição e proporção dos hormônios. Embora ambos contenham especificamente as mesmas classes hormonais (auxinas, giberelinas e citocininas), os hormônios vegetais sintéticos são produzidos artificialmente, enquanto os extratos de algas têm origem natural. Além disso, a quantidade e a proporção desses compostos variam, o que pode influenciar nos seus efeitos.

De maneira geral, os bioestimulantes atuam induzindo respostas fisiológicas nas plantas, atuando nos processos metabólicos. De acordo com Du jardin (2015), Yakhin et al. (2017) e Wang e Carvalho (2018), sua principal atuação é no metabolismo primário, resultando na melhoria da eficiência fotossintética, no aumento da absorção e assimilação de nutrientes, bem como na otimização da síntese de carboidratos, proteínas e lipídios. Esses efeitos, por sua vez, favorecem o crescimento e o desenvolvimento vegetal, promovendo maior vigor e resistência às condições adversas.

A análise de agrupamento, representada pelo dendrograma combinado ao *heatmap* (Figura 14), permitiu avaliar a similaridade entre os tratamentos com diferentes tipos e concentrações de bioestimulantes sobre o potencial fisiológico de sementes de alface. A análise foi realizada por meio da medida de dissimilaridade da distância euclidiana padronizada, que calcula a distância entre dois pontos.

A correlação cofenética obtida foi de 0,8437 ($p = 0,001$), indicando que a estrutura do dendrograma representa fielmente as distâncias reais entre os tratamentos. Conforme Silva et al. (2022), valores de correlação cofenética superiores a 0,7 indicam boa representação gráfica, o que confere elevada confiabilidade à análise realizada. E segundo Barbosa (2018), isso demonstra que os agrupamentos (*clusters*) formados são consistentes, pois se baseiam em uma função de dissimilaridade que mede o grau de diferença entre os elementos analisados, ou seja, quanto maior o valor observado, menor a semelhança (maior dissimilaridade) entre os grupos.

Apesar das variações entre os tratamentos tanto em relação ao tipo de bioestimulante (extrato de alga marinha ou hormônios sintéticos) quanto às concentrações utilizadas, todos foram agrupados em um único *cluster* com base no critério de corte adotado ($k = 1,25$). Esse resultado indica que, sob o tempo de embebição de 8 horas, os tratamentos apresentaram respostas fisiológicas relativamente próximas, sem formação de grupos estatisticamente distintos. No entanto, o *heatmap* revela diferenças visuais perceptíveis entre os tratamentos nas variáveis analisadas, sugerindo que houve certa variação do desempenho, embora não foram significativamente expressivas a ponto de formar agrupamentos distintos, essas variações indicam que os bioestimulantes influenciaram de formas distintas algumas variáveis.

A partir dessas informações podemos observar, que entre os tratamentos avaliados, a menor distância (0,960) foi observada entre S8h4mL (hormônios vegetais sintéticos - Stimulate®) e A8h4mL (extrato de algas marinhas). Essa proximidade evidencia elevada similaridade, provavelmente associada à eficiência dessas combinações em promover a germinação e o vigor inicial das sementes, com destaque para variáveis como germinação (G), primeira contagem de germinação (FGC), índice de velocidade de germinação (GSI).

Por outro lado, a maior dissimilaridade (5,250) foi observada entre os tratamentos S8h16mL e A8h8mL, revelando comportamentos fisiológicos significativamente distintos. Tal contraste estar relacionado diretamente a quantidade da substância administrada e a intensidade da resposta fisiológica, no qual concentrações mais elevadas podem induzir respostas adversas, como inibição da germinação ou estímulos tardios sobre o crescimento, ou gerando respostas antagônicas no metabolismo das sementes (AVELAR, 2023).

De acordo com a média das distâncias obtidas foi de 3.631, e com desvio padrão de 0.917, sugerindo variabilidade moderada entre os tratamentos. Essa amplitude (4.290)

O dendrograma mostrou-se uma ferramenta estatística eficaz para a análise integrada dos dados, permitindo a avaliação simultânea de múltiplas variáveis e facilitando a identificação de tratamentos promissores com base em suas semelhanças. Essa abordagem contribuiu para definir as melhores combinações entre concentrações e tipos de bioestimulantes, auxiliando no planejamento de estratégias que otimizem a germinação e o vigor das sementes de alface. Além disso, reduziu a complexidade dos dados experimentais ao sintetizar diversas variáveis em representações visuais claras e acessíveis, oferecendo subsídios objetivos para a recomendação técnica do uso de bioestimulantes no tratamento de sementes.

Embora o emprego da análise multivariada na área da produção e tecnologia de sementes não seja amplamente difundida na literatura, alguns trabalhos encontrados evidenciaram a eficácia da utilização dessa ferramenta estatística que possibilitou discriminar lotes com distintos potenciais fisiológicos para *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (SILVA et al., 2019), *Glycine max* L. (BARBOSA et al., 2013), *Oryza sativa* L. (COSTA; NOVEMBRE, 2019) *Triticum aestivum* L. (SILVA et al., 2024). Outros trabalhos com sementes de *Adenium obesum* (Forssk.) Roem. & Schult. (SANTOS et al., 2020) e *Lactuca sativa* L. (AULER et al. 2015) abordaram a eficiência dessa análise em explorar melhor os dados sobre as relações entre as variáveis germinação/emergência e desenvolvimento de mudas em resposta a diferentes substratos.

No entanto, é importante destacar que estudos envolvendo a análise multivariada, especialmente a aplicação de dendrogramas para avaliar o potencial fisiológico de sementes, ainda são escassos. No contexto específico deste trabalho, não foram encontrados registros semelhantes na literatura consultada, o que evidencia a originalidade da abordagem adotada e reforça a necessidade de mais pesquisas focadas nesse tipo de análise estatística.

5 CONCLUSÕES

O período de embebição de 8 horas apresentou os melhores resultados, independentemente do tipo de bioestimulante utilizado.

A aplicação dos bioestimulantes influenciou positivamente o potencial fisiológico das sementes de alface, com destaque para o extrato de algas nas concentrações de 4 e 16 mL.L⁻¹, e para os hormônios vegetais sintéticos nas concentrações de 4 e 8 mL.L⁻¹.

A análise multivariada, por meio da PCA e do dendrograma, foram fundamentais para identificar os tratamentos mais eficientes, destacando a concentração de 4 mL.L⁻¹ como a mais favorável para ambos os bioestimulantes, apresentando o melhor desempenho na germinação e vigor das sementes de alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. B.; MADRUGA, F. B.; VILKE, A. F.; ALMEIDA, A. S.; TUNES, L. V. M. Condicionamento fisiológico em sementes de hortaliças. In: ROSSETTI, C.; TUNES, L. V. M.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T. (org.). **Gestão dos processos para produção de sementes: do campo a pós-colheita Volume 2: controle de qualidade**. Pantanal Editora, p. 44-55, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.46420/9786585756129cap4>

AGUIAR, B. A.; SILVA, J. K. O.; BEZERRA, J. L. S; ARAÚJO, L. O.; CARVALHO, G. G.; QUEIROZ RODRIGUES, A.; PAULINI, F. Propriedades antioxidantes de metabólitos secundários de algas pardas: uma revisão integrativa. **PRODUTOS NATURAIS E SUAS APLICAÇÕES: DA COMUNIDADE PARA O LABORATÓRIO**, v. 1, p. 129-142, 2021.

ALBUQUERQUE, D. F.; FERREIRA, R. L. F.; SOUZA, L. G.; ARAÚJO NETO, S. E.; REZENDE, M. I. D. F. L.; PINTO, G. P.; PINHEIRO, A. A. Desempenho de cultivares de alface crespa sob sistema orgânico em Rio Branco, Acre. **Scientia Naturalis**. v. 4, n. 1, p. 255-263, 2022.

ALMEIDA, G. M.; RODRIGUES, J. G. L. Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberelinas. **Applied Research & Agrotechology**, v. 9, n. 3, p. 111-117, 2016.

ALMEIDA, M. **Efeito da temperatura sobre cultivares de alface**. 2021. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia Agrônoma), Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Campus III, Juazeiro, 2021.

AMARO, H. T. R.; COSTA, R. C.; PORTO, E. M. V.; ARAÚJO, E. C. M.; FERNANDES, H. M. F. Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 222-242, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABCSEM. **Manual técnico: Cultivo de Hortaliças**. 4 ed. Campinas, SP: ABCSEM, 125 p. 2020.

ARAÚJO NETO, A. C.; SANTOS, O. O.; FERREIRA, D. M.; NUNES, R. T. C.; PÚBLIO, A. P. P. B.; AMARAL, C. L. F. Germination and vigor of *Bixa orellana* L. seeds pre-soaked in a plant biostimulant. **Floresta**, v. 48, n. 3, p. 293-302, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i3.43934>

AREJANO, L. M.; BARTZ, R. M.; SANTOS, T. S.; RAMOS, G. H.; GADOTTI, G. I.; QIADRO, M. S. Uso de bioestimulantes na produção agrícola. In: SILVA, R. F. (org.). **Aspectos da Biotecnologia Agrícola Aplicada**. Mérida Publishers CC-BY 4.0, p. 53-72, 2022.

ARNHOLD, E. (2024). **easyanova: Analysis of Variance and Other Important**

Complementary Analyses. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/easyanova/index.html>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

AUGUSTO, H. **Aplicação de hormônios de crescimento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.** 2022. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022.

AVELAR, A. C. **TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO COM ESTIMULANTES DE CRESCIMENTO VISANDO ADAPTAÇÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.** 2023. 31f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2023.

ÁVILA, J.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; ALVAREZ, R. C. F.; CONTARDI, L. M. Adubação nitrogenada e uso de bioestimulante em cenoura. **MAGISTRA**, v. 28, n. 3/4, p. 360–368, 2016.

AULER, A. C.; GALETTO, S. L.; SILVA, A. R.; VERONA, R. B. Lettuce seedlings development index in different substrates using multivariate analysis. **Científica**, v. 43, n. 1, p. 50–57, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n1p50-57>

AZEVEDO, A. M. (2023). **ExpAnalysis3d: Pacote Para Análise De Experimentos Com Graficos De Superficie Resposta.** Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ExpAnalysis3d/index.html>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

BALTAZAR, M.; CORREIA, S.; GUINAN, K. J.; SUJEETH, N.; BRAGANÇA, R.; GONÇALVES, B. Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: An overview. **Biomolecules**, v. 11, n. 8, p. 1096, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/biom11081096>

BARBOSA, L. M. **ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NO ESTUDO DO IPCA-15.** 2018. 41f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Estatística) - Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Matemática, Uberlândia, 2018.

BARBOSA, P. B. **Utilização de bioestimulante na cultura da soja: um relato de caso em Rio Verde-Goiás.** 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2021.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; FERRAUDO, A. S.; CORÁ, J. E.; VIEIRA, R. D. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 302–310, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000300005>.

BARROS, J. A. S.; CAVALCANTE, M. O uso do *Mulching* no cultivo de alface: uma Revisão de Literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 4, p. 3796-3810, 2021. DOI:

<https://dx.doi.org/10.48017/dj.v6i4.1825>

BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia horticultrurae**, v. 196, p. 39-48, 2015.

BECKER, D. L.; SILVA, A. A. Influência do tratamento de sementes com extratos de algas marrom (*Ascophyllum nodosum*) e vermelha (*Solieria spp.*) em genótipos de alface. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 19, n. 2, p. 123–130, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.21726/abc.v8i1.817>

BESERRA, J. V. S. **Impacto da aplicação de reguladores de crescimento e enraizador sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2021. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Horticultura) – Instituto Federal Goiano, Campus Cristalina, Cristalina, 2021.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 88-94, 2014.

BONIFÁCIO, F. O. **QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MELANCIA EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA SEMENTE**. 2022. 45f. Dissertação (Mestre em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Morrinhos, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2025. 365p.

BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 306, 2019.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 64, p. 83-89, 2017.

CAÇULA, B. T. S.; SILVA, M. A. D.; SILVA, J. N.; BEZERRA, L. A. Potencial germinativo de sementes de feijão caupi, cv. BRS Potengi, após condicionamento fisiológico. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 0090–0105, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.48017/dj.v7i1.2109>

CALVELLI, J. V. B.; MOREIRA, L. A.; MARTINS, G. E. C.; CUNHA NETO, A. R.; BARBOSA, S. ALTERAÇÃO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE HELIANTHUS ANNUUS EXPOSTA A EXTRATO DE ALGA VERMELHA. In: RODRIGUES, L. S.; SANTOS, C. S.; RITÁ, F. S.; LOPES, G. D.; MARQUES, R. F. P.V.; ROSA, M. S. (org.). **Gestão Ambiental**. Campina Grande: EPTEC, p. 144-150, 2023.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants.

Plant and soil, v. 383, p. 3-41, 2014.

CAMARGOS, A. E. V. **DIVERSIDADE FENOTÍPICA E QUALIDADE EM SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA**. 2017. 77f. Dissertação (Mestre em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017.

CAMPOS, E. G.; BRUNI, A. T.; MARTINIS, B. S. Ketamine induces anxiolytic effects in adult zebrafish: A multivariate statistics approach. **Behavioural Brain Research**, v. 292, p. 537-546, 2015.

CARVALHO, C. A. **Uso de fenotipagem digital na avaliação do efeito de bioestimulantes na tolerância da cultura do milho ao déficit hídrico**. 2023. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica), Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária de Santarém, Santarém, 2023.

CARVALHO, F.; AGUIAR, L.; ALMEIDA, L. F. Análise de germinação em variedades de rabanete. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

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**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 627-633, 2005.

CARVALHO, R. S.; SANTANA, J. O.; PAZ, C. D.; OLIVEIRA, R. A. O.; CRUZ, A. R.; SOUZA, M. J.; LOIOLA, M. V. C.; COELHO, M. J. S.; GOMES, M. C. S. Desempenho de mudas de tomate com diferentes doses de extrato de algas marinhas. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 12, p. e8186, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.55905/oelv22n12-112>

CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; LIMA, J. E.; SANTOS, R. C.; PEREIRA, B. L. C.; ALVES, I. C. N. A. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 627-635, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600008>

CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CELESTRINO, R. B.; ALMEIDA, J. A. D.; SILVA, J. P. T. D.; LUPPI, V. A. D. S.; VIEIRA, S. C. Novos olhares para a produção sustentável na agricultura familiar: avaliação da alface americana cultivada com diferentes tipos de adubações. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 3, n.1, p. 66-87, 2017.

CHESINI, L. S. **Diferentes sistemas de cultivo na cultura da alface**. 2023. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Horticultura), Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves, 2023.

CORDOBA, M. E. **Uma nova metáfora visual escalável para dados tabulares e sua**

aplicação na análise de agrupamentos. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências - Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

COSTA, D. S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Análise multivariada para expressão de resultados de potencial fisiológico de sementes de arroz. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 418-424, 2019.

COSTA JÚNIOR, A. B. **Cultivares de alface crespa roxa em diferentes épocas e ambientes de cultivo em Iranduba, AM.** 2017. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

COSTA, M. A. **Avaliação do potencial do extrato da macroalga marinha *Kappaphycus alvarezii* como fertilizante orgânico, para uso via tratamento de semente e pulverização foliar na cultura de soja.** 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

CUNHA, R. C.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, M. W. L.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 191-191, 2016.

CZABATOR, F. J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, v. 8, n. 4, p. 386-396, 1962. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/forestscience/8.4.386>

DANIEL, R. A. **Efeito da água magnetizada na germinação de sementes de alface.** 2024. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2024.

DEMARTELAERE, A. C. F.; SILVA, T. B. M.; PRESTON, H. A. F.; FERREIRA, A. S.; RODRIGUES, A. L. S.; FEITOSA, S. S.; PRESTON, W.; MEDEIROS, D. C.; ROSADO, A. K. H. B.; SILVA, R. M.; BENJAMIM, R. F. O cultivo hidropônico de alface com água de reuso/Hydroponic lettuce cultivation with reused water. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90206–90224, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n11-435>

DI MOLA, I.; COZZOLINO, E.; OTTAIANO, L.; GIORDANO, M.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; MORI, M. Effect of vegetal- and seaweed extract-based biostimulants on agronomical and leaf quality traits of plastic tunnel-grown baby lettuce under four regimes of nitrogen fertilization. **Agronomy**, v. 9, n. 10, p. 571, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/agronomy9100571>

DIAS, M. S.; SILVA, F. A.; SILVA, M. F. C.; LIMA, V. R. N.; LIMA, A. M.; FERNANDES, P. D. Morfofisiologia de genótipos de algodoeiro sob suplementação de piruvato via pré-embebição de sementes. **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, v. 17, n. 3, p. e11468, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2024v17n3e11468>

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia horticultrae**, v. 196, p. 3-14, 2015. DOI:

<https://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

EL BOUKHARI, M. E. M.; BARAKATE, M.; BOUHIA, Y.; LYAMLOULI, K. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 359, 2020.

ELI, E. F.; MONTEIRO, G. C.; KULCZYNSKI, S. M.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. D. Potencial fisiológico de sementes de arroz tratadas com biorregulador vegetal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 366-373, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160043>

ESPINOSA-ANTÓN, A. A.; HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. **Biotechnología Vegetal**, v. 20, n. 4, p. 257-282, 2020.

FAQUEZI, L. **Desempenho de cultivares de mini alface submetidas ao verão de Jaboticabal**. 2024. 28f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2024.

FARGONI, G. P. Alface. In: CASTRO, P. R. C.; RICARDO ALFREDO KLUGE, R. A.; NICOLA, A. B. (org.). **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia da produção de cultivos**. Piracicaba: ESALQ-USP, p. 361-383, 2025.

FAVARATO, L. F.; BALBINO, J. M. S. A cultura. In: FAVARATO, L. F.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; FORNAZIER, M. J. (org.). **Cultura da alface**. Vitória, ES: Incaper, p. 21-29, 2022a.

FAVARATO, L. F.; BALBINO, J. M. S. Preparo do solo e transplântio. In: FAVARATO, L. F.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; FORNAZIER, M. J. (org.). **Cultura da alface**. Vitória, ES: Incaper, p. 41-48, 2022b.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C. Manejo da irrigação. In: FAVARATO, L. F.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; FORNAZIER, M. J. (org.). **Cultura da alface**. Vitória, ES: Incaper, p. 41-48, 2022.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intelletto**, v. 2, n. 1, p. 16-28, 2017.

FERREIRA, I. L. L. **Comportamento de cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico na Amazônia Central**. 2024. 59f. Dissertação (Mestre em Agricultura no Trópico Úmido), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2024.

FETTER, P. R. **HIDROLISADOS DE RESÍDUOS DE RAÍZES E CAULES DE TABACO PARA ESTIMULAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ E MILHO**. 2018. 70f. Dissertação (Gestão e Tecnologia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Santa Cruz do Sul, 2018.

FRASCA, L. L. M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. S.; COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônomo do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 27–41, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v13i47.8571>

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; GARCIA, C. M. P.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante da produtividade do trigo irrigado na região do cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 1, p. 130-140, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n1.a277>

GALVÃO, E. R. **Extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) nas características físico-químicas e fisiológicas da videira ‘BRS Vitória’**. 2019. 55f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada), Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Campus III, Juazeiro, 2019.

GHADERIARDAKANI, F.; COLLAS, E.; DAMIANO, D. K.; TAGG, K.; GRAHAM, N. S.; COATES, J. C. Effects of green seaweed extract on Arabidopsis early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1983, 2019.

GOMES, A. F. A. **Análise de Componentes Principais para variáveis qualitativas: Exploração em R**. 2023. 112f. Dissertação (Mestrado em Bioinformática) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2023.

GONÇALVES, B. H. L.; SOUZA, J. M. A.; FERRAZ, R. F.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Efeito do bioestimulante *Stimulate*® no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 147-155, 2018.

GUERRA, A. M. N. M.; CRUZ, P. S.; CRUZ, L. S.; JESUS, A. C. D.; SANTOS, P. A., e AQUINO, C. F. Uso de bioestimulante *Stimulate*® na produção de mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 5, n. 1, p. 45-57, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.46636/recital.v5i1.305>

GUIRRA, K. S.; TORRES, S. B.; CARDOZO, L. V. F.; SILVA, J. E. S. B.; GUIRRA, B. S. Bioestimulante no tratamento pré-germinativo de sementes de cenoura. **Revista Ambientale**, v. 15, n. 1, p. 85–99, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.48180/ambientale.v15i1.438>

GUOLLO, K.; OTALAKOSKI, J.; POSSENTI, J. C.; DEL QUIQUI, E. M. Padrão de absorção de água para sementes de espécies florestais. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, n. 2, p. 72-80, 2018.

HAIR, J. F.; BLACK, W.; BABIN, B.; ANDERSON, R. **Multivariate Data Analysis**, 7ª ed.; Pearson: Londres, Reino Unido, 2010.

HAJAR, A. S. **Biorregulador: influência na germinação, vigor de sementes e na produção de mudas de rúcula**. 2015. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Universidade do Pampa, Campus Itaqui, Itaqui-RS,

2015.

HAMED, S. M.; ABD EL-RHMAN, A. A.; ABDEL-RAOUF, N.; IBRAHEEM, I. B. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2018.

HASANUZZAMAN, M.; PARVIN, K.; BARDHAN, K.; NAHAR, K.; ANEE, T. I.; MASUD, A. A. C.; FOTOPOULOS, V. Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. **Cells**, v. 10, n. 10, p. 2537, 2021.

HASEGAWA, M. M.; RODRIGUES, E. B.; TASHIMA, H.; MIYAMOTO, L. A. VALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) SOB DISTINTOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA FOTOVOLTAICA. **Revista Técnico-Científica**, n. 32, 2023.

HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M.; SANTACRUZ-RUVALCABA, F.; ZAÑUDO-HERNÁNDEZ, J.; HERNÁNDEZ-CARMONA, G. Activity of seaweed extracts and polysaccharide-enriched extracts from *Ulva lactuca* and *Padina gymnospora* as growth promoters of tomato and mung bean plants. **Journal of applied phycology**, v. 28, p. 2549-2560, 2016.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016.

IZIDÓRIO, T. H. C.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; ÁVILA, J.; ALVAREZ, R. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplântio das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015.

JESUS, J. S. **Análise multivariada e uso de redes neurais artificiais para caracterização de híbridos de tomateiro provenientes de parental masculino anão**. 2024. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2024.

JOLLIFFE, I.T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **The royal society**, v. 374, n. 2065, p. 20150202, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>

JORGE, L. G.; TORRES, T. P.; MARTINS, B. N. M.; ONOE, E. O.; RODRIGUES, J. D. Concentrações de biorreguladores na germinação e emergência do jiló. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 704–711, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.19084/rca.17478>

PINTO JÚNIOR, A. D. O.; MODESTO, A. O.; SILVA, F. B.; BORHES, D. F. Produção de mudas de alface americana em diferentes substratos. **Revista GeTeC**, v. 14, 2024.

KHAN, M. I.; SHIN, J. H.; KIM, J. D. The promising future of microalgae: Current

status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. **Microbial Cell Factories**, v. 17, n. 1, p. 1–21, 2018.

KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2023**. Editora Gazeta: Santa Cruz, 2023. 108 p.

KOCIRA, A.; LAMORSKA, J.; KORNAS, R.; NOWOSAD, N.; TOMASZEWSKA, M.; LESZCZYŃSKA, D.; KOSŁOWICZ, K.; TABOR, S. Changes in biochemistry and yield in response to biostimulants applied in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 189, 2020.

LEMENKOVA, P. Bibliotecas R {dendextend} e {magrittr} e pacote de clustering scipy. cluster de Python para modelagem de diagramas de árvores de dendrogramas. **Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering**, v. 13, n. 1, p. 5-12, 2020.

LOUZANO, F. S. O.; PINHEIRO, C. C. C.; KAROLINY, A.; SANTOS, A.; JUNIOR, J. P.; GALVÃO, J. R. INFLUÊNCIA DA PRÉ-EMBEBIÇÃO E TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO CAUPI. **III Congresso Internacional das Ciências Agrárias - Cointer PDVAgro**, 2018.

MA, Y.; FREITAS, H.; DIAS, M. C. Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. **Frontiers in Plant Science**. v.13, p. 1024243, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.1024243>

MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; SILVA, G. Z.; CRUZ, S. C. S.; GAMA, G. F.; COELHO, M. V. Discrimination of forage pea seed lots by means of multivariate techniques. **Científica (Dracena, SP)**, v. 47, n. 3, p. 321–326, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n3p321-326>

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. **Manual de boas práticas na produção de Alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p. 44, 2014.

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

MARCATO, O. R.; RUPOLO, E.; GONÇALEZ, H. A. R.; HENZ, F. L.; SACHSER, W. T.; DEPIERI, T. Vigor e germinação do milho com uso de Stimulate®. In: **CIÊNCIAS AGRÁRIAS: O AVANÇO DA CIÊNCIA NO BRASIL- VOLUME 2**. Editora Científica Digital, p. 323-327, 2021.

MARCHETTI, J. A. **EFEITO DE MICRORGANISMOS FIXADORES DE NITROGÊNIO QUE HABITAM A FILOSFERA NA NUTRIÇÃO DA ALFACE**. 2022. 63f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, 2022.

MARCOS-FILHO, J. **Seed Physiology of Cultivated Plants**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2016, 617p.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; MONTEBELLO, A. E. S.; SANTOS, J. A.;

PEDROSO, M. T. M. Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 59.; ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISADORES EM COOPERATIVISMO, 6., 2021, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: UnB, 2021.

MAZETO, J. P. D. A. **Influência da auxina, citocinina e giberelina quando comparadas às formas de uso, seja isolada ou combinadas, e seus efeitos sobre os aspectos morfológicos, fisiológicos, de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada em suas fases iniciais.** 2023. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Dracena, 2023.

MELO, P.; ABREU, C.; BAHCEVANDZIEV, K.; ARAUJO, G.; PEREIRA, L. Biostimulant effect of marine macroalgae bioextract on pepper grown in greenhouse. **Applied Sciences**, v. 10, n. 11, p. 4052, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/app10114052>

MENDES, F. T. C.; FREITAS, A. S.; ALCANTRA, E.; MARQUES, R. F. P. V.; OLIVEIRA, A. S.; BARBOSA, R. A.; JUNQUEIRA, R. R. Desempenho agrônômico de cultivares em aquaponia. **Research. Society and Development**, v. 10, p. e50610918176, 2021.

MENDES, J. C. **Agrupamento de dados e suas aplicações.** 2017. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, 2017.

MENDES, M. C.; NAVALHO, S.; FERREIRA, A.; PAULINO, C.; FIGUEIREDO, D.; SILVA, D.; GAO, F.; GAMA, F.; BOMBO, G.; JACINTO, R.; AVEIRO, S. S.; SCHULZE, P. S. C.; GONÇALVES, A. T.; PEREIRA, H.; GOUVEIA, L.; PATARRA, R. F.; ABREU, M. H.; SILVA, J. L.; NAVALHO, J.; VARELA, J. C. S.; SPERANZA, L. G. Algae as Food in Europe: An Overview of Species Diversity and Their Application. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1871, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods11131871>

MILHOMENS, K. K. B.; NASCIMENTO, I. R.; TAVARES, R. D. C.; FERREIRA, T. A.; SOUZA, M. E. Avaliação de características agrônômicas de cultivares de alface sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 2, p. 143-148, 2015.

MONTEIRO, D. V. R. **DOSES DE BIOESTIMULANTE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO.** 2024. 33f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia), Instituto Federal Goiano, Campus Posse, 2024.

MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; SANTOS, D. S.; LIMA, J. F.; COSTA, J. S. A. Biofertilizante como bioestimulante na germinação de feijão de porco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2021.

MORCELLI, A. V. **Aplicação de tecnologias de extração de clorofilas e**

carotenoides de microalgas e uso da biomassa microalgal na adsorção de metais pesados. 2021. 237f. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2021.

MOURA, Á. Q.; CORRÊA, E. B.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; LEÃO, A. C.; BOAVA, L. P. EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA ALFACE SUBMETIDA A DIFERENTES COMPOSTOS ORGÂNICOS. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 155–163, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.21206/rbas.v10i1.9245>

MUNIZ, V. R. D. S.; SILVA, M. D. S. Ação de Bioestimulantes na Germinação e Crescimento Inicial de Soja. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 38, n. 1, p. 1-12, 2020.

NABTI, E.; JHA, B.; HARTMANN, A. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 5, p. 1119-1134, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s13762-016-1202-1>

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, p. 21-24, 1999.

NETTA, M. A. S.; MENEZES FILHO, A. C. P.; BATISTA-VENTURA, H. R. F.; ANDRADE, C. L. L.; VENTURA, M. V. A. Stimulus on germination and initial development of maize cultivar AS 1820 with Stimullum® biostimulant. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 11, p. 100–107, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.14295/bjs.v1i11.220>

NOGUEIRA, M.; CRUZ, P. S.; CRUZ, L. S.; JESUS, A. C. D.; SANTOS, P. A.; AQUINO, C. F. Uso de bioestimulante Stimulate® na produção de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 5, n. 1, p. 45-57, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.46636/recital.v5i1.305>.

NUNES, A.; AZEVEDO, G. Z.; DUTRA, F. S.; SANTOS, B. R.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E. R.; MOURA, S.; VIANELLO, F.; MARASCHIN, M.; LIMA, G. P. P. Uses and applications of the red seaweed *Kappaphycus alvarezii*: a systematic review. **Journal of Applied Phycology**, p.1-42, 2024.

OLIVEIRA, A. C. C.; SILVA, E. A.; NACHTIGALL, G. R.; PADILHA, A. S. GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE ALFACE CRESPA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE BIOESTIMULANTE. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 3, n. 18, 2024.

OLIVEIRA, E. C.; TAKAHASHI, L. S. A.; MIGLIORANZA, É. Germinação de sementes de alface submetidas à embebição de diferentes concentrações de bioestimulante. **Revista Cultura Agronômica**, v. 23, n. 2, p. 115-122, 2014.

OLIVEIRA, E. R.; PEIXOTO, C. P.; ALMEIDA, A. T.; RIBEIRO, R. N. S.; COSTA, J. A.; VIEIRA, E. L. Ação de bioativador e bioestimulante na germinação de sementes e vigor de plântulas de amendoim. **South American Sciences**, v. 1, n. 2, p. e2088, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.17648/sas.v1i2.88>

OLIVEIRA, N. L. **ANÁLISE DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICOS**. 2022. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

OLIVEIRA, V. H.; ARAÚJO, M. M. M.; NASCIMENTO, C. D.; ROCHA JÚNIOR, F. E. L.; PAULA, A. C. C.; VAZ, T. A. A. Efeito do Extrato de Algas Marinhas na Germinação de Beterraba (*Beta vulgaris* L.). **XI Jornada Científica**. 2018a.

OLIVEIRA, V. H.; ARAÚJO, M. M. M.; NASCIMENTO, C. D.; ROCHA JÚNIOR, F. E. L.; VAZ, T. A. A. EFEITO DO EXTRATO DE ALGAS MARINHAS NA GERMINAÇÃO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*). **XI Jornada Científica**. 2018b.

OTA, A. C. M. **Revisão Sistemática Da Literatura Do Potencial De Aplicação Biotecnológica Das Algas**. 2021. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2021.

PAIM, B. T.; CRIZEL, R. L.; TATIANE, S. J.; RODRIGUES, R.; ROMBALDI, C. V.; GALLI, V. Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109578, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109578>

PERIN, A.; GONÇALVES, E. L.; FERREIRA, A. C.; SALIB, G; RIBEIRO, J. M.; ANDRADE, E; SALIB, N. Uso de promotores de crescimento no tratamento de sementes de feijão carioca. **Revista Global Science Technology**, v. 9, n. 3, p. 98-105, 2016.

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B.; SEZERINO, A. A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. 1ª ed. Editora Epagri. p. 141, 2016.

PINHEIRO, G. R.; LOPES, Y. A.; OLIVEIRA, I. M.; MOTA, D. H. Uso de bioestimulantes a base de extrato de algas em sementes de alface. **Anais do COMEIA**, v. 14, p. 89-89, 2023.

PRADO, T. N. B.; PEREIRA, J. L.; JAKELAITIS, A.; QUEIROZ TELES, J. B.; SILVA CAIXETA, K.; SANTOS, F. A.; AZEVEDO, A. F. Produtividade de variedades de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas em *mulching* de plástico e papelão. **Revista Foco**, v. 18, n. 2, p. e7705-e7705, 2025.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 849-862, 1980. DOI: <https://dx.doi.org/10.2307/2259460>

RAMOS, S. C.; GARCÍA, L.; BARBOZA, J. I.; BUSTAMANTE, D. E.; CALDERON, M. S. Effects of seaweed-based biostimulants on the morphophysiological profile of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Cogent Food & AgriCulture**, v. 11, n. 1, p. 2448594, 2025. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/23311932.2024.2448594>

REIS, L.; SANTOS, H.; SILVA, A.; GUISCHEM, J.; SANTOS, F. Embebição de sementes de pepino com soluções de ácido ascórbico e ácido fólico e sua influência na velocidade de germinação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. S3735-S3742, 2014.

RENAUT, S.; MASSE, J.; NORRIE, J. P.; BLAL, B.; HIJRI, M. A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. **Microbial biotechnology**, v. 12, n. 6, p. 1346-1358, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1751-7915.13473>

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. **Cultivo de alface crespa no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. 4p. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas, 134).

RODRIGUES, E. G.; SOUZA, K. D. S. M.; RODRIGUES, A. M. D. S. L. Uso de bioativador orgânico-revisão bibliográfica. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 12, p. e8254-e8254, 2024.

RODRIGUES, G. S. S.; ARAGÃO, C. A. Alface produzido em função de doses de esterco caprino. **Inovações em pesquisas agrárias e ambientais-Volume V**, p. 30-35, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.46420/9786585756433cap3>

ROMAGNA, I. S.; JUNGES, E.; KARSBURG, P.; PINTO, S. D. Q. Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor. **Scientia Plena**, v. 15, n. 10, 2019.

RUIZ, A. S.; SOUZA, S. V.; SABBAG, O. J. Sustentabilidade em cultivos tradicional e hidropônico de alface. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, p. 815-835, 2019.

SALEHI, B.; SHARIFI-RAD, J.; SECA, A. M. L.; PINTO, D. C. G. A.; MICHALAK, I.; TRINCONE, A.; MISHRA, A. P.; NIGAM, M.; ZAM, W.; MARTINS, N. Current Trends on Seaweeds: Looking at Chemical Composition, Phytopharmacology, and Cosmetic Applications. **Molecules**, v. 24, n. 22, p. 4182, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/molecules24224182>

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; RIBEIRO, A. A.; MONTEIRO, R. N. F.; SALES, F. A. L. Potencial de sementes de abóbora em diferentes períodos de molhe. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v. 9, n. 4, p. 289-297, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n4p289-297>

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; SANTOS, C. G.; FERREIRA, A. C.; SALIB, G. C. Viabilidade técnico-econômica do uso de bioestimulantes em semente de soja. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 1, p. 57-62, 2015.

SANTOS, C. A.; LOUREIRO, G. A. H. D. A.; GOMES, G. A.; PEREIRA, R. A.;

SODRÉ, G. A.; BARBOSA, R. M. Seed germination and development of desert rose seedlings (*Adenium obesum* Roem. & Schult) on different substrates. **Ciencia Rural**, v. 50, n. 12, p. e20190691, 2020.

SANTOS, N. H. S.; SILVEIRA, A. C. D.; FERNANDES, V. O.; MACHADO L. P. Efeito do extrato de algas no desempenho germinativo e crescimento radicular em sementes de feijão BRS Estilo em resposta a diferentes métodos de aplicação. **Hoehnea**, v.48, p. e1002020, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-100/2020>

SANTOS, K. R. G.; NASCIMENTO, T. L. EFEITO DO ÁCIDO GIBERÉLICO (GA3) NO PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES EM ACESSOS DE *Passiflora cincinnata* Mast. In: AMORIM, T. L. (Org.). **Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária: uma Abordagem Ampla**. Editora Omnis Scientia. v. 1, p. 77-84, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.47094/978-65-6036-585-8/77-84>

SANTOS, P. L. F. D.; ZABOTTO, A. R.; JORDÃO, H. W. C.; BOAS, R. L. V.; BROETTO, F.; TAVARES, A. R. Use of seaweed-based biostimulant (*Ascophyllum nodosum*) on ornamental sunflower seed germination and seedling growth. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 3, p. 231-237, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2447-536x.v25i3.2044>

SANTOS, P. L. F.; CASTILHO, R.M.M.; PINHEIRO, R.R. Seed position and influences on *Caesalpinia pulcherrima* germination and reserve proteins. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 2, p.119-125, 2019.

SCHLOERKE, B.; COOK, D.; LARMARANGE, J.; BRIATTE, F.; MARBACH, M.; THOEN, E.; ELBERG, A.; TOOMET, O.; CROWLEY, J.; HOFMANN, H.; WICKHAM, H. (2024). **GGally: Extension to 'ggplot2'**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/GGally/index.html>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

SHAKYA, R.; CAPILLA, E.; TORRES-PAGÁN, N.; MUÑOZ, M.; BOSCAIU, M.; LUPUȚ, I.; VICENTE, O.; VERDEGUER, M. Effect of Two Biostimulants, Based on *Ascophyllum nodosum* Extracts, on Strawberry Performance under Mild Drought Stress. **Agriculture**, v. 13, n. 11, p. 2108, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/agriculture13112108>

SHI, M.; GU, J.; WU, H.; RAUF, A.; EMRAN, T. B.; KHAN, Z.; MITRA, S.; ALJOHANI, A. S. M.; ALHUMAYDHI, F. A.; AL-AWTHAN, Y. S.; Bahattab, O.; Thiruvengadam, M.; Suleria, H. A. R. Phytochemicals, Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce - A Comprehensive Review. **Antioxidants**, v. 11, e. 1158, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/antiox11061158>

SHUKLA, P. S.; BORZA, T.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Carrageenans from Red Seaweeds as promoters of growth and elicitors of defense response in plants. **Frontiers in Marine Science**. v. 3, p. 1-8, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.3389/fmars.2016.00081>

SHUKLA, P. S.; MANTIN, E. G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A. T.;

PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. May, p. 1–22, 2019.

SILVA, É. G.; ESPÍNDOLA, J. S.; MEERT, L.; ARAÚJO, T. K. A. CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE BETERRABA PARA PRODUÇÃO DE BABY LEAF'S. **Revista Campo Digital**, v. 15, n. 1, 2020.

SILVA, F. R.; GONÇALVES-SOUZA, T.; PATERNO, G. B.; PROVETE, D. B.; VANCINE, M. H. 2022. **Análises ecológicas no R**. Recife: Nupeea; São Paulo: Canal 6, 2022. 640 p.

SILVA, G. Z. D.; MARTINS, C. C.; BRUNO, R. D. L. A.; PEREIRA, F. E. C. B.; JEROMINI, T. S. Análise multivariada e testes de vigor na determinação da qualidade de sementes de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 291-299, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20190034>

SILVA JÚNIOR, J. S. **Aplicação de produtos biológicos estimulantes no desenvolvimento vegetal em hortaliças**. 2022. 37f. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022.

SILVA, K. W. S. G.; MALTA, A. S.; BERTO, T. S.; MELO, L. D. F. A.; MELO JÚNIOR, J. L. A. Dendrograma para ranquear vigor em variedades de trigo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 22, número especial, p. 1-5, 2024.

SILVA, L. M. M.; ALMEIDA, F. A. C.; QUEIROGA, V. P. Germinação de Sementes. In: BARROS NETO, J. J. S.; ALMEIDA, F. A. C.; QUEIROGA, V. P.; GONÇALVES, C. C. (org.). **SEMENTES: ESTUDOS TECNOLÓGICOS**. Aracaju, IFS, p. 85-95, 2014.

SILVA, M. B. P.; SILVA, V. N. Biocondicionamento de sementes de tomate com extrato de alga vermelha. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, p. 28-35, 2021.

SILVA, M. F.; ASSUNÇÃO, C. T.; CONDÉ, S. A.; NASCIMENTO, H. R.; MOURA, L. O.; SANTOS, N. E.; ROSMANINHO, L. B. C. Manejo e tratos culturais na cultura da alface. In: **CIÊNCIAS AGRÁRIAS: LIMITES E POTENCIALIDADES EM PESQUISA**. Editora Científica Digital, v. 3, p. 87-99, 2023.

SILVA, R. S.; FOGAÇA, J. J. N. L.; MOREIRA, E. S.; PRADO, T. R.; VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulantes. **Revista Scentia Plena**, v. 12, n. 10, 2016.

SILVA, V. N.; HAJAR, A. S.; DOTTO, L.; SENNA, E. G.; MENEZES, H. M.; DINIZ, K. P. Efeito de biorregulador na germinação e crescimento de plântulas de rúcula (*Eruca sativa*L.). *Revista Biociências*, v.23, n.1, p.69-75, 2017.

SOUSA, I. C. H. **Produção de mudas com variedades de alface em diferentes substratos**. 2024. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciada em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde,

Cuité, Paraíba, Brasil, 2024.

SOUSA, F. F.; LEÃO, G. P.; LIMA, R. P. DESEMPENHO DA CULTURA DA ALFACE EM SUBSTRATOS ALTERNATIVOS. **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 54, 2024.

SOUZA, Í. R.; SANTOS, L. B.; SOUZA, T. M. A.; SANTOS, E. B.; SOUZA, G. C.; AQUINO, T. N.; CORREIA, M. D. C. A. Uso de extratos de algas marinhas no tratamento de sementes na cultura da cebola. **Revista Delos**, v. 17, n. 61, e2505, 2024.

SOUZA, Ê. G. F.; RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, L. A. F.; SENNA, J. S.; NETO, S.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M. Produtividade de cultivares de alface em função da idade de colheita no semiárido Potiguar, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 282-288, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i3.5771>

SOUZA, L. P.; FRANCO JÚNIOR, K. S.; RIBEIRO, V. M.; BRIGANTE, G. P. Biostimulant *Ascophyllum nodosum* in corn crop. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e21112240072, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40072>.

SOUZA, S. P.; ALVES, L. M. B.; MARANHÃO, E. F. MÉTODOS DE SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ALFACE ORGÂNICA. **Revista Alomorfia**, v. 4, n. 2, p. 86-97, 2020.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em 17 de dezembro de 2024.

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

TERNUS, F. L.; TORTELLI, B.; MILANESI, P. M.; SILVA, V. N. Efeito do extrato de *Ascophyllum nodosum* na germinação de sementes de couve em diferentes temperaturas. **Scientific Electronic Archives**, v.14, n. 5, p. 29–34, 2021.

TOMIO, D. B.; ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; SOUZA, L. G. S. Economia no cultivo protegido de alface orgânica com o uso de mudas desenvolvidas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, p. 81-88, 2021.

VAN DER WESTHUIZEN, S.; HEUVELINK, G. B. M.; GARDNER-LUBBE, S.; CLARKE, C. E. Biplots for Understanding Machine Learning Predictions in Digital Soil Mapping. **Ecological Informatics**, v. 84, p. 102892, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102892>

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, p. 1-12, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

VALDERRAMA, L.; PAIVA, V. B.; MARÇO, P. H.; VALDERRAMA, P. PROPOSTA Experimental didática para o ensino de análise de componentes principais. **Quim. Nova**, v. 39, n. 2, p. 245-249, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150166>

VENDRUSCOLO, E. P.; MARTINS, A. P. B.; SELEGUINI, A. Promoção no desenvolvimento de mudas olerícolas com uso de bioestimulante. **Journal of gromomic Sciences**, Umuarama, v. 5, n. 2, p. 73-82, 2016a.

VENDRUSCOLO, E. P.; MARTINS, A. P. B.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A.; SANTOS, M. M. THERMAL STRESS ALLEVIATION BY BIOSTIMULANT APPLICATION ON CANTALOUPE MELON SEEDS. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 3, p. 241–247, 2016b. DOI: <https://dx.doi.org/10.18011/bioeng2016v10n3p241-247>

VARELLA, C. A. A. **Análise de componentes principais** (1ª ed.). Seropédica: UFFRJ, 2008.

VARENHOLT, T. L.; KRUEK, R. A. (2024). AVALIAÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO DE *Oedogonium* sp. NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA COUVE (*Brassica oleraceae* L.). **Interfaces Científicas - Saúde E Ambiente**, n. 9, n. 3, p. 509–523, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.17564/2316-3798.2024v9n3p509-523>

VASCONCELOS, A. G.; ARAÚJO, K. V.; SANTANA, L. D. A. B. Polissacarídeos extraídos de algas marinhas e suas aplicações biotecnológicas: uma revisão. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde**, v. 5, n. 3, p. 27-51, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.18816/r-bits.v5i3.5898>

VICINI, L.; SOUZA, A. M.; MORALES, F. E. C.; SOUZA, F. M. **Técnicas multivariadas exploratórias: teorias e aplicações no software statistica**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 240 p.

VIEIRA, E. L.; CARVALHO, Z. S. Fisiologia de sementes: Parte I – formação e germinação de sementes. **Boletim Científico Agrônomo do CCAAB/UFRB**, v. 1, p. e2259, 2023.

VIEIRA, F. P. **Efeitos da adubação foliar de micronutrientes em conjunto com bioestimulantes: Uma revisão de literatura**. 2021. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2021.

WANG, M.; CARVALHO, S. M. P. Bioestimulantes na agricultura: categorias, legislação, oportunidades e desafios. **Revista Agrotec**, v. 26, p. 30-33, 2018.

WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L.; PEDERSEN, T. L.; TAKAHASHI, K.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H.; DUNNINGTON, D.; VAN DEN BRAND, T. (2025). **ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>. Acesso em: 23 mai. 2025.

WYLOT, E.; RAMOS, R. F.; MELLO, A. M.; SOBUCKI, L.; DOSSIN, M. F. & PAVANELO, A. M. Germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. submetidas a diferentes tratamentos com bioestimulante. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 22, n. 1, p. 121-131, 2019.

YAKHIN, O. I.; ALEKSANDR A. L.; ILDUS A. Y.; PATRICK H. B. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 01-32, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

YOKORO, G. K.; PEREIRA, J. A. Produção e comercialização de alface: um estudo a partir da perspectiva dos produtores do município de Naviraí/MS. **Revista Agropampa**, v. 3, n. 3, p. 64-79, 2020.

ZACARIAS, M. E. A. S. **Desempenho de cultivares de alface crespa, em ambiente protegido e a céu aberto, em sistema de produção agroecológica, no período chuvoso**. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Tecnologia em Agroecologia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Ipanguaçu, 2023.

ZANDONADI, D. B. Bioestimulantes e produção de hortaliças. Embrapa Hortaliças. Artigo de divulgação na mídia. **INFOTECA-E**, p. 14-15, 2018.

ZHANG, Z.; MURTAGH, F.; VAN POUCKE, S.; LIN S.; LAN P. Hierarchical cluster analysis in clinical research with heterogeneous study population: highlighting its visualization with R. **Annals of translational medicine**, v. 5, n. 4, p.75, 2017.

ZOLFAGHARI, F.; KHOSRAVI, H.; SHAHRIYARI, A.; JABBARI, M.; ABOLHASANI, A. Hierarchical cluster analysis to identify homogeneous desertification management units. **PLoS One**, v. 14, n. 12, p. e0226355, 2019.