



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS TRINDADE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (CCB)  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - DIURNO

Paulo César Lemes Póvoa

**Avaliação do efeito do extrato aquoso de *Kappaphycus alvarezzi* na  
germinação e desenvolvimento de plantas de interesse econômico**

Florianópolis

2023

Paulo César Lemes Póvoa

**Avaliação do efeito do extrato aquoso de *Kappaphycus alvarezzi* na germinação e desenvolvimento de plantas de interesse econômico**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Campus Trindade, do Centro de Ciências Biológicas (CCB), da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Antunes Horta Júnior

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Povoa, Paulo Cesar Lemes

Avaliação do efeito do extrato aquoso de *Kappaphycus alvarezzi* na germinação e desenvolvimento de plantas de interesse econômico / Paulo Cesar Lemes Povoa ; orientador, Paulo Antunes Horta Junior, 2023.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Bioestimulantes à base de macroalgas. 3. Tratamento de sementes. 4. Germinação. I. Junior, Paulo Antunes Horta. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Paulo César Lemes Póvoa

**Avaliação do efeito do extrato aquoso de *Kappaphycus alvarezzi* na germinação e desenvolvimento de plantas de interesse econômico**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 30 de junho de 2023.

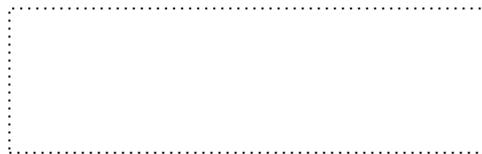


Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Daniela de Toni  
Coordenação do Curso

**Banca examinadora**



Prof. Dr. Paulo Horta Antunes Júnior  
Orientador(a)



Prof. Dr. Paulo Mito  
Avaliador



Prof. Dr. Leonardo Rorig  
Avaliador

Florianópolis, 2023

A todos aqueles que fizeram parte da minha formação;  
Familiars, amigos e professores, um grande obrigado!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu devo agradecer a todos os meus familiares e amigos que me apoiaram nessa difícil decisão de me ausentar da minha cidade natal para viver um sonho e arriscar tudo pela minha formação;

Ao meu pai, Paulo, por sempre me apoiar independentemente das minhas escolhas. Você é meu porto seguro, e sem você eu não teria sido capaz de chegar até aqui.

À minha avó, Maria Gilda, por toda gentileza e amor que sempre me deu forças para continuar.

À minha mãe, Márcia, que sempre aturou minhas crises e me deu força para seguir. Você é meu exemplo de força e independência.

Ao meu pai, Flávio, por ter me ajudado mesmo quando não podia, e me deu conselhos incríveis mesmo eu achando que não tinha mais o que aprender.

Um grande muito obrigado ao meu orientador Prof.º Dr.º Paulo Horta, por ter acreditado em mim e me dado a oportunidade de aprender tanto e vivenciar o laboratório de Ficologia nas fases finais da minha graduação. Sem você eu não teria conseguido nem escrever este trabalho. Muito obrigado por todos os ensinamentos e por dar suporte para que eu pudesse andar com minhas próprias pernas.

Um enorme agradecimento ao produtor de algas Ruy Wolf, pois foi ele quem doou o extrato de *Kappaphycus alvarezii* para o laboratório, e sem ele esse trabalho não seria possível.

Ao grupo de amigos Filhos do Senhor: Binho; Vitão; Henricão; Juan; Luquinhas; Luiz; Mickey; Pado; Vine; Bola; Orlando e Vitz por terem sido e continuaram sendo até hoje minha segunda família em Florianópolis. Sem vocês eu jamais teria conseguido chegar até aqui, e sou imensamente grato desde o primeiro dia de amizade.

Aos meus amigos da graduação, principalmente Xandão, Baleia, e Jéssica, por terem feito esse tempo ser muito mais proveitoso.

Aos meus amigos de Goiânia, que por meio da internet sempre estiveram presentes.

E a todos que eu possa ter esquecido o nome (pois são muitos), e que fizeram parte de qualquer forma dessa minha passagem, um muito obrigado!

*“Existem três coisas que não podem ser interrompidas: o sonho dos homens, o fluxo do tempo, e a vontade herdada. Enquanto as pessoas continuarem buscando o sentido da liberdade tudo isso jamais deixará de existir” – Gol D. Roger (Eiichiro Oda)*

## RESUMO

A busca por tecnologias mais sustentáveis é imprescindível no cenário de crise climática que vivemos hoje no mundo, principalmente na agricultura, que se consolidou como uma das grandes razões para muitos dos danos ambientais que são causados até hoje. As algas se tornaram nos últimos anos, uma grande fonte de pesquisa em busca de estratégias e inovações tecnológicas que ajudem a substituir as práticas agressoras por práticas mais sustentáveis, principalmente na agricultura. Com isso, este trabalho avaliou o efeito do extrato líquido da alga vermelha *Kappaphycus alvarezii* sobre plantas de interesse econômico: alface (*Lactuca sativa*); beterraba (*Beta vulgaris*); cenoura (*Daucus carota*); manjeriço (*Ocimum basilicum*); morango (*Fragaria ananassa*) e rúcula (*Eruca sativa*) para a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas. O experimento aconteceu em laboratório, com placas de Petri forradas com papel-filtro e subdivididas em seis triangulares de mesma área para comportar as sementes estudadas. Utilizou-se o extrato aquoso puro de *K. alvarezii* 100% para preparação por diluição nas concentrações de 20%; 10%; 7.5%; 5% e 2.5% de solução e sementes de microverdes da marca ISLA – Multi. Após dez dias de experimento, os desenvolvimentos foram analisados quanto à: germinação; desenvolvimento da radícula; surgimento e desenvolvimento da parte aérea, e surgimento do cotilédono. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância ANOVA, seguida do teste a posteriori de Newman-Keuls, e atenção aos pressupostos. O resultado revelou variações significativas ( $p < 0,05$ ), impostas pelo extrato na germinação e no desenvolvimento inicial das diferentes espécies, sendo que as maiores concentrações revelaram efeitos inibitórios e a menor concentração indução dos descritores avaliados. Nossas observações corroboram aquilo que tem sido observado nas avaliações realizadas com a espécie e do grupo de organismos em diferentes regiões do globo, reforçando a viabilidade de sua produção e utilização ao redor do planeta, favorecendo uma agricultura orgânica e ainda mais comprometida com a saúde ambiental.

**Palavras-chave:** *Kappaphycus alvarezii*, bioestimulante, plantas, crise climática, extrato líquido.

## ABSTRACT

The search for more sustainable technologies is essential in the current scenario of climate crisis that we are facing worldwide, particularly in agriculture, which has emerged as one of the major causes of environmental damage that persists to this day. In recent years, algae have become a significant subject of research in the quest for strategies and technological innovations that can replace harmful practices with more sustainable alternatives, especially in agriculture. In light of this, this study evaluated the effect of the liquid extract of the red algae *Kappaphycus alvarezii* on economically important plants: lettuce (*Lactuca sativa*), beetroot (*Beta vulgaris*), carrot (*Daucus carota*), basil (*Ocimum basilicum*), strawberry (*Fragaria ananassa*), and arugula (*Eruca sativa*), specifically focusing on seed germination and early seedling development. The experiment was conducted in a laboratory using Petri dishes lined with filter paper and subdivided into six equally sized triangular sections to accommodate the studied seeds. The pure aqueous extract of *K. alvarezii* was used at concentrations of 20%, 10%, 7.5%, 5%, and 2.5% for preparation by dilution, along with microgreen seeds from the brand ISLA - Multi. After ten days of the experiment, the following aspects of development were analyzed: germination rate, radicle development, emergence and growth of the aerial part, and cotyledon emergence. The obtained results were subjected to ANOVA analysis ( $p < 0.05$ ), followed by the Newman-Keuls post hoc test ( $p < 0.05$ ), taking into account the assumptions. The results revealed significant variations induced by the extract in the germination and early development of the different species, with higher concentrations showing inhibitory effects and the lowest concentration demonstrating an induction of the evaluated descriptors. Our observations corroborate previous findings from evaluations conducted with this species and organism group in different regions around the globe, further supporting the feasibility of its production and utilization worldwide, promoting organic agriculture and a greater commitment to environmental health.

**Keywords:** *Kappaphycus alvarezii*, biostimulant, plants, climate crisis, liquid extract

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do extrato de <i>Kappaphycus alvarezzi</i> ; principais componentes em % (porcentagem) e ppm (partes por milhão).....	19
---	----

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>18</b>
2.1	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
2.1.1	Área de Estudo.....	18
2.1.2	Detalhamento do Extrato e Aplicação.....	18
2.1.3	Medidas e Observações .....	21
2.1.4	Análises Estatísticas .....	23
2.2	RESULTADOS.....	23
2.2.1	Alface ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	23
2.2.2	Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> ) .....	26
2.2.3	Cenoura ( <i>Daucus carota</i> ) .....	27
2.2.4	Manjeriço ( <i>Ocimum basilicum</i> ) .....	29
2.2.5	Morango ( <i>Fragaria ananassa</i> ) .....	31
2.2.6	Rúcula ( <i>Eruca sativa</i> ).....	34
2.3	DISCUSSÃO.....	37
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da crise climática e ambiental, a ciência procura dedicar seus esforços para cada vez mais substituir práticas que agridem o meio ambiente por outras ecologicamente amigáveis, que podem reduzir os impactos já causados, ou que possibilitem substituir recursos não-renováveis por recursos renováveis (Ingle et al. 2017). No âmbito da agropecuária, temos inúmeras práticas que até hoje são aplicadas em grande escala, mas que já foram comprovadas como danosas ao meio ambiente e ao clima do planeta, como por exemplo o uso de agrotóxicos, que apesar de elevarem a produtividade agrícola, causam contaminações do ambiente e do próprio ser humano (Bohner, Araujo e Nishijima, 2013). Da mesma forma que os agroquímicos aumentam a produtividade, também causam fortes impactos, como o comprometimento de águas subterrâneas e superficiais pelo escoamento tanto do agrotóxico quanto de seus resíduos: a questão da deriva do agrotóxico durante a aplicação, diminuindo a eficiência do mesmo, e contaminando o ambiente ao redor que não deveria ser pulverizado pela substância (Leite e Serra, 2013). Outro exemplo é o uso constante de fertilizantes químicos para acelerar o processo de crescimento, e também aumentar a produtividade. Porém, assim como os agrotóxicos, os fertilizantes químicos também impactam o meio ambiente, principalmente na questão dos ciclos biogeoquímicos (Nogueira, Matsuura e Kulay, 2016).

Entretanto, com a disseminação e o entendimento cada vez maior da problemática em questão, criam-se estratégias de mitigação dos agroquímicos amplamente utilizados, por inovações que podem gerar efeito semelhante ou superior de produtividade, mas que agridem menos ou venham a recuperar o meio ambiente e até a saúde do consumidor final. O fertilizante químico está sendo cada vez mais substituído por fertilizantes naturais à base de biomassa (Singh et al; 2015), ou por extratos de outros compostos que tem o mesmo efeito, como o bioestimulante de extrato líquido feito à base de macroalgas (Featonby e Van Staden, 1983). Um bioestimulante é um tipo de fertilizante que fornece nutrientes e assistência para que as plantas tenham melhor desenvolvimento, geralmente utilizado como aplicação foliar, sendo comumente encontrado em forma de pó ou líquido que pode ser aplicado em sementes para auxiliar na germinação (Campos et al., 2022).

As macroalgas são produtores primários reconhecidos como algas vermelhas (Rhodophyta); algas verdes (Chlorophyta) e algas marrons (Ochrophyta) apresentam aplicações na agricultura e horticultura reconhecida por décadas (Verkleij, 1992). Desses grupos que possuem o potencial de se tornar extrato ou bioestimulante, destacam-se as algas vermelhas que apresentam representantes que estão sendo cultivados no litoral Brasileiro. Deste grupo, das espécies potenciais para se produzir um extrato líquido, destaca-se a espécie *Kappaphycus alvarezzi*. Conhecida também como eucheuma (Ask, 2001), ou gusô; é uma das espécies mais utilizadas em cultivo (Valderrama, Cai e Hishamunda; 2013), principalmente por sua grande capacidade de gerar biomassa (Tee et al. 2015) e importância industrial associada à extração de substância coloidal conhecida como carragenana (Bindu e Levine; 2011). Além disso, ela pode servir como fonte de alimento, como acontece em países da Ásia, onde seu cultivo abastece uma das poucas indústrias disponíveis para populações costeiras (Ask; 1999).

Além destes usos já consagrados no oriente, a biomassa de algas possui várias outras aplicações relacionadas por exemplo à indústria farmacêutica, de cosméticos e de biocombustíveis, ou mais recentemente ao sequestro e crédito de carbono (Brasil e Costa, 2016). Nos últimos anos vem se destacando no mundo a utilização da biomassa de algas como fonte de extrato líquido com potencial utilização na agricultura. Alguns estudos, revelam que estas substâncias têm potencial de funcionar como bioestimulante para espécies diversas de plantas (da Costa, 2015).

Considerando que o cultivo de algas remove N e P da água do mar, substâncias que estão relacionadas à crescente eutrofização das regiões costeiras do planeta, sua produção além de gerar aplicações diversas pode ajudar a resolver problemas ambientais. Ao mesmo tempo, sua produção pode contribuir de maneira sustentável, portanto, para a geração de alimentos, energia, restauração ambiental e auxiliar na mitigação dos problemas relacionados ao aquecimento global, pois seu crescimento é resultado de absorção de grandes quantidades de carbono (Ingle et al, 2018).

Infelizmente hoje, durante o processo de produção e processamento, grandes quantidades de biomassa de *K. alvarezzi* ainda são desperdiçadas e tratadas como lixo (Ingle et al. 2018). Por exemplo, na extração de carragenana, cerca de 70% de massa sólida é descartada (Ingle et al. 2018), sendo que,

juntamente com o extrato aquoso, poderiam ser utilizados como matéria-prima para o desenvolvimento de outras aplicações (Eswaran *et al.* 2015). Por outro lado, além da matéria-prima, a adição dessa biomassa no solo melhora os aspectos físico-químicos e biológicos do mesmo (McHugh, 2003).

Nos últimos anos, o extrato líquido à base de algas vem sendo estudado como um potencial substituto para o fertilizante químico através da transformação em extrato líquido aplicável (Ingle *et al.*, 2018). Essa possibilidade se dá pela presença de elementos traço na composição dessas algas, como Mg, Mn, Fe, Zn, entre outros; nutrientes indispensáveis ao crescimento vegetativo (fósforo, nitrogênio e potássio); e hormônios de crescimento: citocininas e auxinas (Singh *et al.*; 2015). Zodape *et al.* 2009 realizou um estudo sobre a composição mineral e química do extrato de *K. alvarezzi*, demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do extrato de *Kappaphycus alvarezzi*; principais constituintes em % (porcentagem); ppm (partes por milhão) e Mg L<sup>-1</sup>.

Composto	Quantidade (% e ppm)	Quantidade (Mg L <sup>-1</sup> )
Nitrogênio (N)	0,45 – 0,7 (%)	–
Ácido indol-3-acético (IAA)	25,14 (ppm)	27
Fósforo (P)	0,007- 0,01 (%)	17 (P <sup>3+</sup> )
Potássio (K)	1,60 – 2,10 (%)	33,654 (K <sup>+</sup> )
Sódio (Na)	0,45 – 0,70 (%)	198 (Na <sup>+</sup> )
Cálcio (Ca)	0,04– 0,06 (%)	321 (Ca <sup>2+</sup> )
Magnésio (Mg)	0,06– 0,07 (%)	1112 (Mg <sup>2+</sup> )
Manganês (Mn)	6 – 9 (ppm)	2,1 (Mn <sup>2+</sup> )
Ferro (Fe)	100 – 160 (ppm)	86 (Fe <sup>2+</sup> )
Cobre (Cu)	7 – 11 (ppm)	0.65 (Cu <sup>2+</sup> )
Zinco (Zn)	19 – 25 (ppm)	4,7 (Zn <sup>2+</sup> )
Cobalto (Co)	2 – 5 (ppm)	–
Cromo (Cr)	–	32 (Cr <sup>3+</sup> )
Molibdênio (Mo)	2 (ppm)	–
Níquel (Ni)	–	3,5 (Ni <sup>3+</sup> )
Sulfato	1,06 – 1,20 (%)	–
Cloreto	2,36 – 2,70 (%)	–
Colina	–	57
Glicina-Betaína	–	79
Matéria Orgânica	1,05 – 1,40 (%)	–
Cinetina	8,50 (ppm)	–
Zeatina	20,10 (ppm)	20
Giberelina	27,10 (ppm)	24

Fonte: Zodape *et al* 2009; Pramanick *et al*; 2017

Com isso em mente, é possível destacar que o extrato tem a capacidade de melhorar a qualidade da planta, seja em produtividade ou melhorando aspectos biológicos da mesma, ao mesmo tempo em que pode causar efeitos diferentes, uma vez que o extrato pode ter seu conteúdo alterado dependendo da época de coleta da alga (Featonby e Van Staden, 1983). Aplicações foliares do bioestimulante de *K. alvarezzi* foram feitas em soja e resultaram em um aumento de 57% em absorção de nutrientes (Rathore *et al.*, 2009). Um experimento com o mesmo extrato diluído em diferentes concentrações: 1%; 2%; 5% e 10%, demonstraram efeitos significativos na germinação e desenvolvimento de arroz (*Oryza sativa* L.), pimenta (*Capsicum annum* L.), e amendoim (*Arachis hypogea* L.) para o extrato de concentração 2% para os dois primeiros e para 1% para o último (Babu & Rengasamy, 2012). Por isso, hoje existe a possibilidade de criar biorrefinarias dessas macroalgas (Ingle et al, 2018) para atender as necessidades não só de maneira industrial, mas também sustentável, e futuramente para produção dos bioestimulantes e biofertilizantes.

Dentro dessa mesma questão, além de *K. alvarezzi*, diversas outras algas também são exploradas com essa finalidade: pesquisadores experimentaram o efeito da adição de extratos de algas em plantações de trigo e ervilha, através do uso de cinco espécies diferentes: *Arthrospira platensis* (Spirulina); *Chlorella sp.* (Chlorophyta); *Palmaria palmate* (Rhodophyta); *Laminaria digitata* e *Ascophyllum nodoso* (ambas Ochrophyta), e o resultado foi promissor em todas, com efeitos diferentes. Por exemplo, *P. palmata* aumentou as concentrações de P, N e C no solo assim como *Chlorella* e *L. digitata* (Ammar et al., 2022), confirmando a capacidade do fertilizante à base de alga de aumentar as concentrações de nitrogênio no solo. Especificamente, *Chlorella sp.* junto com outras espécies de algas verdes por exemplo, já foram experimentadas como fertilizante em milho, promovendo crescimento e aumento da composição de metais-traço na planta; melhora da qualidade do fruto com aumento de açúcares nos carotenoides e melhora na germinação nos mesmos aspectos trabalhados neste estudo, também em arroz e trigo com melhoras semelhantes (Ammar et al., 2022). No âmbito das rodófitas, o nitrogênio fixado foi um dos efeitos mais promissores, junto com a promoção de substâncias que aumentam o crescimento, possivelmente hormônios vegetais (Ammar et al., 2022, Tabela 2). Hoje, já existem produtos vendidos como bioestimulantes que são à base de *K. alvarezzi* como o AgroGain, da empresa

indiana Sea6Energy, comercializado com a promessa de efeitos estimulantes durante o crescimento vegetativo da planta (SEA6ENERGY, 2022).

Entretanto, em determinadas concentrações do bioestimulante, ou dependendo da espécie de planta, os bioativos das macroalgas podem inibir a germinação e o crescimento vegetativo, fato ocorrido com a espécie de trigo *Fagopyrum esculentum* Moench (Anisimov *et al.*, 2013). Isso é válido para todos os extratos de algas, porém, vale ressaltar que uma determinada concentração pode inibir o desenvolvimento de um componente da planta, mas melhorar o de outro, indicando que diferentes concentrações podem ser aplicadas dependendo do estágio de vida da planta para obter melhores resultados (Anisimov *et al.*, 2013). Outros estudos já trataram da inibição da germinação através de outros bioestimulantes, como extratos aquosos de diferentes plantas (Carley & Watson, 1968.), levando à conclusão semelhante de que a questão inibição ou estímulo irão variar de acordo com a espécie, concentração e período da vida da planta em que o bioestimulante foi utilizado.

Vale ressaltar que o uso recorrente dos químicos gerou um grande acúmulo de substâncias tóxicas nos solos. Esses compostos são absorvidos pelas plantas, que são ingeridas pelos seres humanos, e ao serem absorvidos, podem causar problemas de saúde crônicos (Silva, 2015). Por outro lado, o biofertilizante à base de algas não possui esse tipo de problemática, e, portanto, seu impacto ambiental é baixo, além de fornecer nutrientes regularmente oriundos da decomposição da matéria orgânica (Sandoval, Villorín e González, 2017). Entretanto, alguns aspectos ainda são melhores se analisados a partir do fertilizante químico. Por exemplo, nos estudos de Sandoval, Villorín e González, em 2017, a planta tratada com fertilizante químico teve maior tamanho em suas estruturas do que as tratadas com o algal, isso devido à presença maior de nitrogênio em compostos no fertilizante químico. Em outros estudos, por exemplo, o arroz foi alvo de um estudo semelhante na Índia por Singh *et al.*; 2015, onde aplicou-se extrato de *Kappaphycus alvarezii* durante todas as fases de crescimento da planta, e o resultado foi positivo, produzindo mais grãos, inflorescências e melhorando o custo benefício da plantação. Um mesmo teste, mas com tubérculos de batata, obteve resultados semelhantes em melhoria vegetativa (Pramanick *et al.*; 2017).

Dito isso, abre-se a necessidade de entender cada vez mais como esses bioestimulantes podem agir em diferentes espécies, e em diferentes estágios de vida

da planta, principalmente as de interesse econômico, buscando o mesmo aumento da produtividade concedido pelo fertilizante químico, mas sem os impactos ambientais do mesmo.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito do extrato líquido de *Kappaphycus alvarezzi* sobre a germinação e o crescimento vegetativo de espécies de importância econômica ao longo de dez dias.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito do extrato de *K. alvarezzi* sobre a germinação das sementes;
- Analisar o efeito do extrato sobre o crescimento da radícula; surgimento e desenvolvimento das partes aéreas e aparecimento do cotilédone;
- Estimar qual faixa de concentração será ótima para cada espécie.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1.1 Área de Estudo

O estudo aconteceu nas dependências do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis; nas coordenadas 27 ° 36' Sul e 48° 31' Oeste. O experimento foi realizado em laboratório, de forma que as condições como luminosidade, umidade e temperatura foram controladas. O experimento iniciou-se no inverno do hemisfério sul de 2022, no fim do mês de agosto, e o crescimento vegetativo foi acompanhado durante dez dias, adicionando o extrato apenas no início da germinação.

#### 2.1.2 Detalhamento do Extrato e Aplicação

O extrato líquido de *Kappaphycus alvarezzi* já se encontrava disponível no Laboratório de Ficologia, no Departamento de Botânica no mesmo local do experimento, doado pelo produtor de algas Ruy Wolf, feito através da maceração da alga em liquidificador para extração líquida dos componentes (Zanella *et al.*, 2022) e em seguida o produto foi colocado sob uma prensa hidráulica para extração total. O extrato estava na concentração de 100%, e através deste fez-se os cálculos de diluições em água destilada para a produção de concentrações mais baixas buscando melhores resultados (Babu & Rengasamy, 2012). Foram utilizadas cinco concentrações diferentes, mais o controle, totalizando seis diferentes cenários. As concentrações abordadas foram definidas com a letra "C" da seguinte forma: C1 = 20%; C2 = 10%; C3 = 7,5%; C2 = 5%; C1= 2,5%; Co (Controle) = 0% (água destilada).

As espécies estudadas foram: alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa*), cenoura (*Daucus carota*), beterraba (*Beta vulgaris*), morango (*Fragaria ananassa*) e manjericão shanti (*Ocimum basilicum*). O protocolo de germinação foi igual para todas as espécies de acordo com estudos passados (Araújo *et al.*, 2007; Ramos, 2023; Morelato, 2019) com pequenas alterações: Foram feitas cinco réplicas de cada germinação para cada concentração de extrato, totalizando 30 réplicas. A germinação aconteceu dispondo dez sementes (para 5 das 6 espécies); e 6 sementes (no caso da Beterraba, devido ao tamanho da mesma não comportar 10

no espaço destinado) em placas de Petri esterilizadas (manipuladas com pinça previamente esterilizada com álcool) sob um par de papel filtro qualitativo 80g (Unifil – 12,5 cm diâmetro), assim como feito em outros estudos com germinação (Gabriel *et al.*, 2002; Carley & Watson, 1968). O papel filtro foi previamente dividido em 6 partes semelhantes para que as espécies fiquem separadas e possam ser analisadas individualmente conforme na Figura 1.

Figura 1: placas de Petri com as divisões para a germinação das sementes, assim como a distribuição das mesmas.



Fonte: elaborado pelo autor

Cada uma das placas foi banhada com 10mL de solução de extrato (de C1 a C5) ou 10mL de água destilada (para o CO – controle) aplicados via pipeta – 10 mL. As placas foram vedadas com papel plástico para evitar desidratação, e germinadas em câmara de cultivo escura (Figura 2-b); separadas em bandejas e colocadas em prateleiras conforme a Figura 2-a, à temperatura ambiente (25° C). As sementes utilizadas foram de microverdes, 100% naturais, livres de agrotóxicos e transgênicos; da marca ISLA – Multi. A validade e viabilidade das sementes foram checadas e atestadas de acordo com o fabricante.

Figura 2: (a) prateleiras para germinação das sementes;  
(b) entrada da câmara de cultivo com porta vedada;



Fonte: elaborado pelo autor

Cada placa de Petri foi rotulada de acordo com a concentração aplicada, e a numeração da réplica para organização. Em três momentos, as placas de Petri eram retiradas da câmara de cultivo, e o plástico removido para a captura das imagens, e em seguida substituído por outro para manter a vedação completa. A manipulação foi feita com extremo cuidado para evitar qualquer tipo de contaminação que interferisse no desenvolvimento das mesmas, e um exemplo de resultado da imagem pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: exemplo de fotografia para análise da germinação. Neste caso, na concentração de  $C_2 = 10\%$ , réplica 1.



Fonte: elaborado pelo autor

As placas eram retiradas apenas para fotografia e em seguida colocadas novamente sob as mesmas condições até que os dez dias de germinação fossem concluídos.

### 2.1.3 Medidas e Observações

Durante o crescimento, as plantas foram analisadas seguindo as Regras para Análise de Sementes de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, em quatro momentos diferentes: um dia após o início da germinação; quatro dias; sete dias e dez dias respectivamente, para que todas as espécies tivessem tempo de germinar e apresentar os primeiros componentes a serem estudados. Para avaliação do efeito do extrato de *K. alvarezzi* foram analisados aspectos como número de germinações, o comprimento médio da radícula entre todas as plantas de mesma espécie; o número de plantas que tiveram o surgimento da parte aérea; a média do comprimento da parte aérea, e por fim se houve ou não a aparição do cotilédone conforme outros estudos com a mesma tratativa (Ramos, 2022; Silva & Silva, 2021; Rover, 2021; Morelatto, 2019). A medida tanto da primeira raiz como do primeiro caule também foi feita conforme Kavipriya e Boominathan, 2018 em seu trabalho com tomates, usando extrato da mesma alga.

Foram avaliados o número de germinações por espécie, por concentração e por réplica para comparação. Para a realização das medições, em cada dia de análise, as placas foram abertas utilizando luvas de borracha para evitar contaminação das sementes, e manipuladas com pinça previamente esterilizada com álcool 70%. De modo a evitar que as sementes fossem muito manipuladas e visando diminuir o impacto sobre o crescimento das mesmas, utilizou-se uma câmera fotográfica para captura de imagens de cada um dos cenários.

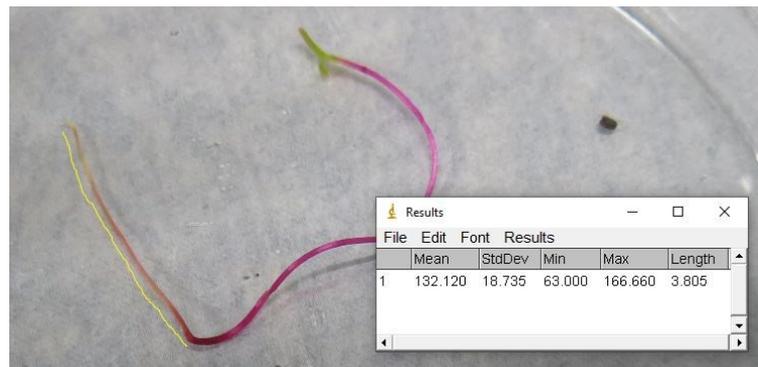
Após os dez dias de germinação, cada placa foi aberta novamente, uma última foto foi capturada para cada uma das amostragens e descartou-se as plantas e o papel filtro. As imagens foram analisadas pelo software ImageJ ver. 1.53T, um programa de livre acesso que permite analisar e processar imagens (Hartig *et al.*, 2013). As configurações para as medidas foram feitas utilizando a ferramenta de “freehand lines” do próprio ImageJ, permitindo que as partes morfológicas fossem contornadas e medidas livremente (Hartig *et al.*, 2013).

Foi necessário ajustar a escala para que o tamanho da linha traçada em pixels correspondesse à métrica desejada (centímetros), e para isso o ImageJ

fornece essa ferramenta através do menu superior em “Analyze”, e em “Set Scale” (Hartig *et al.*, 2013). Utilizou-se uma imagem base de uma régua para que a linha fosse traçada em pixels simbolizando um centímetro, e dada as proporções da imagem, e também visando diminuir ao máximo os erros de fotos próximas e afastadas, encontrou-se a métrica de 200 pixels correspondendo a 1 centímetro.

Assim sendo, repetiu-se o procedimento para cada indivíduo de cada espécie, contornando o aspecto morfológico com a linha, e em seguida o próprio software conferindo a medida do tamanho desta linha em pixels e em centímetros, como demonstrado na Figura 4 para a medida da radícula de uma das plantas de Beterraba.

Figura 4: Exemplo de medida de radícula de Beterraba;  
Na pequena janela Results, a coluna Length representa o tamanho em centímetros (cm)



Fonte: ImageJ; imagem obtida pelo autor com Ferramenta de Captura – Microsoft Windows

Para análise comparativa dos comprimentos, foi necessário calcular a média aritmética das medidas de todos os indivíduos de cada espécie tanto para a radícula quanto para a parte aérea, utilizando o número inicial de sementes como total para o cálculo (dez), e não o número de sementes germinadas (variável). Para o primeiro e último dia análise, foram feitas tabelas no Microsoft Excel com 8 colunas: espécie; concentração; réplica; número de germinações; média do comprimento da radícula em centímetros (cm); número de surgimentos de parte aérea; média do comprimento da parte aérea (cm) e quantos cotilédones surgiram por concentração, para cada espécie. As linhas foram divididas por espécie, a cada concentração.

#### 2.1.4 Análises Estatísticas

Após a montagem das tabelas para cada espécie, os cálculos estatísticos foram feitos através do software Statistica versão 7.0. Para isso, adicionou-se a tabela ao software de modo que a primeira linha fosse reconhecida como o cabeçalho, a partir disso realizou-se o teste estatístico de ANOVA (Análise de Variância) unidirecional para as análises com uma única variável dependente categórica (fator), e o teste fatorial ANOVA para analisar os efeitos interativos de ordem superior de múltiplas variáveis independentes categóricas (fatores) (Statistica 7.0, eletronic manual, 1984-2004). Primeiramente, foi realizado o teste de significância com a opção “All effects” do teste de ANOVA, de acordo com o retorno do valor de “p”, identifica-se se houveram ou não diferenças significativas com aquelas variáveis. Caso o fator concentração x dia demonstrava-se sem diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), e o fator concentração apresentasse diferenças notáveis ( $p < 0,05$ ), alterava-se para a análise unidirecional utilizando apenas o fator concentração, e caso nenhuma variável independente (concentração; concentração x dia) demonstrasse diferenças significativas, a análise era interrompida, pois os testes estatísticos necessitam dessa significância.

Para as análises com  $p < 0,05$ , realizou-se o teste pressuposto de homogeneidade das variáveis com a estatística de Cochran C., estatística F-max Hartley, e o teste chi-quadrado de Bartlett através do próprio teste de ANOVA em “more results; homogeneity of variances/covariances; Cochran C., Hartley, Bartlett” (Statistica 7.0, eletronic manual, 1984-2004). Em seguida foi feito o teste a posteriori de Newman-Keuls para comparação entre cada fator, sendo que todos os pressupostos foram verificados. Por último, foi feita a análise descritivas das estatísticas pelo ANOVA para montagem dos gráficos através do Microsoft Excel, utilizando os fatores que demonstraram alterações significativas.

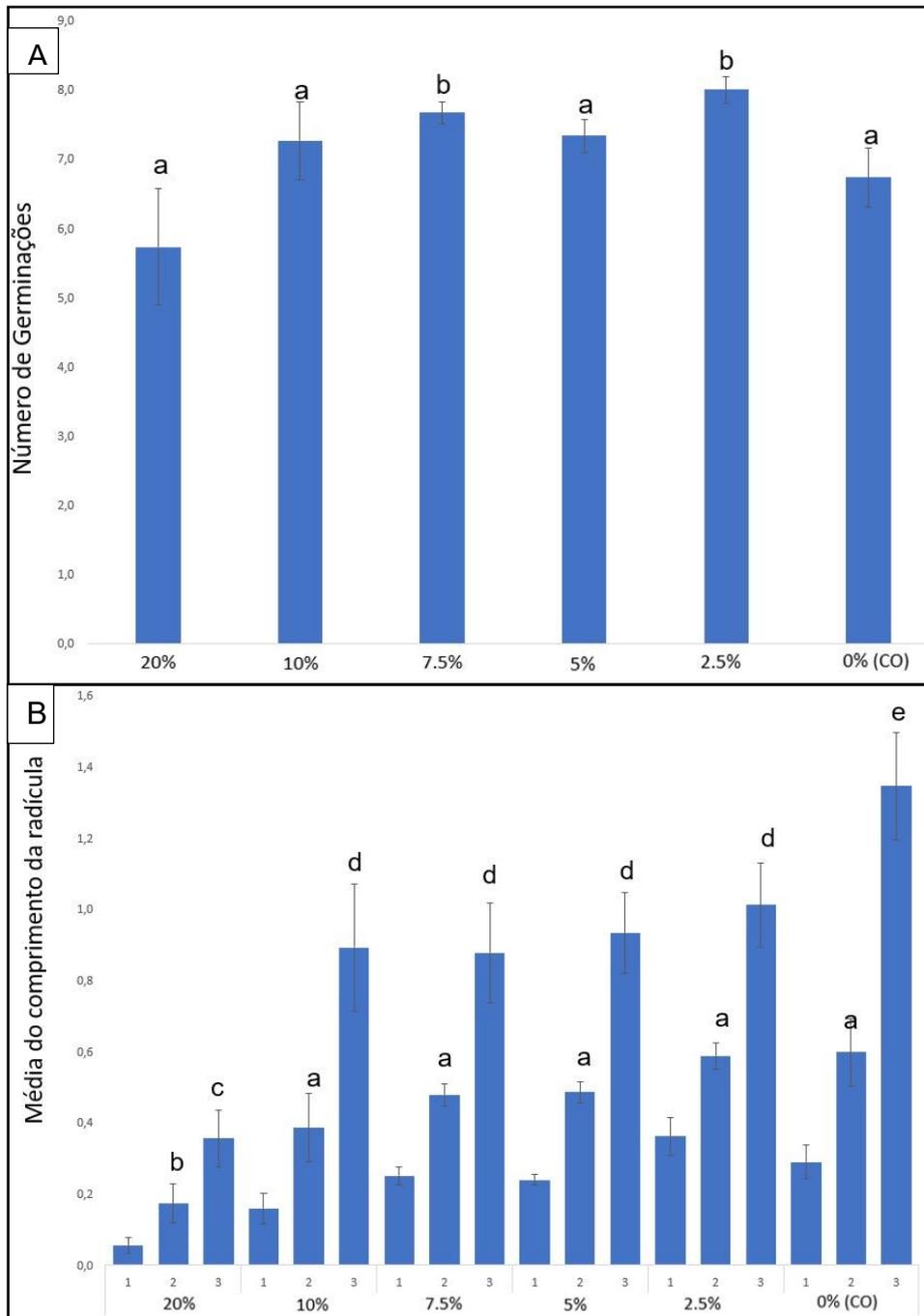
## 2.2 RESULTADOS

### 2.2.1 Alface (*Lactuca sativa*)

As concentrações C3 = 7.5% e C5 = 2.5% produziram estímulo na germinação; as diferentes concentração utilizadas produziram inibição do desenvolvimento da radícula; C1 = 20% e C2 = 10% efeito inibitório no surgimento da parte aérea no quinto dia de experimentação; C1 inibiu o desenvolvimento da parte aérea, enquanto C5 estimulou; e C3 e C5 estimularam o aparecimento do

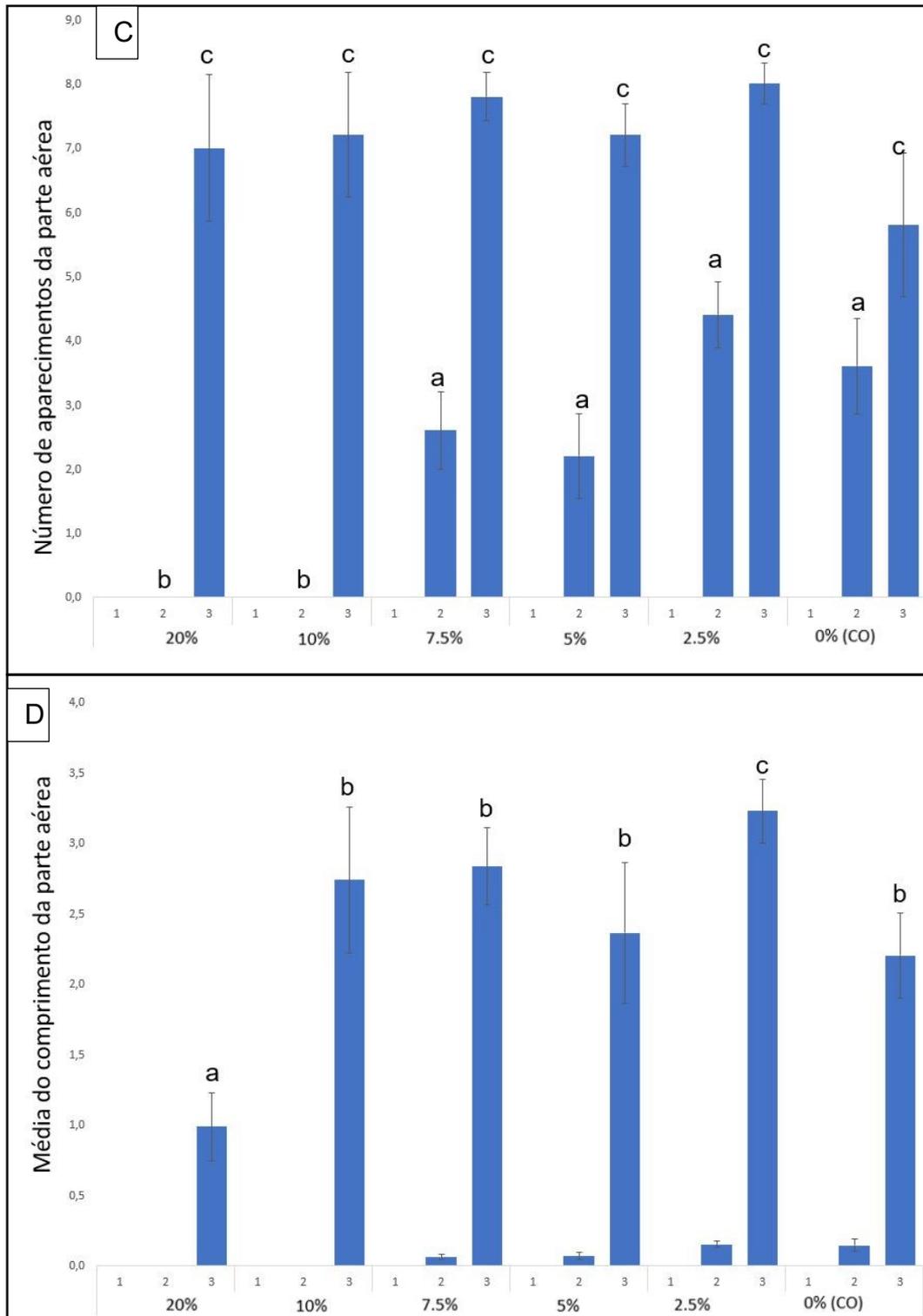
cotilédone, sendo estes processos dependentes do tempo, pois se maximizaram e foram significativamente maior ao final dos 10 dias de experimentação (Prancha de Figuras 1, gráficos A até E).

Prancha de Figuras 1: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); aparecimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e aparecimento do cotilédone (E) de alface (*Lactuca sativa*). No eixo X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



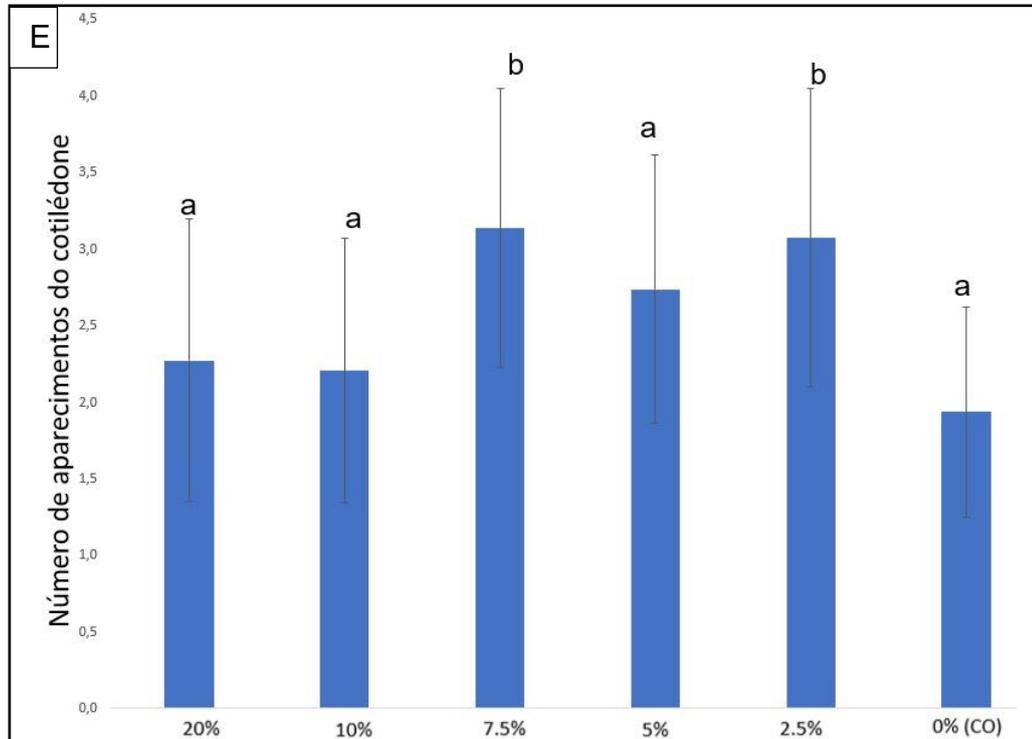
Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 1: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); aparecimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do surgimento do cotilédone (E) de alface (*Lactuca sativa*). Em X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 1: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); aparecimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do surgimento do cotilédone (E) de alface (*Lactuca sativa*). Em X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).

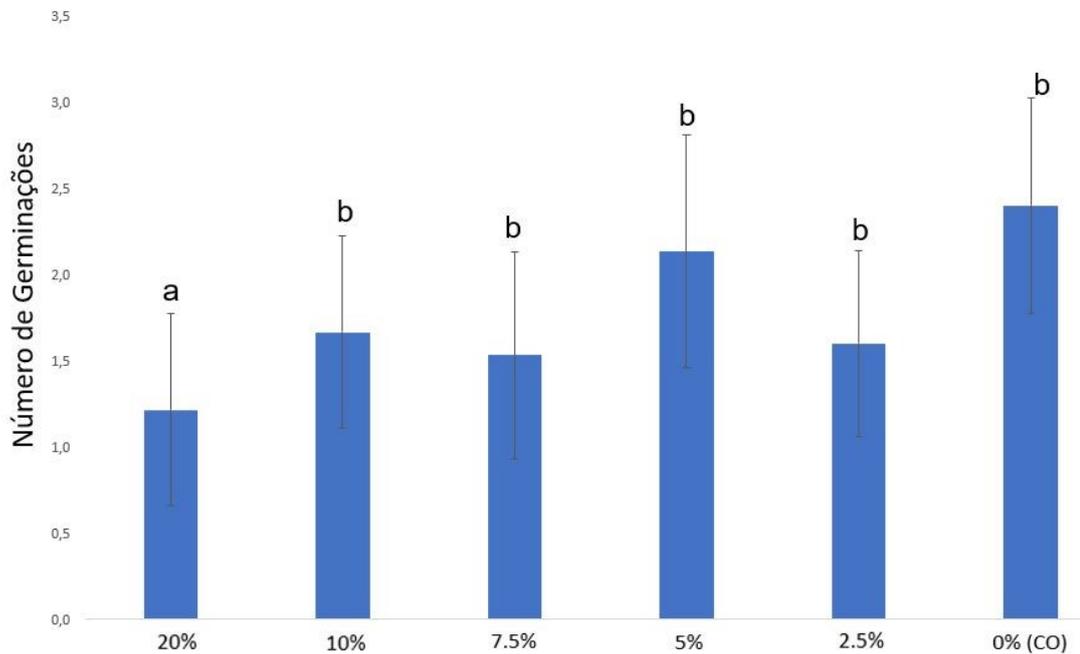


Fonte: elaborado pelo autor

### 2.2.2 Beterraba (*Beta vulgaris*)

A concentração C1 = 20% produziu inibição na germinação, sendo este processo dependente do tempo, pois se maximizou e foi significativamente diferente ao final dos 10 dias de experimentação (Figura 5). As outras análises não foram significativas.

Figura 5: Medias das germinações de beterraba (*Beta vulgaris*) acompanhadas dos respectivos erros padrões. No canto superior direito, a tabela dos valores de significância (n= 5).

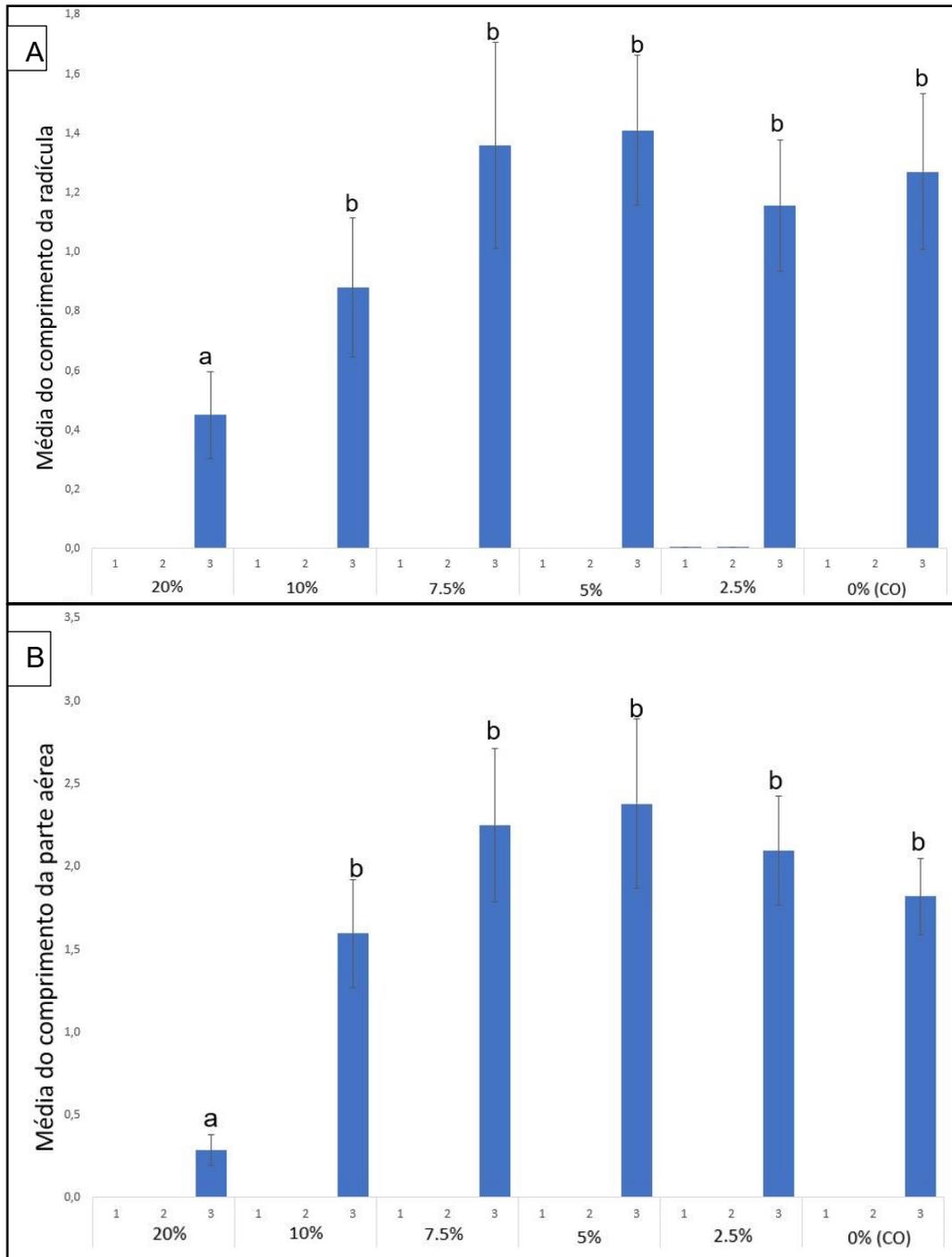


Fonte: elaborado pelo autor

### 2.2.3 Cenoura (*Daucus carota*)

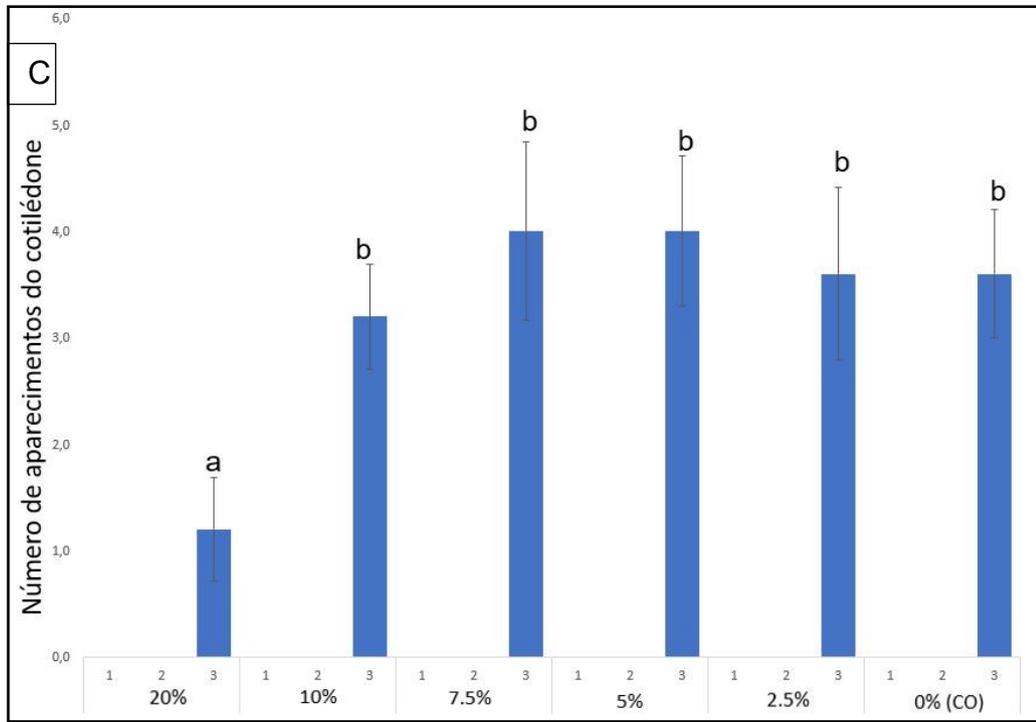
A concentração C1 = 20% produziu inibição no desenvolvimento da radícula, no desenvolvimento da parte aérea e no surgimento do cotilédono; sendo este processo dependente do tempo, pois se maximizou e foi significativamente diferente ao final dos 10 dias de experimentação (Prancha de Figuras 2, Gráficos A até C). As outras análises não foram significativas.

Prancha de Figuras 2: Medidas da radícula (A); medidas da parte aérea (B) e do aparecimento do cotilédono (C) de cenoura (*Daucus carota*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO), e também os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 2: Medidas da radícula (A); medidas da parte aérea (B) e do aparecimento do cotilédone (C) de cenoura (*Daucus carota*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO), e também os 3 momentos de análise (1,2 e 3).

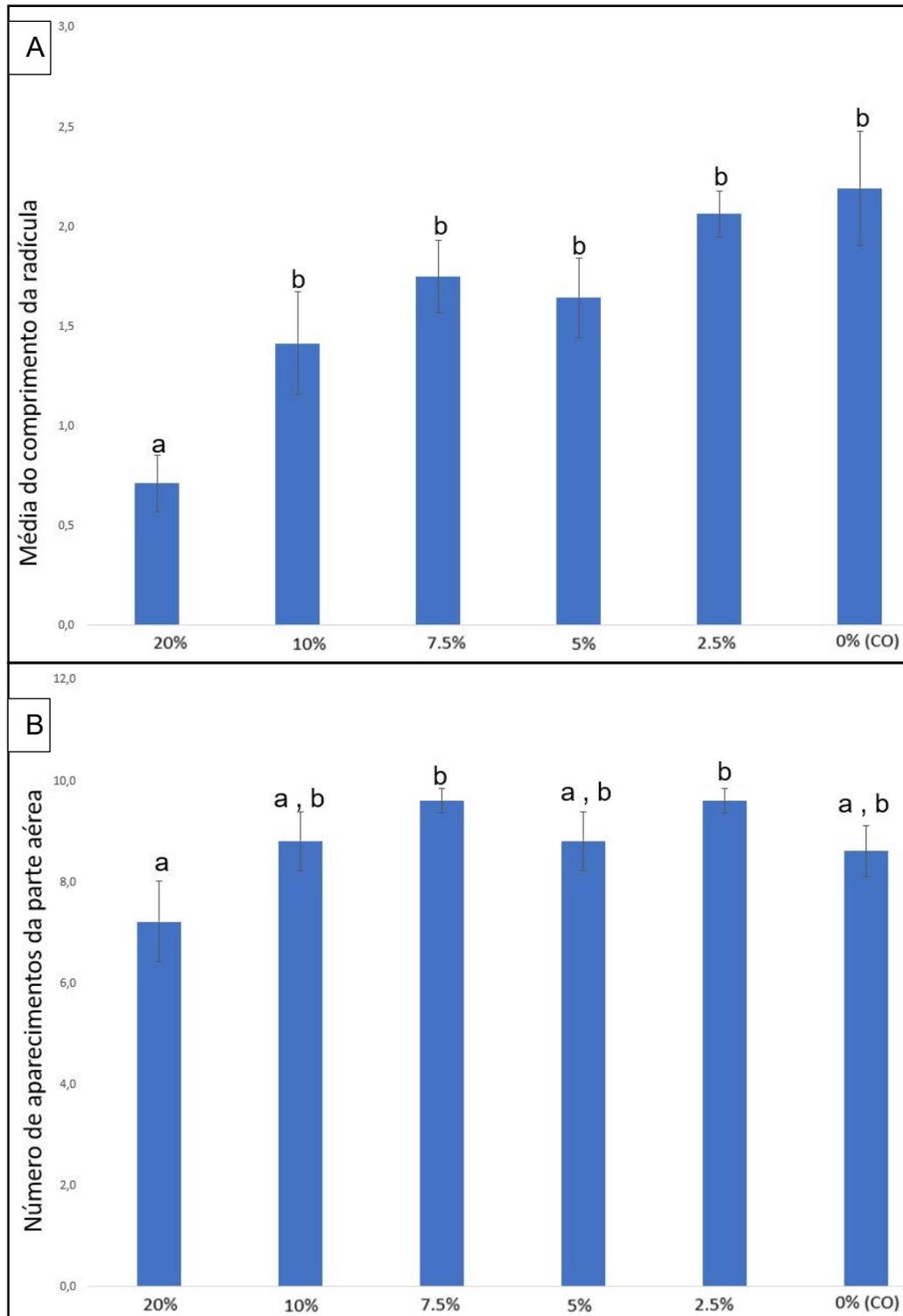


Fonte: elaborado pelo autor

#### 2.2.4 Manjericão (*Ocimum basilicum*)

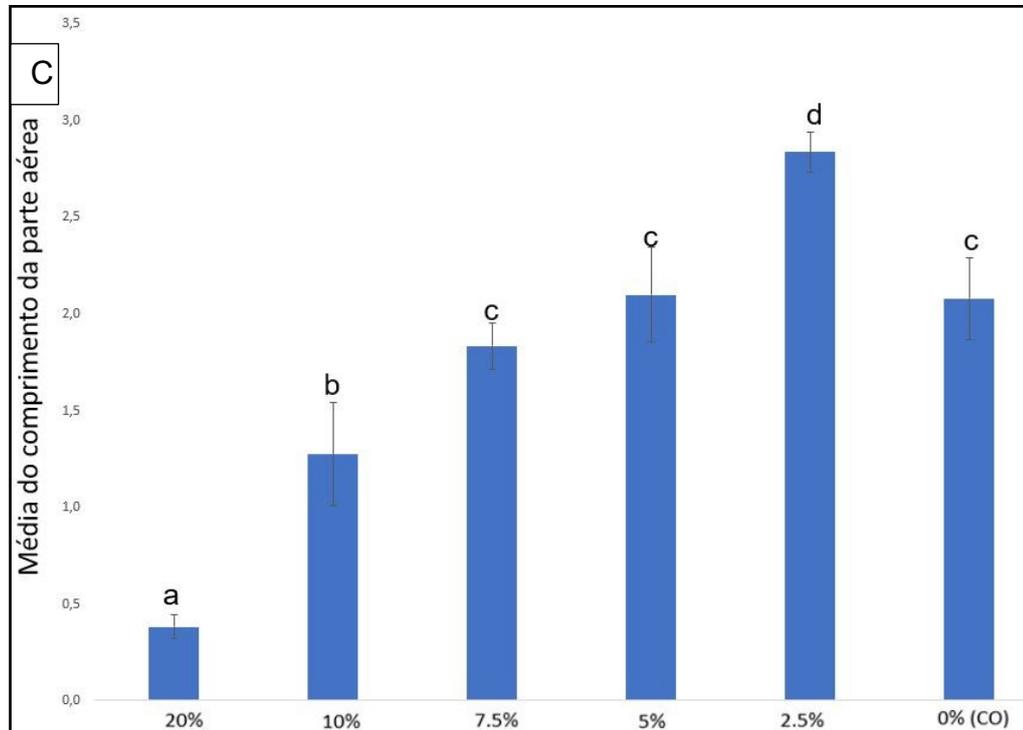
A concentração C1 = 20% produziu inibição no desenvolvimento da radícula, e no surgimento da parte aérea; C3 = 7.5% e C5 = 2.5% estimularam o surgimento da parte aérea; C1 e C2 = 10% inibiram o desenvolvimento da parte aérea, enquanto C5 estimulou. Esses processos foram dependentes do tempo, sendo significativamente diferentes ao final dos 10 dias de experimentação (Prancha de Figuras 3, Gráficos A até C).

Prancha de Figuras 3: Medidas da radícula (A); surgimento da parte aérea (B) e da medida da parte aérea (C) de manjerição shanti (*Ocimum basilicum*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO).



Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 3: Medidas da radícula (A); surgimento da parte aérea (B) e da medida da parte aérea (C) de manjerição shanti (*Ocimum basilicum*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO).

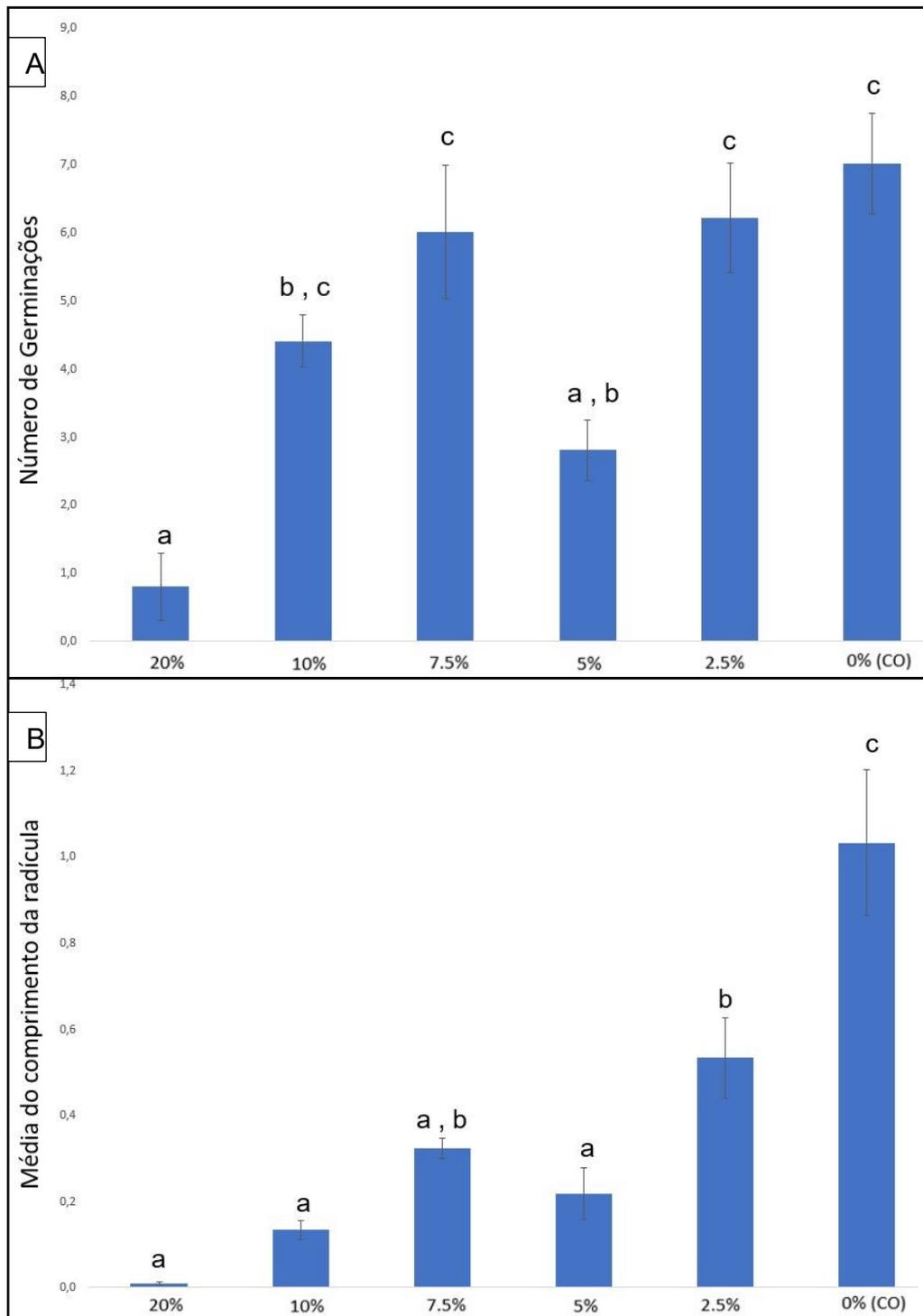


Fonte: elaborado pelo autor

### 2.2.5 Morango (*Fragaria ananassa*)

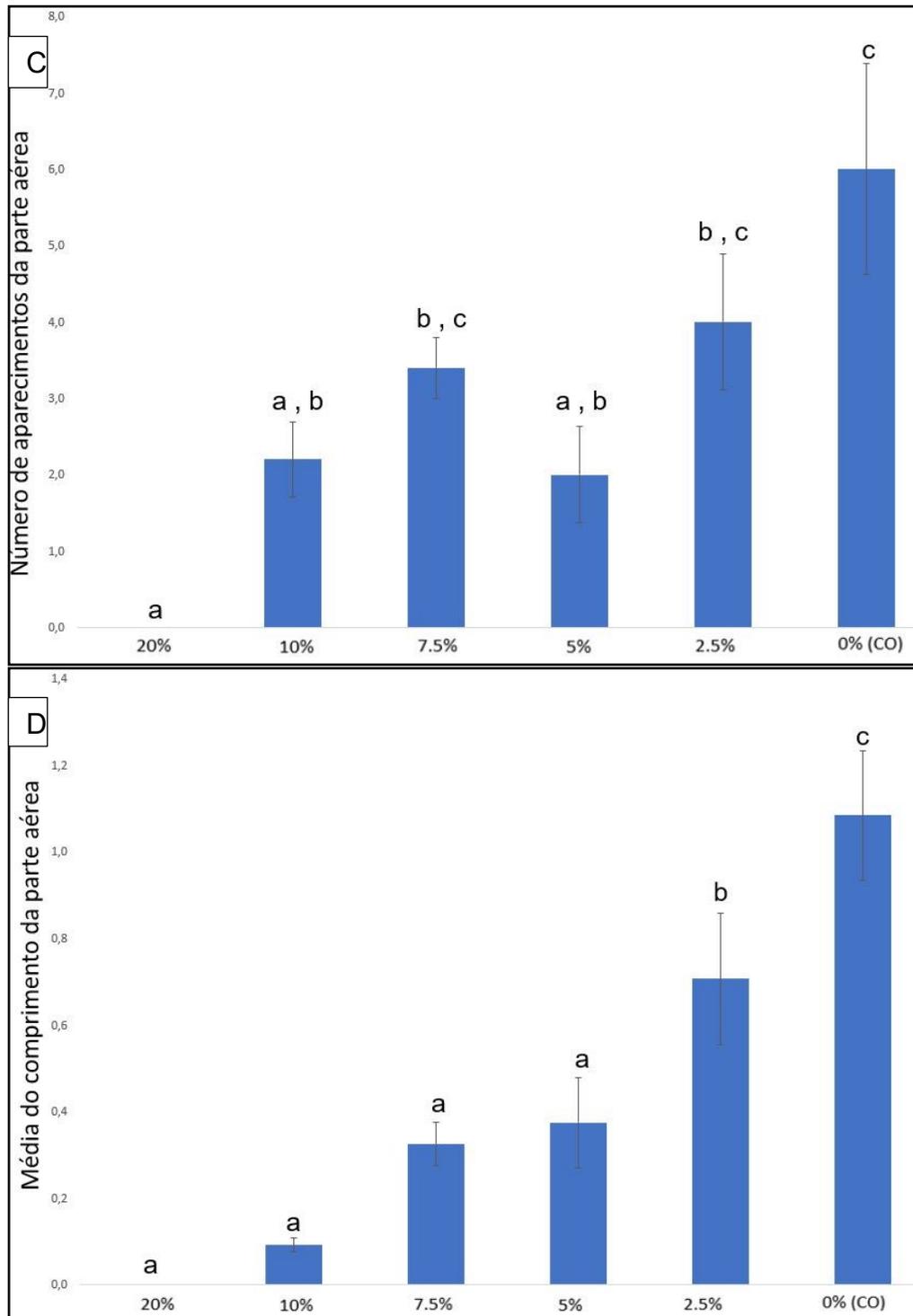
As concentrações C1 = 20%, C2 = 10% e C4 = 5% produziram inibição na germinação; C3 = 7.5% e C5 = 2.5% estimularam o surgimento da parte aérea; as diferentes concentrações utilizadas inibiram o desenvolvimento da radícula, o surgimento da parte aérea, o desenvolvimento da parte aérea, e o surgimento do cotilédone. Esses processos foram dependentes do tempo, sendo significativamente diferentes ao final dos 10 dias de experimentação (Prancha de Figuras 4, Gráficos A até E).

Prancha de Figuras 4: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de morango (*Fragaria ananassa*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO).



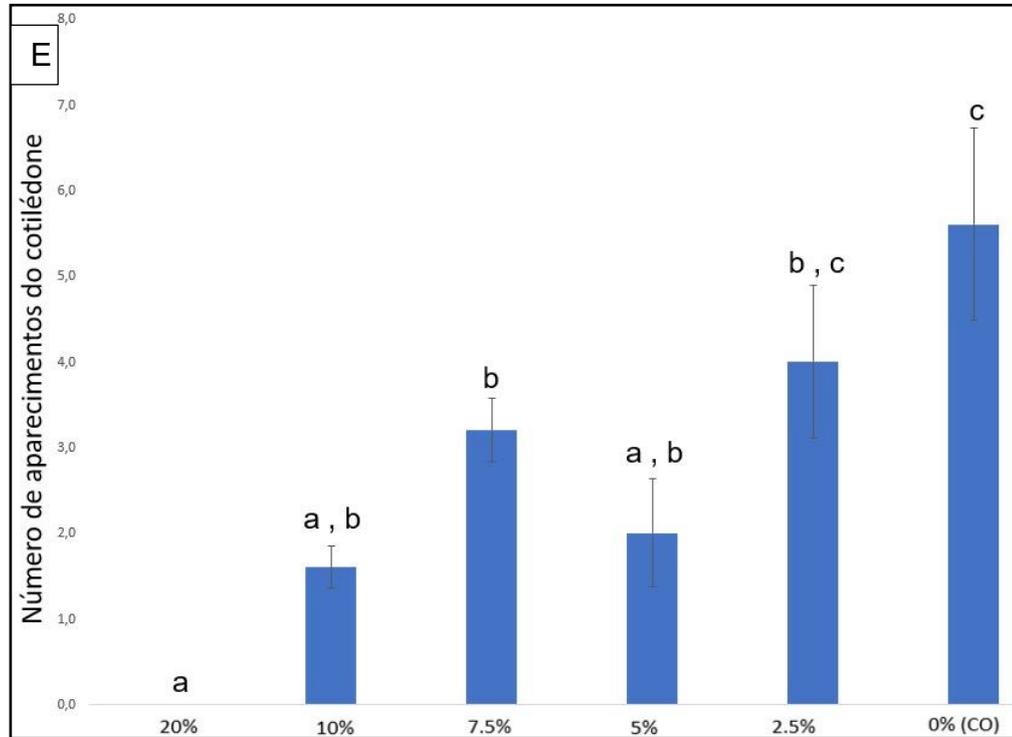
Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 4: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de morango (*Fragaria ananassa*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO).



Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 4: Número de germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de morango (*Fragaria ananassa*). No eixo X estão as diferentes concentrações, e o controle (CO).

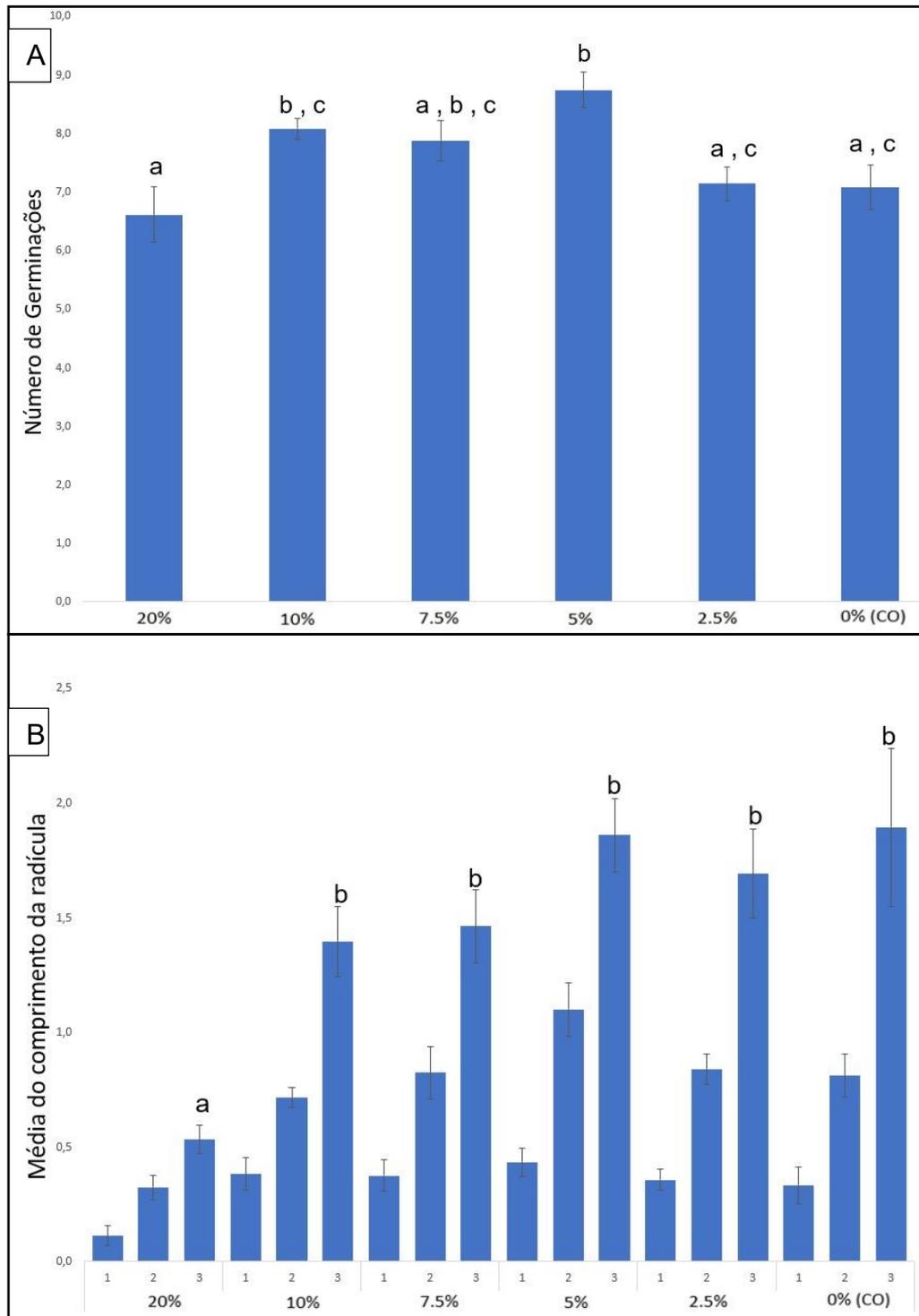


Fonte: elaborado pelo autor

### 2.2.6 Rúcula (*Eruca sativa*)

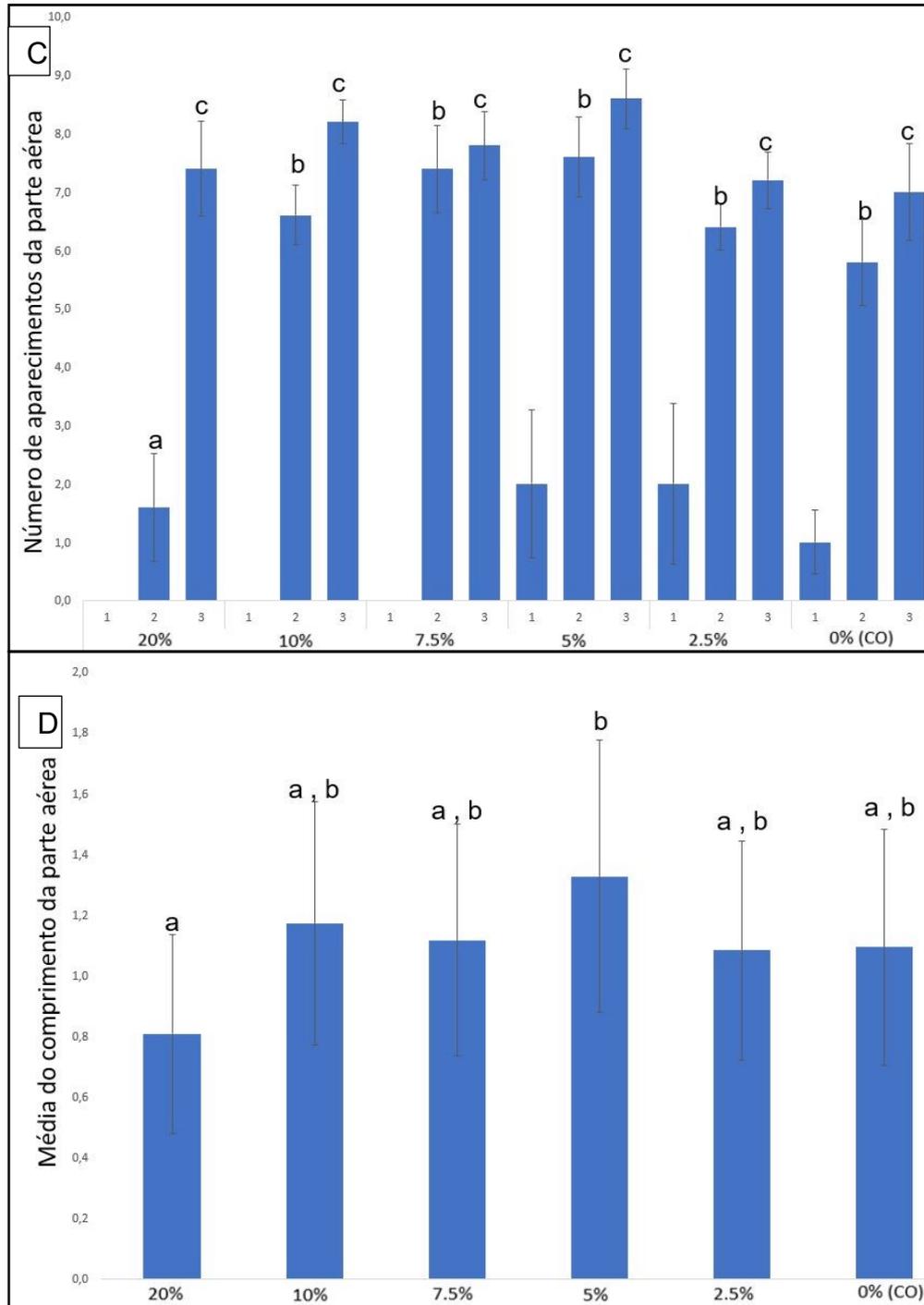
A concentração C4 = 5% estimulou a germinação, e o desenvolvimento da parte aérea. C1 = 20% inibiu a germinação, o desenvolvimento da radícula, o crescimento da parte aérea e a aparição do cotilédone (apenas no quinto dia de experimentação para o último). Esses processos foram dependentes do tempo, maximizando-se e sendo significativamente diferentes ao final dos 10 dias de experimentação (Prancha de Figuras 5, Gráficos A até E).

Prancha de Figuras 5: Medias das germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de rúcula (*Eruca sativa*). Em X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



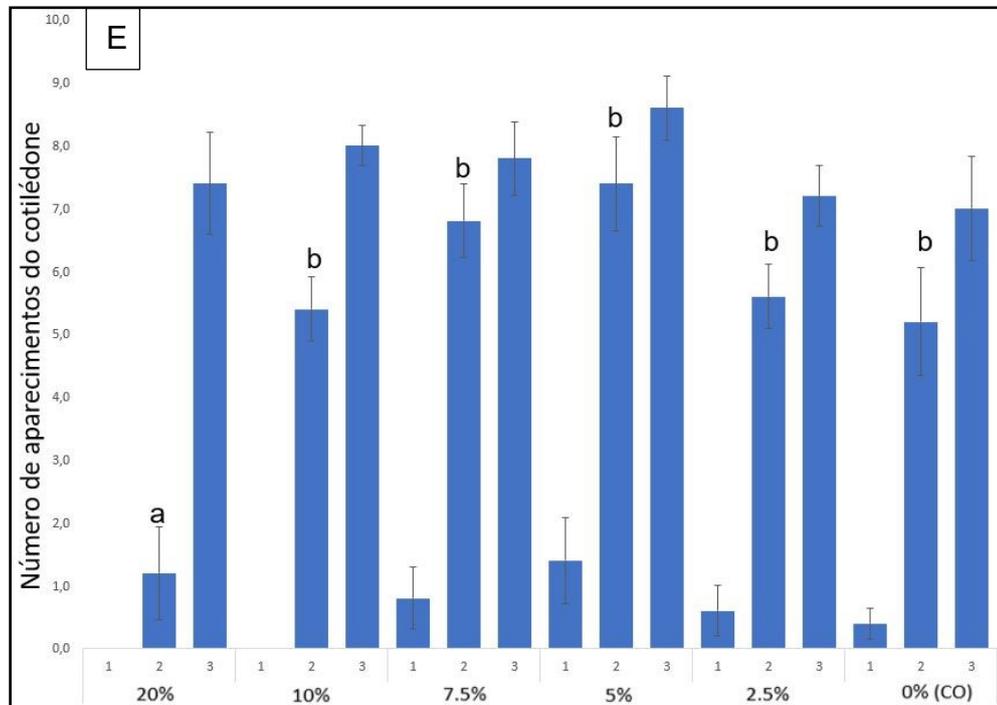
Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 5: Medias das germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de rúcula (*Eruca sativa*). Em X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



Fonte: elaborado pelo autor

Prancha de Figuras 5: Medias das germinações (A); medidas da radícula (B); surgimento da parte aérea (C); medidas da parte aérea (D) e do aparecimento do cotilédone (E) de rúcula (*Eruca sativa*). Em X estão as diferentes concentrações usadas, e o controle (CO), em alguns gráficos como o (B), estão os 3 momentos de análise (1,2 e 3).



Fonte: elaborado pelo autor

### 2.3 DISCUSSÃO

Nossos resultados corroboram a literatura disponível e reforçam que *K. alvarezii*, assim com outras as algas marinhas, pode ser utilizado como bioestimulante para diferentes espécies (Campos et al., 2022, Ingle et al, 2018). Verificou-se que a aplicação do extrato, especialmente nas menores concentrações afetou positivamente o desenvolvimento e crescimento das hortaliças avaliadas. Eles funcionaram como estimulantes líquidos, e conforme descrito na literatura (Panda et al. 2022), por serem ricos em hormônios vegetais, ou por efeito alelopático. Os benefícios podem também estar relacionados aos polissacarídeos de parede que apresentaram efeito estimulante no crescimento das raízes e ativaram os mecanismos de defesa das plantas. Acreditamos, portanto, que a aplicação destes produtos derivados de algas pode ser integrada à agricultura orgânica e familiar estimulando uma agricultura sustentável e socioambientalmente responsável.

Por possuir giberelina em sua composição (Zodape *et al.*, 2009), era esperado que o extrato tivesse efeito estimulante na germinação nas diferentes concentrações, mas só ocorreram em C3 = 7.5% e C5 = 2.5% para alface, e em C4 = 5% para rúcula, indicando que o extrato pode agir na velocidade de germinação, ao invés do número de germinações, sendo necessário estudos mais aprofundados para sustentar essa hipótese. Entretanto, esse resultado pode ter relação com as faixas de concentrações utilizadas que foram muito altas, uma vez que concentrações menores do que 2.5% como 0,02%; 0,05%; 0,2%; 1%; 2% e 5% indicaram melhoria da germinação em alface, em um experimento com dois bioestimulantes, sendo um deles à base de *Kappaphycus alvarezzi*, germinadas em papel filtro semelhante a este estudo (Ramos, 2023). Para o desenvolvimento da radícula, esperava-se estímulo por causa da presença de auxina e citocininas no extrato (Zodape *et al.*, 2009), com ressalvas de que esses efeitos podem não ser necessariamente hormonais, mas por reação com algum outro composto presente no extrato ou por efeito alelopático. Não houve estímulo em nenhuma espécie estudada, e a maioria sofreu inibição na questão do desenvolvimento da radícula (principalmente por C1 = 20%), isso pode ter ocorrido por causa da estrutura do hormônio em algas ser diferentes daquelas em plantas, ou por causa dos níveis de auxina e citocinina fora do ideal (Ramos, 2023).

Para o surgimento e desenvolvimento da parte aérea, vemos que C1 = 20% inibe na maioria das amostras, e isso pode ter sido por causa dos valores elevados de citocinina que atrapalharam o crescimento vegetativo, ou por estresse osmótico (Silva & Silva, 2020; Ramos, 2023; Rover, 2020). Apenas C5 = 2.5% estimulou o crescimento em alface, e C4 = 5% em rúcula, provavelmente pelos mesmos motivos citados anteriormente (Ramos, 2023). Os resultados foram semelhantes à um estudo de germinação de hortaliças com bioestimulantes à base de *Ascophyllum nodosum* e *Solieria filiformes* (esta última sendo também uma alga vermelha assim como *Kappaphycus alvarezzi*), germinadas em placa de petri, onde apenas a concentração de 4 ml L<sup>-1</sup> foi efetiva no tratamento para rúcula (Morelato, 2019). Por fim, para o cotilédone, é observado efeito estimulante apenas para alface (C3 = 7.5% e C5 = 2.5%).

Das concentrações aplicadas, a concentração C5 = 2.5% foi a que mais causou efeitos estimulantes em diferentes espécies, e geralmente estava acompanhada da concentração C3 = 7.5% (alface, manjeriço e morango),

enquanto C4 = 5% teve mesmo efeito, porém apenas em rúcula. Esses resultados variados de estímulo corroboram com os estudos de que os bioestimulantes podem causar efeitos diferentes dependendo da concentração; da espécie de planta; e do estágio de vida em que foi utilizado (Anisimov *et al.*, 2013; Rover, 2020). Os resultados mais expressivos para C5 = 2,5% foram relacionados à parte aérea das plantas, indicando que nessa concentração, esse efeito pode ser explicado por causa da quantidade próxima à ideal de citocininas, hormônio responsável pelo auxílio ao crescimento do caule (Ramos, 2023). Além disso, o baixo número de resultados significativamente estimulantes pode estar relacionado com o fato de que o crescimento em laboratório e as condições favoráveis com que o estudo foi feito não abram espaço para que o bioestimulante possa exercer o efeito desejado, tendo em vista que muitos produtos desse tipo têm sua eficácia comprovada em condições consideradas desfavoráveis para a planta (Ramos, 2023). Vale ressaltar que o método de extração influencia, e cada extrato pode ter características diferentes dependendo da forma de produção e armazenamento (Battacharyya *et al.*, 2015).

Por outro lado, devemos reforçar que a concentração C1 (= 20%) apresentou uma forte tendência em inibir o desenvolvimento geral da semente desde os estágios iniciais em todas as espécies estudadas, acompanhada em seguida por C2 = 10% (alface, manjerição e morango). Esse resultado era esperado, provavelmente devido às concentrações muito altas do extrato que causam efeito inibitório, oriundos do efeito tóxico de níveis elevados de alguns fito-hormônios (Ramos, 2023), ou devido à vários fatores relacionados às diferentes substâncias presentes no extrato (Tabela 1), até mesmo expressão e repressão de genes e desbalanço hormonal causado pelas altas concentrações, e até estresse osmótico causado pela condutividade do extrato (Silva & Silva, 2020).

Vale ressaltar que as concentrações mais baixas C3, C4 e C5 apresentaram potencial em induzir a germinação e desenvolvimento em três das seis espécies estudadas, indicando que o extrato é efetivo nessas condições, assim como sugerido em outros estudos (Babu & Rengasamy, 2012; Shukla *et al.*, 2023), nesses trabalhos, além de analisar aspectos semelhantes, também comprovaram a eficácia dos componentes bioquímicos e pigmentação em arroz, amendoim e pimenta (Babu & Rengasamy, 2012), mecanismos baseados no desenvolvimento do cotilédone, como aumento da clorofila e carotenoides, e também mecanismos em nível de metabolismo, divisão celular e aspectos fisiológicos (Shuka *et al.*, 2023).

Concentrações ligeiramente maiores como C3 = 7.5% podem ter efeitos melhores e semelhantes à C1 e C2, se utilizada em conjunto com a quantidade certa de fertilizante (Pramanick *et al*; 2017).

### 3. CONCLUSÃO

O extrato de *Kappaphycus alvarezii* deve possuir em sua composição as substâncias descritas por Zodape *et al.*, 2009 e demonstradas na Tabela 1, porém estando sujeito a diferenças de acordo com o método de extração, armazenamento, e época de recolhimento das algas. Enquanto, de acordo com os resultados obtidos, o efeito do extrato (inibição ou estímulo) depende da espécie, do momento da fase da planta em que é aplicado, e da concentração. Outros fatores influenciáveis devem ser analisados em estudos futuros.

É possível que neste extrato do estudo há a presença de fito-hormônios (giberelina; auxinas e citocininas) que auxiliaram na germinação e seus parâmetros, principalmente pelos resultados da concentração C5, C3 e C4 que estimularam o desenvolvimento de algumas espécies. Além disso, é possível que os resultados sejam devido ao efeito alelopático pela presença de várias espécies em uma mesma placa de Petri. Somado a isso, a inibição causada por C1 pode ser por altas concentrações de fito-hormônios; outras substâncias presentes no extrato, e por isso recomenda-se a filtração ou centrifugação do extrato para torná-lo translúcido, evitando partículas em suspensão; dado o fato da inibição quase generalizada causada provavelmente pelo excesso de hormônios vegetais em altas concentrações causando toxicidade ou desbalanço hormonal. Os efeitos bioestimulantes e biofertilizantes são melhores avaliados em plantas já desenvolvidas que necessitam desse auxílio externamente, pois os embriões nutrem-se mais pelas reservas do cotilédone, e com isso o teste com o extrato poderá demonstrar melhores resultados em fases de vida posteriores da planta.

Com os resultados obtidos, é possível concluir que a faixa ideal de aplicação do extrato de *K. alvarezii* está entre 5% e valores próximos de 0 (controle), tendo em vista que os resultados mais expressivos para estímulo foram dentro deste intervalo, enquanto concentrações de até 10% costumam não ter efeito significativo, e acima deste valor, efeito inibitório.

Em relação ao efeito estimulante, para alface, conclui-se que o bioestimulante deve ser aplicado para melhoria da germinação e de seus parâmetros, sendo que os efeitos mais expressivos são alcançados nas fases finais da germinação. Em beterraba e cenoura, estudos mais aprofundados são necessários para entender a interação desta planta com o extrato. Em manjerição, o extrato deve ser aplicado esperando melhorias na germinação e desenvolvimento inicial da parte aérea, sendo que os efeitos só serão observados nas fases finais da germinação. Para morango, estudos mais aprofundados são necessários devido ao tempo de germinação ser maior. Por fim, para rúcula espera-se efeito estimulante no desenvolvimento da radícula e das partes aéreas.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que mais estudos são necessários para identificar como os bioestimulantes à base de macroalgas podem afetar e interagir com as diferentes espécies de plantas de interesse econômico, principalmente em concentrações mais baixas entre 5% e valores próximos de zero como 0,1% ou 0,01%, assim como em concentrações próximas de C3 acompanhada do fertilizante. É recomendado também a análise em diferentes estágios da planta, como em fases jovens envasadas, e em cultivos em campo, como demonstrado em outros estudos com extrato de *Kappaphycus alvarezii*, principalmente por terem o real potencial de auxiliar na problemática da agricultura e da crise climática do mundo atual por seu efeito semelhante ao de fertilizantes e estimulantes químicos.

## REFERÊNCIAS

- ABIRAMI, R. G. *et al.* Nutrient and Nutraceutical Potentials of Seaweed Biomass *Ulva lactuca* and *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Agricultural Science and Technology**, USA, v. 5, n. Serial No.32, ed. No.1, p. ISSN 1939-1250, 15 jan. 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Abirami-Ramu-Ganesan/publication/288267856\\_Nutrient\\_and\\_nutraceutical\\_potentials\\_of\\_seaweed\\_biomass\\_Ulva\\_lactuca\\_and\\_Kappaphycus\\_alvarezii/links/569c273d08ae6169e5627b18/Nutrient-and-nutraceutical-potentials-of-seaweed-biomass-Ulva-lactuca-and-Kappaphycus-alvarezii.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Abirami-Ramu-Ganesan/publication/288267856_Nutrient_and_nutraceutical_potentials_of_seaweed_biomass_Ulva_lactuca_and_Kappaphycus_alvarezii/links/569c273d08ae6169e5627b18/Nutrient-and-nutraceutical-potentials-of-seaweed-biomass-Ulva-lactuca-and-Kappaphycus-alvarezii.pdf). Acesso em: 18 maio 2022
- AMMAR, Esraa E. *et al.* Algae as Bio-fertilizers: Between current situation and future prospective. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Egito, ano 2022, v. 29, p. 3083–3096, 21 dez. 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X22001759?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- ANISIMOV, M. *et al.* Agriculture Science Developments Effect of Seaweeds Extracts on the Growth of Seedling Roots of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is depended on the Season of Algae Collection. **Agriculture Science Developments**, v. 2, n. 8, 2013.
- ARAÚJO, G. M. DE *et al.* RESPOSTA GERMINATIVA DE PLANTAS LEGUMINOSAS DA CAATINGA. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 136–153, 2007.
- Ask E (1999). Cottonii and Spinosum Cultivation Handbook. **FMC Corporation**, 52 pp.
- ASK, E. I. *et al.* Three decades of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) introduction to non-endemic locations. **Proc Int Seaweed Symp**, [s. l.], v. 17, p. 49-57, 2003.
- BABU, S.; RENGASAMY, R. Effect of *Kappaphycus alvarezii* SLF treatment on Seed germination, Growth and Development of seedling in some Crop plants. **J. Acad. Indus. Res**, v. 1, n. 4, p. 186, 2012.
- BATTACHARYYA, D., Babgohari, M., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, 196, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- BINDU, M. S.; LEVINE, Ira A. The commercial red seaweed *Kappaphycus alvarezii*—an overview on farming and environment. **Journal of Applied Phycology**, [s. l.], v. V. 23, n. N. 4, p. 789-796, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-010-9570-2>. Acesso em: 23 maio 2022.
- BOHNER, T. O. L. *et al.* O IMPACTO AMBIENTAL DO USO DE AGROTÓXICOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE DOS TRABALHADORES RURAIS. **Revista**

**Eletrônica do Curso de Direito - UFSM**, [s. l.], v. 8, p. 329-341, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8280>. Acesso em: 6 jun. 2022.

BRASIL, B. S. A. F., e COSTA, L., 2016. Microalgas. **Agroenergia em revista. Embrapa Agroenergia**, Brasil. Ano IV, dez. 2016, nº 10, p. 04-54.

CAMPOS, N. et al. **TESTES DE GERMINAÇÃO COM EXTRATO DA ALGA KAPPAPHYCUS ALVAREZZI SECO EM TAMBOR ROTATIVO PARA USO COMO BIOESTIMULANTE NA AGRICULTURA**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://enemp2022.com.br/trabalhos finais/SEC37.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

CARVALHO, Victoria *et al.* Espécies reativas de oxigênio em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, [s. l.], p. 161, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Azaredo-Coutinho-Neto/publication/318826409\\_Especies\\_reativas\\_de\\_oxigenio\\_em\\_plantas/links/59807f9fa6fdcc324bbe5ba4/Especies-reativas-de-oxigenio-em-plantas.pdf#page=41](https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Azaredo-Coutinho-Neto/publication/318826409_Especies_reativas_de_oxigenio_em_plantas/links/59807f9fa6fdcc324bbe5ba4/Especies-reativas-de-oxigenio-em-plantas.pdf#page=41). Acesso em: 30 jun. 2022.

CARLEY, H. E.; WATSON, R. D. Effect of Various Aqueous Plant Extracts upon Seed Germination. **Botanical Gazette**, v. 129, n. 1, p. 57–62, mar. 1968.

DA COSTA, Matheus Antonio. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EXTRATO DA MACROALGA MARINHA KAPPAPHYCUS ALVAREZZI COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO, PARA USO VIA TRATAMENTO DE SEMENTE E PULVERIZAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DE SOJA**. Orientador: Dr. Helton José Alves. 2015. 69 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná - Brasil, 2015. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/756>. Acesso em: 28 jul. 2022.

ESWARAN, Karuppanan *et al.* **INTEGRATED METHOD FOR PRODUCTION OF CARRAGEENAN AND LIQUID FERTILIZER FROM FRESH SEaweEDS**. Depositante: U.S. Patent. US 6,893,479 B2. Depósito: 19 ago. 2002. Concessão: 17 maio 2005. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US6893479B2/en>. Acesso em: 7 jun. 2022.

FEATONBY-SMITH, B. C. *et al.* THE EFFECT OF SEaweED CONCENTRATE ON THE GROWTH OF TOMATO PLANTS IN NEMATODE-INFESTED SOIL. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 20, ed. 2, p. 137-146, 1983. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304423883901346>. Acesso em: 6 jun. 2022.

GABRIEL, A. J. A. et al. Germinação de sementes de alface e de duas ervas invasoras com a aplicação de um novo análogo do estrigol, sintetizado a partir do safrol. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 544–546, 1 dez. 2002.

HARTIG, S. M. Basic image analysis and manipulation in ImageJ. **Current Protocols in Molecular Biology**, v. Chapter 14, p. Unit14.15, 2013

- INGLE, Kapilkumar *et al.* Macroalgae Biorefinery from *Kappaphycus alvarezii*: Conversion Modeling and Performance Prediction for India and Philippines as Examples. **BioEnergy Research**, [s. l.], v. 11, ed. 1, p. 22-32, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-017-9874-z>. Acesso em: 8 jun. 2022.
- JAYANTA Layek, Anup Das, Gandhiji Idupaganti Ramkrushna, Khanjan Trivedi, Daina Yesuraj, Muruganandham Chandramohan, Denish Kubavat, Pradeep Kumar Agarwal & Arup Ghosh (2015): Seaweed sap: a sustainable way to improve productivity of maize in North-East India, **International Journal of Environmental Studies**, DOI: 10.1080/00207233.2015.1010855
- KAVIPRIYA, R.; BOOMINATHAN, P. Influence of Biostimulants and Plant Growth Regulators on Physiological and Biochemical Traits in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Madras Agricultural Journal**, [s. l.], v. 105, ed. March, p. 1, 2018. Disponível em: <http://masujournal.org/105/180135.php>. Acesso em: 4 jun. 2022.
- KOYAMA, R.; BETTONI, M. M.; RODER, C.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R.; MÓGOR, A. F. Extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. **Rev. Cienc.Agrar.**, v. 55, n. 4, p. 282-287, out./dez. 2012.
- LEITE, Marina Ferreira; SERRA, Juan Carlos Valdés. Avaliação dos impactos ambientais na aplicação dos agrotóxicos. **Ambiência**, Guarapuava - PR, v. 9, ed. 3, p. 675 - 682, 2013. DOI 10.5935/ambiencia.2013.03.16. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/2082/74>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- MCHUGH, D. J. 2003. Guide to the Seaweed Industry. **FAO Fisheries Technical Paper No.441**
- MORELATTO, L. A. **Efeito de extrato de *Ascophyllum nodosum* E *Solieria filiformis* no tratamento de sementes de hortaliças**. rd.uffs.edu.br, 26 jun. 2019.
- NOGUEIRA, Alex R. *et al.* Avaliação do desempenho ambiental de fertilizantes químicos no contexto brasileiro: estudo de caso para a produção de Fertilizantes Fosfatados. **CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA**, Fortaleza, v. 5, p. 79-86, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1064136>. Acesso em: 23 maio 2022.
- PANDA, D., Mondal, S., & Mishra, A. (2022). Liquid Biofertilizers from Seaweeds: A Critical Review. **Sustainable Global Resources Of Seaweeds Volume 1: Bioresources, cultivation, trade and multifarious applications**, 485-501.
- PRAMANICK, Biswajit *et al.* Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Applied Phycology**, [s. l.], v. 29, ed. 6, p. 3253 - 3260, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1189-0>. Acesso em: 23 maio 2022.

RAMOS, R. S. O. **O uso de extratos comerciais de macroalgas como bioestimulantes**. Disponível em: <<https://online.ipleiria.pt/handle/10400.8/7865>>. Acesso em: 20 jun. 2023

RATHORE, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S. T., & Patolia, J. S. (2009). *Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (Glycine max) under rainfed conditions*. **South African Journal of Botany**, 75(2), 351–355. doi:10.1016/j.sajb.2008.10.009

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI. 2009

ROVER, Suélin. **Avaliação do efeito de bioestimulante comercial na severidade de oídio, fisiologia e rendimento de alface (Lactuca sativa L.) hidropônica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SANDOVAL, Sindy *et al.* Estudio comparativo de un fertilizante algal, a partir de la especie *Caulerpa sertularoides* respecto a un fertilizante químico y orgánico comercial, en un cultivo de *Coriandrum sativum*. **Revista de Investigación**, India, v. 41, ed. 90, p. 83-101, 2017. Disponível em: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142017000100007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142017000100007). Acesso em: 27 jun. 2022.

SEA6ENERGY. (2022). AGROGAIN. <https://www.sea6energy.com/products/agriculture/agrogain>

SHUKLA P.S., Nivetha N, Nori SS, Bose D, Kumar S, Khandelwal S, Critchley A and Suryanarayan S (2023) **Understanding the mode of action of AgroGain®, a biostimulant derived from the red seaweed *Kappaphycus alvarezii* in the stimulation of cotyledon expansion and growth of *Cucumis sativa* (cucumber)**. *Front. Plant Sci.* 14:1136563. doi: 10.3389/fpls.2023.1136563

SILVA, M. B. P. da; SILVA, V. N. Biocondicionamento de sementes de tomate com extrato de alga vermelha. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 28–36, 2020. DOI: 10.36560/14420211250. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1250>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SILVA, Luiz Daniel Soares. **Avaliação do potencial dos extratos de algas marinhas *Sargassum muticum* e *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae) como fertilizante agrícola**. Tese de Doutorado, [s. l.], v. 29, ed. 6, 2015. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/32863>. Acesso em: 19 maio 2022.

SINGH, S. K. *et al.* Effect of fertilizer level and seaweed sap on productivity and profitability of rice (*Oryza sativa*). **Indian J Agron**, [s. l.], v. 60, ed. 3, p. 420-425, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Sk-Singh-2/publication/291284986\\_Effect\\_of\\_fertilizer\\_level\\_and\\_seaweed\\_sap\\_on\\_productivity\\_and\\_profitability\\_of\\_rice\\_Oryza\\_sativa/links/56d7e14b08aeb4638af2390/Effect-](https://www.researchgate.net/profile/Sk-Singh-2/publication/291284986_Effect_of_fertilizer_level_and_seaweed_sap_on_productivity_and_profitability_of_rice_Oryza_sativa/links/56d7e14b08aeb4638af2390/Effect-)

of-fertilizer-level-and-seaweed-sap-on-productivity-and-profitability-of-rice-Oryza-sativa.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

TEE, Mian Zi *et al.* Growth rate analysis and protein identification of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) under pH induced stress culture. **Aquaculture Reports**, [s. l.], v. 2, p. 112-116, 18 set. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513415300120>. Acesso em: 22 jun. 2022.

VALDERRAMA, Diego *et al.* Social and economic dimensions of carrageenan seaweed farming. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome, p. 580, 2013. Disponível em: <https://tamug-ir.tdl.org/bitstream/handle/1969.3/29143/a-i3344e.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 jun. 2022.

VASCONCELOS, Bárbara Monique de Freitas *et al.* Macroalgas e seus usos – alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Rome, v. 8, ed. 5, p. 17, 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7404594>. Acesso em: 29 jun. 2022.

VERKLEIJ, F. N. (1992). Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, 8(4), 309-324.

ZANELLA, C. *et al.* **Extrato de Kappaphycus alvarezii: produção e conservação**. I Simpósio de Bolsistas da Fiperj. Fiperj. Disponível em: <[http://www.fiperj.rj.gov.br/fiperj\\_imagens/arquivos/344](http://www.fiperj.rj.gov.br/fiperj_imagens/arquivos/344)>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ZODAPE, S. T. *et al.* Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. **CSIR**, [s. l.], p. 468-471, 2010. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/9687>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ZODAPE, S. T. *et al.* Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **CSIR**, India, p. 215-219, 2011. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/11089>. Acesso em: 23 jun. 2022.

ZODAPE, S. T. *et al.* (2009), Effect of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex silva. extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum*, L.). **International Journal of Plant Production**, v. 3, n. 02, p. 97-101