UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

JENIFFER RIBEIRO DE OLIVEIRA

BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *COFFEA CANEPHORA*

São Mateus-ES
Julho de 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *COFFEA CANEPHORA*

JENIFFER RIBEIRO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Ivoney Gontijo

São Mateus-ES

Julho de 2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

Ribeiro de Oliveira, Jeniffer, 1994-
R484b Bioestimulantes na produção de mudas de Coffea canephora / Jeniffer Ribeiro de Oliveira. - 2023.
63 f. : il.

Orientador: Ivoney Gontijo.
Coorientadora: Sara Dousseau Arantes.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Bioestimulantes. I. Gontijo, Ivoney. II. Dousseau Arantes, Sara. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63

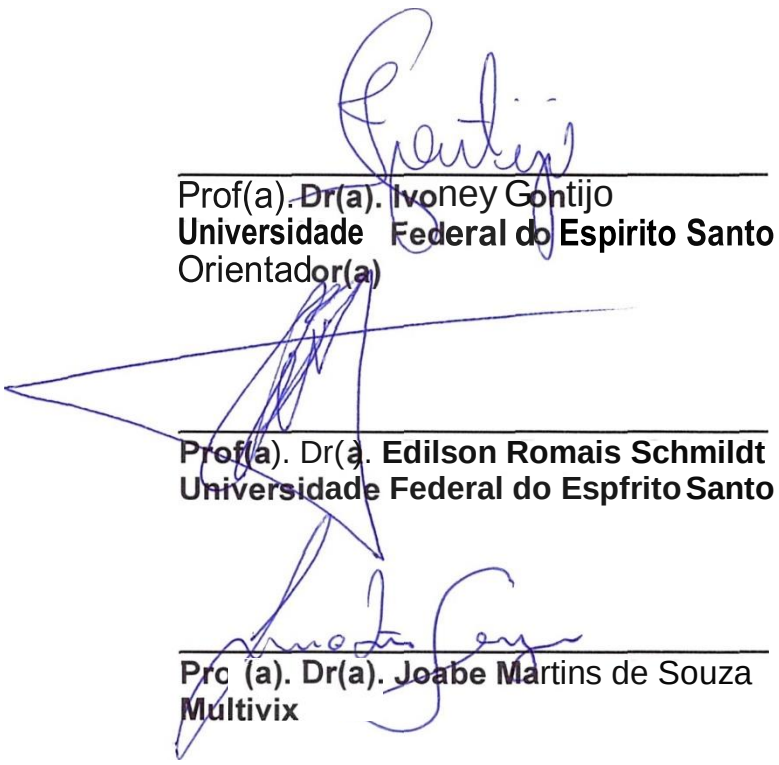
JENIFFER RIBEIRO DE OLIVEIRA

BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *COFFEA CANEPHORA*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em AgriculturaTropical.

Aprovada em 21 de Julho de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof(a). **Dr(a). Ivo**ney Gontijo
Universidade Federal do Espirito Santo
Orientador(a)

Prof(a). Dr(a). **Edilson Romais Schmildt**
Universidade Federal do Espfrito Santo

Prc (a). Dr(a). Joabe Martins de Souza
Multivix

‘’Os sonhos são como uma bússola, indicando os caminhos que seguiremos e as metas que queremos alcançar, são eles que nos impulsionam, nos fortalecem e nos permitem crescer’’.

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus, pela oportunidade de realização pessoal, que é esse mestrado.

A minha família por todo apoio e carinho que me deram durante toda a minha jornada acadêmica até aqui.

Aos meus orientadores, primeiro ao professor Ivoney Gontijo por toda paciência, ensinamentos e colaboração.

A professora Sara Dousseau Arantes, por ter me co-orientado ao longo do trabalho, e ter demostrado tanta disponibilidade.

Ao professor Edilson Romais pelas dicas e conselhos quanto a estatística do trabalho e toda colaboração ao longo de minha vida acadêmica.

Ao professor Fábio Luiz Partelli pela colaboração nas análises nutricionais.

Ao professor Joabe Martins de Souza, pela colaboração na banca de defesa.

Agradeço ao meu namorado e amigo, Gabriel Barbosa da Cruz, por toda paciência, conselhos e colaboração.

A Dalila Bonomo e Vanessa Lopes, por toda contribuição e companheirismo ao longo do trabalho.

Em especial gostaria de agradeçer a todos do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), que de alguma forma me ajudaram durante o experimento, desde a montagem até a fase final de avaliação do trabalho.

A todos, minha imensa Gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO.....vi
ABSTRACT.....vii
INTRODUÇÃO 1-2
CAPITULO I: BIOESTIMULANTES: UMA VISÃO GERAL.....3
1.1 Revisão bibliométrica: bioestimulantes na agricultura.....4-7
1.2 Legislação, mercado e pesquisa científica.....7-10
1.3 Utilização de extratos de algas como bioestimulante 10-14
2. Bioestimulantes na cultura do café.....14-15
3. Referências.....16-23
CAPITULO II: RESPOSTA MORFOLÓGICA, FISIOLÓGICA E NUTRICIONAL DE MUDAS DE *COFFEA CANEPHORA* À APLICAÇÕES DE BIOESTIMULANTES.....24
Resumo 25-26
Abstract 27
1. Introdução 28-30
2. Material e métodos 31-35
3. Resultados e discussão..... 35-44
4.Conclusão.....45
5. Referências.....46-52
ANEXOS.....53-54

RESUMO

OLIVEIRA, Jeniffer Ribeiro de ; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Julho de 2023; **Bioestimulantes na produção de mudas de *Coffea canephora*;** Orientador: Ivoney Gontijo; Co-orientadora: Sara Dousseau Arantes.

A cafeicultura se destaca no cenário econômico nacional e internacional, sendo o Brasil responsável por mais de um terço da produção mundial. Para se chegar ao patamar desejado de elevada produtividade, a produção de mudas vigorosas e bem nutridas é de fundamental importância. A utilização de bioestimulantes na produção de mudas é uma alternativa promissora, os produtos à base de algas podem proporcionar melhor desenvolvimento radicular, com raízes mais vigorosas e sadias, além do melhor aproveitamento da água e nutrientes do substrato, podendo atuar até mesmo como condicionante de solo, contribuindo para o melhoramento físico, químico e biológico do solo. Objetivou-se no presente estudo avaliar a eficiência de dois produtos comerciais com ação bioestimulante na produção de mudas de *Coffea canephora*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, testando quatro doses independentes para cada produto mais um tratamento controle sem nenhuma dosagem de produto, com quatro repetições e 25 plantas por parcela, em um total de 900 mudas avaliadas. O produto líquido (Vitanica® RZ) foi avaliado nas doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 ml L^{-1}) e o produto mineral (LithoMicron 3000®) nas doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 g L^{-1}), aplicados de 15 em 15 dias por encharcamento das mudas. Foram analisadas variáveis morfológicas, fisiológicas e nutricional. O tratamento composto pelo produto Vitanyca RZ® na menor dosagem estabelecida 0,75 ml L^{-1}, proporcionou maior condutância estomática, já o tratamento composto pelo produto LithoMicrom 3000® na dosagem 3,0 g L^{-1} possibilitou um maior teor de K na matéria seca de raíz das mudas de *Coffea canephora.* O restante das variáveis analisadas, incluindo as variáveis morfológicas e o teor foliar de nutrientes na matéria seca não foram influenciadas pelos tratamentos.

Palavras-chave: *Ecklonia maxima*. Café conilon. *Lithothamnium*.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Jeniffer Ribeiro de ; M.Sc.; Federal University of Espirito Santo; July 2023; **Biostimulants on the production of *Coffea canephora* seedlings**; Advisor: Ivoney Gontijo; Co-advisor: Sara Dousseau Arantes.

Coffee growing stands out in the national economic scenario, with Brazil responsible for more than a third of world production. To reach the desired level of high productivity, the production of vigorous and well-nourished seedlings is of fundamental importance. The use of biostimulants in the production of seedlings is a promising alternative, algae-based products can provide better root development, with more vigorous and healthier roots, in addition to better use of water and nutrients from the substrate, and can even act as a conditioner for soil, contributing to physical, chemical and biological improvement. . The objective of this study was to evaluate the efficiency of two commercial products with biostimulant action in the production of *Coffea canephora* seedlings. The experimental design used was in randomized blocks, testing four independent doses for each product plus a control treatment without any product dosage, with four replications and 25 plants per plot, in a total of 900 evaluated seedlings. The liquid product (Vitanica® RZ) was evaluated at doses: (0.75; 1.5; 2.25; 3.0 ml L^{-1}) and the mineral product (LithoMicron 3000®) at doses: (0.75 ; 1.5; 2.25; 3.0 g L^{-1}), applied every 15 days by soaking the seedlings. Morphological, physiological and nutritional variables were analyzed. The treatment composed of the product Vitanyca RZ® at the lowest established dosage of 0.75 ml L^{-1}, provided greater stomatal conductance, whereas the treatment composed of the product LithoMicrom 3000® at the dosage of 3.0 g L^{-1} enabled a higher K content in the root dry matter of Coffea canephora seedlings. The rest of the analyzed variables, including the morphological variables and the leaf nutrient content in the dry matter, were not influenced by the treatments.

Keywords: *Ecklonia maxima*. Conilon coffee. *Lithothamnium*.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade econômica e social relevante para agricultura brasileira, ocupando lugar de destaque dentre os produtos de exportação, seguido do consumo interno, além de contribuir para geração de empregos e rentabilidade. O café Conilon (*Coffea canephora*), é a espécie de café mais plantado no Espírito Santo, sendo a principal fonte de renda naquelas localizadas em ambientes de temperatura mais elevada (FERRÃO *et al*., 2012).

A boa qualidade das mudas garante que as plantas expressem seu potencial genético (OLIVEIRA, 2020). Além disso, o cafeicultor tem a garantia que quando utiliza mudas de qualidade, terá maior possibilidade de se obter um estande de plantas mais homogênio, vigoroso, e com maior resistência a adversidades edafoclimáticas, doenças e pragas **(**BEZERRA, 2003).

Vários fatores afetam a formação das mudas, dentre eles a qualidade das estacas, tipo de recipiente, substrato empregado, adubação e manejo durante o processo de produção (LIMA FILHO, 2019). Nesse sentido, o bioestimulante vem sendo empregado na produção de mudas para melhorar o seu potencial, porém seu uso deve ser racional e dosado corretamente, pois o excesso pode inibir o desenvolvimento delas, enquanto doses inferiores acaba não trazendo nenhum benefício e a dosagem correta melhora o seu desenvolvimento, sua resistência, diminui o ciclo da cultura, entre outros benefícios (ELSENBACH *et al*., 2017).

Segundo Castro *et al*. (2019), bioestimulante são substâncias naturais ou microrganismos que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos, sem levar em conta seu conteúdo de nutrientes; ou produto que contém componentes ativos ou agentes biológicos, que atuam sobre as plantas melhorando seu desempenho.

Os bioestimulantes podem trazer benefícios para as culturas, quando aplicados via semente, superfície foliar e solo, uma vez que podem auxiliar na absorção e eficiência dos nutrientes (SILVA *et al*., 2016). Proporcionam equilíbrio hormonal das plantas, estimulam o desenvolvimento do sistema radicular e favorecem a expressão de todo seu potencial genético, podem atuar na degradação de substâncias de reserva das sementes, além de influenciar na diferenciação, divisão e alongamento celular (RAMOS *et al*., 2015).

Efeito positivo dos bioestimulantes sobre diversas culturas de interesse

comercial já foram relatados em trabalhos de pesquisa, como no caso do arroz (RODRIGUES *et al*., 2015), feijão-comum (PERIN *et al*., 2016), mamão (GUIMARÃES *et al*., 2015) e soja (CAMPOS *et al*., 2008). No entanto, os resultados, normalmente, são baseados somente na avaliação da produtividade das culturas, não levando em conta parâmetros morfofisiológicos que poderiam ajudar a entender os mecanismos pelos quais os bioestimulantes atuam na planta.

Por exemplo, a análise de crescimento permite identificar diferenças morfológicas, assim como quantificar a produção líquida resultante do processo fotossintético e, por conseguinte, da taxa de crescimento da planta (SILVA *et al*., 2009). As trocas gasosas, como taxa fotossintética e transpiratória, auxiliam na busca de respostas como perda do turgor e ajustamento osmótico, que desencadeiam efeitos no desempenho agronômico da cultura (FAGHANI *et al*., 2015). Adicionalmente, a quantidade de nutrientes absorvidos durante o ciclo de desenvolvimento das culturas é de suma importância e podem auxiliar no entendimento do efeito dos bioestimulantes sobre a disponibilidade, translocação e acúmulo desses nutrientes na planta (MARTINS, 2014).

Diante dos avanços tecnológicos no mercado atual, existe uma gama de produtos com efeito denominado “bioestimulante” sendo lançados todo ano os quais, de acordo com os fabricantes, proporcionam incrementos significativos na produtividade das culturas. Nesse cenário fica evidente a importância de estudos mais detalhados sobre os mecanismos de ação dos bioestimulantes nas culturas, principalmente, as de interesse comercial (IZIDÓRIO *et al*., 2015), já que os resultados sobre eles são baseados em pesquisas realizadas pelas próprias empresas fabricantes, contendo dados controversos e, em muitos casos, sem obtenção de efeitos desejados. Dessa forma, os agricultores necessitam de informações sobre o efeito dos bioestimulantes, para que possam se basear e manejar os produtos da forma correta.

Sendo a cultura do café tão relevante para o estado do Espírito Santo e para o Brasil, pesquisas que abordem a utilização de produtos que possam otimizar sua produção, tanto em campo, quanto na fase inicial de desenvolvimento de mudas e de suma importância.

CAPÍTULO I
BIOESTIMULANTES: UMA VISÃO GERAL

1.1 Revisão bibliométrica: bioestimulantes na agricultura

As análises bibliométricas revelaram a publicação de 375 artigos que envolvem o estudo de bioestimulantes na agricultura entre 2013 e 2023, Figura 1. Observou-se um aumento significativo a partir do ano de 2020, tendo um maior número de publicações em 2022, conforme a base de dados Scopus.

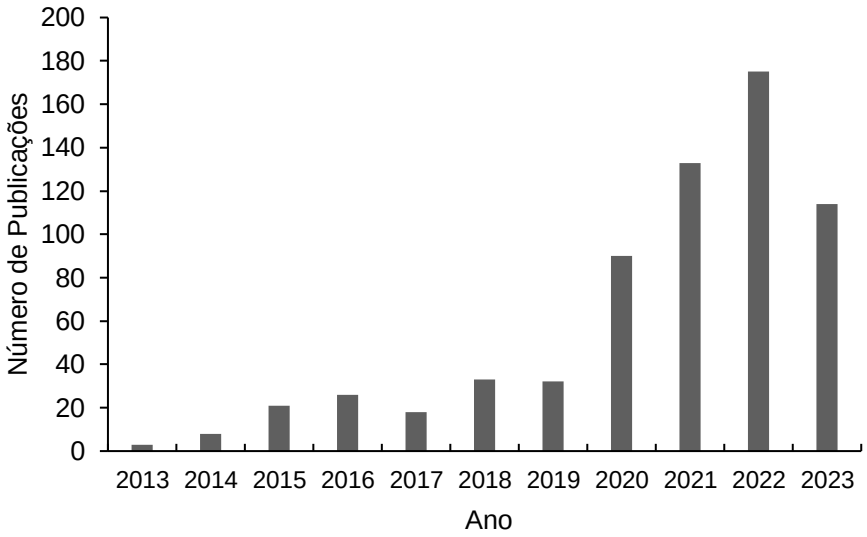


Figura 1. Evolução do número de publicações acerca do uso de bioestimulantes na agricultura entre os anos de 2013-2023.

O mercado mundial de bioestimulantes tem crescido desde 2020 com uma previsão comercial de mais de 3 bilhões de dólares em produtos, principalmente para a fruticultura europeia; entretanto, a Ásia promete ser a maior consumidora com vários produtos à base de aminoácidos, ácidos húmicos e extratos de algas marinhas (CODEVASF, 2022). As pesquisas com bioestimulantes no geral se concentram principalmente em olerícolas, culturas de ciclo mais curto que proporcionam experimentos mais rápidos.

Já em se tratando de distribuição geográfica das pesquisas com biestimulantes na agricultura, a Itália se destaca com 136 trabalhos publicados nos últimos 10 anos, o Brasil com 37 artigos publicados, ocupa sexta posição no ranking dos 10 países que mais publicaram sobre o tema no período Figura 2.

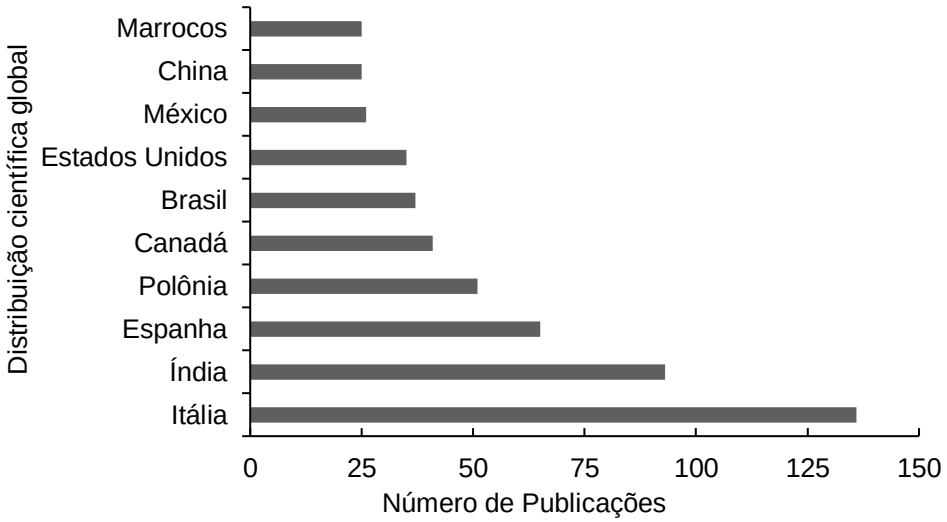


Figura 2. Distribuição global da produção cientifica que envolve uso de bioestimulantes na agricultura.

Esse resultado não é surpreendente, já que a europa a muitos anos exploram pesquisas com produtos que estimulam as plantas. O tema é tão relevante que foi criado o conselho europeu da indústria de bioestimulantes (European Biostimulants Industry Council – EBIC) para incentivar a utilização desse tipo de produto pelos produtores europeus (CROPLIFE-BRASIL, 2020).

Analisando os autores que mais publicaram sobre o tema nos ultimos anos, destaca-se principalmente pesquisadores europeus Figura 3. Voltado para a ciência brasileira, figura entre os 10 que mais publicaram apenas um brasileiro, o pesquisador Fábio Lopes Olivares, doutor em Agronomia (Ciências do Solo com ênfase em Microbiologia do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, se destaca com 8 artigos publicados relacionados ao tema nos ultimas anos.

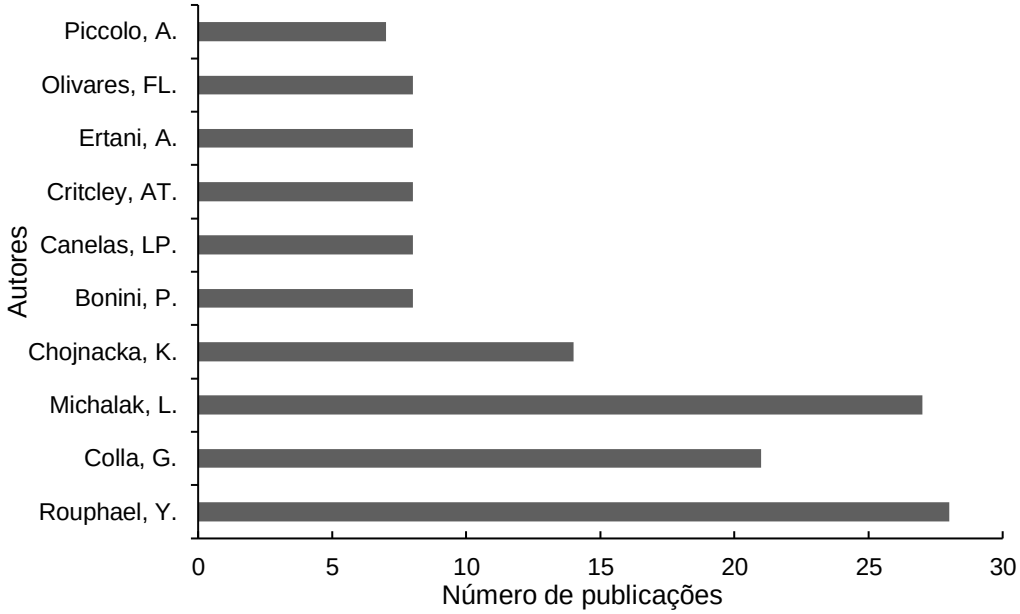


Figura 3. 10 principais autores de pesquisas envolvendo bioestimulantes na agricultura em termos de número de documentos publicados.

Na Tabela 1, é possível observar as revistas que mais publicaram sobre bioestimulantes na área agricola entre 2013 - 2023. Constatou-se que todas são internacionais, tendo destaque a Fronties In Plant Science com 54 publicações, possui um fator de impacto de 4.298, sendo a 1ª revista em ciências vegetais mais citada no mundo; em seguida se destaca a Agronomy, revista da sociedade espanhola de fisiologia vegetal, com 47 publicações sobre o tema.

Tabela 1. As 10 revistas cientificas mais influentes no estudo de bioestimulantes na agricultura.

Revistas Científicas	Número de Publicações
Fronties In Plant Science	52
Agronomy	47
Plants	26
Journal of Applied Phycology	18
Scientia Horticulturae	17
Horticuturae	8
Microorganisms	8
Science of theTotal Environment	8
Chemical and Biological Technologies in Agriculture	7
Frontiers in Microbiology	7

As pesquisas na plataforma Scopus associado a utilização de bioestimulantes na agricultura, apresentaram resultados interessantes de crescimento ao longo dos ultimos 10 anos. Os países europeus se destacam em trabalhos relacionados ao tema, visto que já tem até regulamentação na legislação no uso desses produtos bestimuladores, fazendo com que sua utilização seja mais abrangente. No Brasil as pesquisas vêm crescendo e há uma boa perspectiva a longo prazo, mostrando que é uma temática que têm muito a ser explorada nas diversas culturas cultivadas no país.

1.2 Bioestimulantes: legislação, mercado e pesquisa científica

Na legislação brasileira, o termo bioestimulante não é mencionado, ou seja, não há a classe de produtos bioestimulantes no que se refere ao registro.Todavia, produtos contendo componentes bioativos com efeitos estimulantes, que promovam o crescimento, desenvolvimento, aumento da produtividade e qualidade, e aumento da tolerância aos estresses abióticos, não sendo agrotóxicos ou exclusivamente fontes de nutrientes, são contemplados no Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (Brasil, 2004) da legislação de fertilizantes, na classe de

“Biofertilizantes”, nesse texto legal, Biofertilizante é definido como: ”produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante”.

Além da legislação de fertilizantes, as normas dos Sistemas Orgânicos de Produção, definido na Instrução Normativa (IN) 64, de 2008 (Brasil, 2008) também contempla o termo Biofertilizante, com a seguinte redação: “produto que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capaz de atuar direta ou indiretamente sobre toda ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos”; ou seja, livre de agrotóxicos. Nesse caso, como são contemplados agentes biológicos, os fungos e bactérias benéficas com efeito estimulante, poderiam ser considerados como Biofertilizantes na produção orgânica (STADNIK *et al*., 2017).

Produtos fertilizantes com diferentes concentrações de nutrientes, registrados em grande parte como fertilizantes organominerais para aplicação foliar, devendo garantir 6% de carbono como fração orgânica, podem utilizar em suas formulações aminoácidos, extratos de algas, ácidos húmicos, fúlvicos, e extratos de plantas contendo poliflavonóides como sendo agentes quelantes, complexantes ou aditivos, conforme a IN 25 de 2009 (BRASIL, 2009).

Diante do impasse quanto ao uso do termo bioestimulante, a Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (Abisolo) que congrega 96 empresas, com faturamento que perfaz a maior parte do setor de tecnologia em nutrição vegetal (ABISOLO, 2017), emitiu em 03/11/2015 comunicado aos seus associados com o seguinte teor: “ A Abisolo trabalha, reforça e recomenda o uso do termo Biofertilizantes desde 2013 junto às associadas, à comunidade cientifica e às entidades reguladoras, pois o termo “bioestimulantes” não é correto quanto a Nutrição de Plantas.” A instituição visou distinguir produtos que contenham compostos naturais como aditivos em formulações fertilizantes, de produtos em que os compostos naturais tenham bioatividade comprovada, sendo princípios ativos com efeitos estimulantes, portanto devendo ser registrados como biofertilizantes, e não como fertilizantes organominerais (MÓGOR *et al*., 2017).

Ainda segundo Mógor *et al*. (2017), esse entendimento encontra respaldo na Instrução Normativa 25 de 2009 (Brasil 2009), definindo que “deverá ser apresentada recomendação da pesquisa oficial brasileira ou relatório técnico científico conclusivo, que demonstre que a eficiência agronômica do produto se deve à ação do princípio ativo ou agente orgânico contido no biofertilizante”.

Sendo assim, as recentes legislações, bem como o entendimento da entidade representante do setor produtivo, estimulam interações da pesquisa com a iniciativa privada, pelo menos da parcela que pretende caracterizar seu produto obtido de fonte natural bioativa, inequivocamente (MÓGOR *et al*., 2017). Aliado a isso existe a necessidade de se ampliar no meio acadêmico a discussão sobre a adoção do termo bioestimulante, já que na literatura internacional está associado em geral a fontes naturais e não a agrotóxicos ou fertilizantes, e na legislação brasileira, até o momento sequer é contemplado (STADNIK *et al*., 2017).

O único órgão do governo brasilero que aborda o termo bioestimulante é o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) que sugere um conceito através da “Base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos”, que mensiona bioestimulante como: “produto que contenha substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante” (MAPA, 2021) .

Em trabalho intitulado “*Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation*”, Du Jardin (2015) fundamentado em revisão bibliográfica consultando 82 artigos, visando contribuir para a regulação europeia e norte americana, estabeleceu que bioestimulantes são “produtos com base em substâncias naturais ou microorganismos que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos, sem levar em conta o seu conteúdo de nutrientes”.

Du Jardin (2015) estabeleceu ainda como possíveis fontes para bioestimulantes os hidrolisados protéicos e outros compostos nitrogenados como

“aminoácidos”; fungos e bactérias benéficas; ácidos húmicos e fúlvicos e extratos de algas.

A utilização de aminoácidos na agricultura já é bastante difundida no Brasil e no mundo, em diferentes culturas e formas de aplicação, e tem sido tema de vários estudos a respeito da sua influência na produção vegetal (HAMMAD *et al*., 2014; MONDAL *et al*., 2015; LEMES *et al*., 2016). Os aminoácidos podem desempenhar diferentes funções na planta, podendo atuar como agentes redutores de estresse, fonte de N e precursores hormonais (CELEDONIO *et al*., 2020). A aplicação de aminoácidos em plantas também é utilizada para melhorar o crescimento e o nível nutricional das plantas tornando-as mais tolerantes a danos por doenças (EL-GHMRY *et al*., 2009).

O uso de microrganismos como bioestimulantes tem sido estudado em diversas espécies vegetais (MOREIRA, 2014; HARMS, 2016; NASCENTE *et al*., 2017). Os microrganimos benéficos (MB) são uma opção sustentável para aumentar a produtividade das culturas e a redução de incidências de doenças (REIS, 2016). São responsáveis por várias modificações químicas envolvidas no processo de ciclagem e disponibilidade de nutrientes no solo devido à liberação de substâncias solubilizadoras de fosfatos e quelantes de ferro, síntese de fitohormônios e produção de enzimas como celulases, lipases, fostases e ACC deaminase (SPERANDIO *et al*., 2017).

Os ácidos húmicos e fúlvicos também são muito pesquisadas como bioestimulantes em plantas. São compostos orgânicos condicionadores de solo, que ajudam a melhorar o aproveitamento da adubação mineral pelas plantas (BENETTI *et al*., 2018). Tais substâncias contribuem para melhorar as condições do solo, como por exemplo reduzem a toxidez por alumínio, consequentemente favorecem o crescimento das plantas (OLIVEIRA *et al*., 2017). Além disso, as substâncias húmicas, componentes dos bioestimulantes, produzem efeitos sobre o metabolismo da planta, principalmente, nos processos respiratório e fotossintético, de síntese de ácidos nucleicos e absorção de íons (VASCONCELOS, 2016).

Mas sem dúvida, uma das matérias primas mais estudadas atualmente com ação bioestimulante são as algas marinhas. Em linhas gerais, os efeitos benéficos da aplicação de extratos de algas têm sido relatados em cultivos de espécies vegetais de importância para o Brasil, tais como feijão, milho, soja, café entre outros

(MÓGOR *et al*., 2008; BERTOLIN *et al*., 2010; BETTINI *et al*., 2015; OLIVEIRA *et al*., 2016).

Acrescenta-se que tais efeitos incluem aumento no rendimento da safra, no peso fresco, no aumento dos níveis de clorofila nas folhas, uma melhor absorção de nutrientes pelas culturas, aumento da germinação de sementes, um melhor desenvolvimento de plantas submetidas a estresses, entre outros; estas pesquisas mostram que, mesmo em baixas concentrações, os produtos à base de extratos de algas afetam o desenvolvimento vegetal (CARVALHO *et al*., 2014).

1.3 Utilização de Extratos de algas como bioestimulante

Tendo por base os efeitos benéficos das algas, a indústria buscou otimizar sua utilização, recorrendo ao processamento das algas primeiro para preparação de farinhas e, mais recentemente, para a preparação de extratos (SILVA, 2011). Os extratos e suspensões têm conseguido melhor aceitação que as farinhas ou as próprias algas não processadas, são vendidos em formas concentradas, mais fáceis de transportar, diluir, aplicar e atuar rapidamente (MOTA, 2013). No Brasil, estes produtos são considerados aditivos pelo MAPA e, tem seu uso aprovado em fertilizantes (COSTA *et al*., 2014).

Atualmente, as algas são usadas nas formas secas ou de extratos, comercializadas mundialmente como bioestimulantes ou associadas a fertilizantes (SOUZA *et al*., 2019). Uma das matérias-primas mais usadas nas formulações de produtos bioestimulantes são as macroalgas. Provavelmente, a primeira macroalga comercializada como aditivo à fertilizantes foi a *Lithothamnium calcareum*, a partir da década de 1950 (STADNIK *et al*., 2017). Essas algas calcárias possuem um conteúdo rico em elementos minerais, principalmente cálcio e magnésio, e servem para melhorar o balanço físico-químico de solos ácidos e favorecer a microbiota do solo (STADNIK e PAULERT, 2008).

Além do uso consagrado junto a fertilizantes, algumas espécies de algas produzem moléculas bioativas capazes de estimular processos fisiológicos e induzir resistência a estresses, dentre essas, a alga parda *Ascophyllum nodosum*, originadas principalmente do Canadá, França e Irlanda, é a mais utilizada (STADNIK *et al*., 2017). Contudo, outras algas marrons, tais como, *Durvillaea potatorum* (da Austrália) e *Ecklonia maxima* (da África do Sul) vêm sendo

empregadas, e são já comercializadas no Brasil (STADNIK e PAULERT, 2008). Todas essas são importadas, e não existentes na costa brasileira, como há uma clara dependência quanto a fontes de algas a serem usadas nos bioestimulantes, e considerando o fato de que o Brasil e outros países da América Latina possuem uma longa costa marinha, deveria se investir mais em pesquisas de espécies locais.

Extratos de algumas espécies de macroalgas possuem capazes de estimular processos fisiológicos da planta e, assim, aumentar a produtividade (NARDI *et al*., 2016). Por exemplo, extratos de *A. nodosum* estimulam a fotossíntese, a absorção e a utilização de nutrientes e apresentam atividade antioxidante em plantas (DURAND *et al*., 2003; STADNIK e PAULERT, 2008). A pulverização das plantas com produtos à base de extratos dessa espécie pode aumentar a atividade de nitrato redutase, uma enzima-chave no metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições nutritivas adversas, principalmente em deficiência de nitrogênio (DURAND *et al*., 2003).

Como já mencionado, extratos de algas são muitas vezes comercializados em mistura com outros nutrientes e compostos. Uma das principais vantagens nessas misturas consiste justamente em melhorar o desempenho dos nutrientes aplicados, aumentando sua absorção e aproveitamento pela planta (NARDI *et al*., 2016).

A presença de hormônios (substâncias encontradas em pequenas quantidades em tecidos vegetais e envolvidas na regulação do crescimento e outros processos fisiológicos) vem sendo sugerida como responsável por, no mínimo, alguns dos efeitos, tem sido demonstrado que extratos de algas comerciais possuem altos níveis de atividade hormonal, pela presença de citocinina, por exemplo (NARDI *et al*., 2016). Muitas algas sintetizam também outros compostos denominados betaínas, que possuem propriedades semelhantes a citocininas, aumentando a retenção da clorofila, as betaínas são provavelmente envolvidas na maior resistência à geada e à seca, observada em plantas tratadas com extratos de algas (STADNIK e PAULERT, 2008).

Pesquisas demonstram que uma ampla gama de poli/ oligossacarídeos vem sendo extraídos de macroalgas e caracterizados quimicamente, esses ativam mecanismos de defesa à patógenos bem como estimulam a germinação e o crescimento das plantas (STADNIK e PAULERT, 2008). Tem sido demonstrado que

alguns deles tem efeito de sensibilização (*priming*) e acionam sinais moleculares que alteram positivamente o balanço hormonal (STADNIK e DE FREITAS, 2014).

Trabalhos em diversas culturas vêm sendo realizados para testar a eficiência de produtos a base de algas. Ribeiro *et al*. (2017) avaliou a expansão radicular e o desenvolvimento vegetativo de mudas de uva cv. *Crimson Seedless*. Foram empregadas cinco doses do produto comercial Solofull® (T1) 0; (T2) 0,75; (T3) 1,12; (T4) 1,5 e (T5) 1,87 mL planta^{-1}, aplicado via solo uma única vez logo após o plantio, foram avaliados vários parâmentros morfológicos. A concentração de 0,75 mL planta^{-1}, proporcionou mudas de melhor qualidade.

Em estudos com algas na produção de mudas de girassol, Meurer *et al*., 2009, não obteveram melhorias nas variáveis avaliadas em nenhuma concentração utilizada, já Santos *et al*. (2009), detectaram que a dosagem intermediária acelerou a germinação das sementes e melhorou suas características morfológicas. Isso demostra o quanto produtos a base de algas podem variar seus resultados, dependendo da composição do produto, tipo de alga na composição, forma de aplicação, dosagem aplicada entre outros fatores.

Várias entidades comerciais utilizam seu próprio método de hidrólise para obtenção do extrato de algas para produção do bioestimulante, tanto líquido quanto na forma de pó solúvel (MYKLESTAD, 2009). Os métodos de fabricação raramente são publicados, sendo tidos como informação proprietária mas, em geral, os extratos são fabricados a partir de processos que utilizam-se de água, ácidos ou álcalis e métodos físicos de rompimento de células (CRAIGIE, 2011).

A hidrólise alcalina é uma das mais amplamente utilizadas para a produção industrial do extrato de *A. nodosum* (CRAIGIE, 2011; SHARMA *et al*., 2014). A extração consiste no tratamento da biomassa de *A. nodosum* em solução de hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, em temperatura de 70-100°C causando o rompimento de longos e complexos polissacarídeos em oligômeros menores e de baixo peso molecular e, conforme Craigie (2011), o processo alcalino tem a capacidade de gerar compostos que inicialmente não faziam parte dele a partir da interação química entre o hidróxido escolhido e os constituintes da macroalga cuja degradação, rearranjo e condensação origina ácidos monocarboxílicos e dicarboxílicos, resultando no aumento do número total de ácidos ao final do processo.

A hidrólise ácida serve, principalmente, para extrair os polissacarídeos sulfatados contendo fucose, na etapa de pré-tratamento com ácido, o alginato de cálcio é convertido em ácido algínico e é extraído mais eficientemente com hidróxido de potássio (HENRY, 2005).

O método de extração aquoso compreende a hidratação de uma farinha de algas marinhas desidratadas, de onde os compostos bioestimulantes serão posteriormente recolhidos, e então separados através de métodos de filtração conforme a destinação do bioestimulante, a filtração seleciona os compostos de interesse (SHARMA *et al*., 2014). Os bioestimulantes fabricados dispondo-se desse método são, geralmente, ricos em compostos de bioatividade semelhante às de fito-hormônios (CROUCH *et al*., 1993).

Outros métodos, como a extração por micro-ondas e por ultrassom, são considerados *eco-friendly* quando comparados aos métodos de extração com solventes, a extração por micro-ondas reside no princípio de que o aquecimento da biomassa de algas pela energia de micro-ondas é capaz de extrair os compostos bioestimulantes (MAGNUSSON *et al*., 2017) e vem sendo utilizada para extrair fucoides, alginato de sódio, açúcares e compostos fenólicos de *A. nodosum* (MICHALAK, 2015).

2. Bioestimulantes na cultura do café

Com grande influência na economia do país e do mundo, as altas produções do cafeeiro faz do país o maior produtor e exportador de café no mercado mundial (BARBOSA *et al*., 2021). Para que se tenha altas produções a utilização de insumos que maximizem o processo é de fundamental importância, uma das alternativas é a utilização de bioestimulantes.

A utilização na agricultura de produtos que exibam ação bioativa ou bioestimulante (CASTRO, 2006) tem sido objeto de estudos de diversos autores (ZHANG *et al*., 1999; ZHANG *et al*., 2002; PAYAN *et al*., 2004). Segundo Vieira (2001), a mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou dos mesmos com outras substâncias de natureza bioquímica, como aminoácidos, vitaminas e nutrientes, podem ser denominados como bioestimulantes. Produtos de origem natural obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* também tem sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas (BROWN, 2004); na Europa, é frequente o uso

de produtos comerciais à base de extrato de alga para aplicações foliares ou no solo, inclusive na agricultura orgânica (MASNY *et al*., 2004; ANDERSON *et al*., 1987).

Autores como Reiber *et al*. (1999); Zhang *et al*. (2000) descreveram o extrato de alga como sendo uma fonte natural de citocininas, classe de hormônios vegetais que promovem a divisão celular e retardam a senescência (MUSGRAVE, 1994).

Especificamente para a o cafeeiro, e principalmente produção de mudas, ainda são poucos os trabalhos publicados envolvendo bioestimulantes, porém, as perspectivas de sucesso para uma cultura perene são muito boas, já que uma lavoura de café bem conduzida pode durar até 25 anos, o que permite boa estruturação física, química e biológica do solo (DARIO, 2019).

Castro *et al*. (2016) ao avaliarem um bioestimulante para florescimento e maturação no *C. arabica* L., observaram que no florescimento em dias longos o ácido giberélico estimulou o alongamento de ramos, retardou ou inibiu a iniciação da gema floral, com isso, foi induzida a abertura das flores do cafeeiro aplicando-se ácido giberélico nos botões dormentes. A pesquisa demostrou que o biostimulante acelerou a maturação da polpa (pericarpo), mas não afetou o desenvolvimento da semente, que é a parte comercial do cafeeiro, o que pode-se obter um café de baixa qualidade se as sementes ou grãos não tiverem alcançado o completo desenvolvimento no período da pulverização com o biostimulante (CASTRO *et al*., 2016).

Em experimento conduzido em Uberaba em lavoura de café Catuaí Vermelho IAC 144, com 7 anos de idade, foram realizadas medidas de biometria (número de internódios), produtividade, infestação e infecção de pragas e doenças e qualidade do café. Após dois anos de experimento, concluiu-se que os extratos de algas promoveram significativo aumento na produtividade da lavoura, de 37 a 70%, comparando-se com a testemunha; a dose mais indicada é a de 2,0 L ha^{-1}, que obteve média de 39 sacas beneficiadas por hectare; com relação à qualidade da bebida, a melhor nota foi obtida com o tratamento baseado na dose de 4,0 L ha^{-1} (nota 79) no primeiro ano do experimento, sendo também superior aos demais na maturação, com 58% de grãos cereja e apenas 4% de verdes (FERNANDES *et al*., 2011).

O Brasil, sendo o principal país do mundo em produção de café, necessita de alternativas mais sustentáveis para a produção, destacando-se, nos últimos anos, os estudos com bioestimulantes. Já existem alguns estudos conduzidos em café, porém dada a importância da cultura no Espírito Santo e no Brasil, ainda há pouca pesquisa, sendo que especificamente para mudas de café conilon é quase escasso os estudos voltados para ação de bioestimulantes, os poucos que se encontram são voltados para teste em mudas de café arábica, como os desenvolvidos por (TORRES, 2010; SOUZA, 2018).

Desse modo, pesquisas que aprofundem o conhecimento a cerca da resposta de mudas de café a aplicação dos biostimulantes é fundamental, tanto para os produtores que precisam de embasamento técnico, quanto para as empresas que muitas vezes precisam de apoio técnico para testar o efeito desses produtos para determinada cultura.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISOLO. **Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal**. 2017. Disponível em: http://www.abisolo.com.br/anuario. Acessado em: 22/11/2022.

BARBOSA, L.; O.; S.; AGUILAR. C.; MACIEL. L. A participação de Minas Gerais e do Brasil na cadeia produtiva global do café. **Revista Economia & Região**, Londrina, v.9, n. 147-166, 2021.

BENETTI, R.; BENETT, K. S. S.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; SELEGUINI, A. Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 75-81, 2018.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; JÚNIOR, E. F.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010.

BETTINI, M.O. **Aplicação de Extrato de Algas Marinhas em Cafeeiro Sob Deficiêcia Hídrica e Estresse Salino**. 194 f. 2015. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu, 2015.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2003. 22 p. (Documentos, 72).

BRASIL. Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004. MAPA - Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal. Acessado em: 22/11/2022.

BRASIL. **Instrução Normativa 64 de 18 de dezembro de 2008**. MAPA – Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal. Acessado em: 22/11/2022.

BRASIL. **Instrução Normativa 25 de 23 de julho de 2009**. MAPA - Disponível em: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78910>. Acessado em: 22/11/2022.

BROWN, M. A. **The use of marine derived products and soybean meal in organic vegetable production**. 94 p. Thesis (Master in Science) – Department of Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, 2004.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. F. S.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista**

Biotemas, Florianópolis, v. 21, p. 53-63, 2008.

CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. de. **Extratos de algas e suas aplicações na agricultura.** Série produtor rural, Piracicaba, n. 56, 2014, 58p.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, n. 32, 2006. 46 p. (Série Produtor Rural).

CASTRO, P. R. C.; ARAÚJO, D. K.; ANGELINI, B. G.; MENDES, A. C. C. M. **Biorreguladores na agricultura**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2016. 154p.

CASTRO, P. R. C.; CAMPOS, G. R.; CARVALHO, M. E. A. **Biorreguladores e bioestimulantes agrícolas**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019.

CELEDONIO, W. F. **Bioestimulante na produção de mudas de romãzeira *(Punica granatum*) cv. Mollar.** 2020. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

CODEVASF. **Bioestimulantes na Agricultura, 2021. Disponível em :** https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/boletim-informativo-dos-projetos-da-codevasf/24aedicao/bioestimulantes-na-agricultura. Acesso em : 01/08/2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Safra 2021.

CROPLIFE-BRASIL. **Bioestimulante, uma nova ferramenta para tratar as plantas, 2020.** Disponível em: https://croplifebrasil.org/conceitos/bioestimulante-uma-nova-ferramenta-para-tratarasplantas. Acesso em: 01/08/2023.

COSTA, M. A da. NOGUEIRA, E. C.; ALVES, H. J.; MARRA, B. M.; ALAB, J. H. C. O uso de macroalgas marinhas na agricultura. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 69-76, 2014.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, 2011.

CROUCH, I. J., VAN STADEN, J. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. **Plant Growth Regul**, v. 13, p. 21–29, 1993.

DARIO G. **Estudo de associação genômica ampla para importantes características agronômicas em *Coffea canephora***. X Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. Vitória, ES, 2019.

DURAND, N.; BRIAND, X.; MEYER, C. The effect of marine substances (N Pro) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in Arabidopsis thaliana. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 489-493, 2003.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v.196, p. 3–14. 2015.

El-GHAMRY A. M.; EL-HAI K. M. A.; GHONEEM K. M. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance off aba bean cultivated in clayey soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, p. 731-739, 2009.

ELSENBACH, H.; MAREMGO, R. P.; FONTINELLI, A. M.; SARTORI, D. B. S.; MENEZES, H. M.; FONSECA, D. A. R. Efeito do bioestimulante o desenvolvimento de plântulas de soja. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 9. 2017, Santana do Livramento. **Anais** [...]. Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2017.

FAGHANI, E.; GHARECHAHI, J.; KOMATSU, S.; MIRZAEI, M.; KHAVARINEJAD, RA.; NAJAFI, F.; FARSAD, L. K.; SALEKDEH, G. H. Comparative physiology and proteomic analysis of two wheat genotypes contrasting in drought tolerance. **Journal of Proteomics**, Vienna, v.114, p. 1-15, 2015.

FERNANDES, A. L.T.; SILVA, R. O. Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia. V.7, n.13, p.147-157, 2011.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MUNER, L. H. De.; LANI, J. A.; PREZOTTI, L. C.; VENTURA, J. A.; MARTINS, D. dos S.; MAURI, A. L.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas.** 4. ed. revisada e ampliada. Vitória - ES: Incaper, 2012. (Incaper: Circular Técnica, 03-I) 74 p.

GUIMARÃES, I. P.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N.; ARRAIS, I G.; CARDOSO, E. A.; SÁ, F. V. S. Produção de mudas de três acessos de mamoeiro sob doses do bioestimulante Root®. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.38, n.3, 2015.

HAMMAD, S. A. R.; ALI, O. A. M. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. **Annals of Agricultural Science**, v. 59, n. 1, p. 133-145, 2014.

HARMS, M. G. **Controle de antracnose em feijão com produtos alternativos.**

2016. 75f. Tese (Doutorado em Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

HENRY, E. C. Report of alkaline extraction of aquatic plants. **Science**, 2005.

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

LEMES, E. S.; DIAS,L.; ROSA, T. D.; GEHLING, V. M.; OLIVEIRA, S, de.; MENDONÇA, A. D. de.; MENEGHELLO, G.E. Physiological potential of irrigated rice seeds treated with amino acids and under salt stress. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 6, p.1452-1461, 2016.

LIMA FILHO, P. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 27-39, 2019.

MAGNUSSON, M.; YUEN, A. K. L.; ZHANG, R.; JEFFREY T.; WRIGHT, R. TAYLOR, T. Maschmeyer, R. NysA comparative assessment of microwave assisted (MAE) and conventional solid-liquid (SLE) techniques for the extraction of phloroglucinol from brown seaweed. **Algal Research**, v. 23, p. 28–36, 2017.

MAPA. **Base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos,** 2021. Disponível em : https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos. Acesso em : 22/03/2023

MARIQUE, L. E. C. **Respuesta de dos variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de tres ácidos húmicos en el Valle de Moquegua**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, 2015.

MARTINS, D. C. **Cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes, fertilizantes líquidos e *Azospirillum sp*.** 2014. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2014.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK SL and GOEMAR BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, p. 23-27, 2004.

MEURER, K. N. D. **Efeito de bioestimulante a base de algas na produção de mudas de girassol ornamental.** 2019. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó.

MYKLESTAD, S. M.; GRANUM, E. **Biology of (1,3)-B-Glucans and Related Glucans in Protozoans and Chromistans.** In: Chemistry, Biochemistry, and Biology of 1-3 Beta Glucans and Related Polysaccharides, p. 353-372, 2009.

MICHALAK, I.; CHOJNACKA, K. Algae as production systems of bioactive compounds. **Engineering in Life Sciences**, v. 15, n. 2, p. 160–176, 2015.

MILLER, L. O. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e Trichoderma spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n.1, p. 20-28, 2014.

MÓGOR, A. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 431- 437, 2008.

MÓGOR, A. F. **Potencial de Uso de Bioestimulantes na Horticultura**. In: (Org.). Fertilizando a agricultura brasileira. São Paulo: ABISOLO, v. 30, n. 07, 2010. 19 p.

MONDAL, M. F.; AZZADUZAMAM, M.D.; TANAKA, H.; ASAO, T. Effects of amino acids on the growth and flowering of Eustomagrandiflorum under autotoxicity in closed hydroponic culture. **Scientia Horticulturae**, v. 192, p. 453-459, 2015.

MOREIRA, S. S. **Aspectos do desenvolvimento em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculados com *Trichoderma* spp. 2014.** 85f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade vegetal), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

MOTA, M. Utilização de extratos de algas como suplemento nutritivo em fruticultura. **Agrotec - revista técnico-científica agrícola**, Porto, n. 7, v. 2, 2013.

MUSGRAVE, M. E. Cytokinins and oxidative processes. In: MOK, D. W. S, MOK, M. C. (Ed.) **Cytokinins, chemistry, activity and function**. Boca Raton: CRC Press, 1994, p. 167- 178.

NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; DE SOUSA, T. P.; DE SOUZA, A. C. A.; SILVA, L. V. L.; DA SILVA, G. B. Effects of beneficial microorganisms on lowland rice development. **Environmental Science and Pollution Research**, Springer Natures, v. 24, p. 25233-25242, 2017.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18-23, 2016.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; CUNHA, R.C.; SOUZA, M.W.L.; LIMA, L.A. Uso

de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.47, p.307-315, 2016.

OLIVEIRA, S. M.; UMBURANAS, R. C.; PEREIRA, R. G.; SOUZA de, L. T.; FAVARIN, J. L. Bioestimulantes via tratamento de sementes na promoção de crescimento de raizes de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v.10, n.3 p.109-114, 2017.

PAYAN, J. P. M.; STALL, W. Effects of aminolevoluric acid and acetyl thioproline on weed free and weed infested St. Augustine Turfgrass. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 117, p. 282-285, 2004.

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 34 de feijão carioca. **Revista Global. Science Technology**, Rio Verde, v.09, n.03, p.98 – 105,2016.

PRADEBON, P. R. **Avaliação de aplicação de Trichoderma spp na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2016. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016.

RAMOS, A. R.; BINOTTI, F. F. S.; SILVA, T. R.; SILVA, U. R. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, Taubaté, v.21, n.1, p. 76-88, 2015.

REIBER, J. M.; NUEMAN, D. S. Hybrid weakness in Phaseolus vulgaris disruption of development and hormonal allocation. **Plant Growth Regulators**, v. 24, p. 101-106, 1999.

REIS, M. Os compostos no controle de doenças das plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.39, n.1, p. 25-35, 2016.

RIBEIRO, R. F.; LOBO. J. T.; CAVALCANTE.; I. H. L.; TENREIRO.; I. G. P.; LIMA.; D.D. Bioestimulante na produção de mudas de videira cv. *Crimson seedless*. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 36-42, 2017.

RODRIGUES, L. A.; BATISTA, M. S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, 2015.

SANTOS, P. L. F. D.; ZABOTTO, A. R.; JORDÃO, H. W. C.; BOAS, R. L. V.; BROETTO, F.; TAVARES, A. R. Uso de bioestimulante a base de alga

(*Ascophyllum nodosum*) na germinação e crescimento de plantas de girassol ornamental. **Ornamental Horticulture**, 25 (3), 231-237, 2017.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão de corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.383–389, 2011.

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**, Sergipe, v.12, n.10, 2016.

SHARMA, H. S. S.; COLIN, F.; CHRIS, S.; RAO, J. R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

SOUSA, L. N. R. de. **Aplicação de extrato de algas marinhas em sistema de produção de girassol irrigado com água salina.** 2019. 134 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SOUZA, R. S.; WANDER, A. E. Aspectos econômicos da produção de feijão no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 43-54, 2014.

SOUZA, R. A. **Desenvolvimento do sistema radicular de mudas de café tratadas com diferentes produtos em fase de viveiro.** In: 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Anais...Franca-SP, 2018.

SPERANDIO, E. M.; VALE, H. M. M.; REIS, M. S.; CORTES, M. V. C. B.; LANNA, A. C., FILLIPI, M. C. C. Evaluation of rhizobacteria in upland rice in Brazil: growth promotion and interaction of induced defense responses against leaf blast (*Magnaporthe oryzae*). **Acta Physiol Plant**, Heidelberg, v.39, p.259-269, 2017.

STADNIK, M. J.; PAULERT, R. **Uso de macroalgas marinhas na agricultura.** In: Congresso Brasileiro de Ficologia, 2008, Itajaí-SC. XI Congresso Brasileiro de Ficologia/ Simpósio latino-americano sobre algas nocivas. Rio de Janeiro: Museu Nacional do Rio de Janeiro. v. 30. p. 267-279.

STADNIK, M.J.; DE FREITAS, M.B. Algal polysaccharides as source of plant resistance inducers. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, p. 111-118, 2014.

STADNIK, M. J.; ASTOLFI, P.; FREITAS, M. B. **Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a américa latina.** In: I Simpósio Latino-

Americano sobre bioestimulantes na Agricultura. Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2017.

TORRES, A. J. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro arábica tratadas com bioestimulante fementado.** In: 36º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Anais**...Guarapari, 2010.

VASCONCELOS, A. C. P. **Bioestimulantes contendo silício e micronutrientes aplicados via foliar em arroz de sequeiro.** 120 f. Dissertacao (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja, feijoeiro e arroz**. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

ZHANG, X.; ERVIN, E H.; SCHMIDT, R. E. Physiological effect of liquid applications of a seaweed extract and humic acid on creeping bentgrass. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 128, p. 492-496, 1999.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Hormone containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. **Crop Science**, v. 40, p. 1344-1349, 2000.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E.; ERVIN, E. H.; DOAK, S. Creeping bentgrass physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two regimes. **HortScience**, v. 37, p. 898-902, 2002.

CAPÍTULO II

RESPOSTA MORFOLÓGICA, FISIOLÓGICA E NUTRICIONAL DE MUDAS DE *COFFEA CANEPHORA* À APLICAÇÕES DE BIOESTIMULANTES

RESUMO

OLIVEIRA, Jeniffer Ribeiro de ; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Julho de 2023; **Resposta morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *coffea canephora* à aplicações de bioestimulantes**; Orientador: Ivoney Gontijo; Co-orientador: Sara Dousseau Arantes.

O café (*Coffea spp.*) é uma cultura de grande relevância econômica e social no Brasil. Na cafeicultura, a obtenção de mudas com alta qualidade é essencial para implantação de lavouras produtivas. Uma das matérias-primas mais usadas nas formulações de produtos bioestimulantes são indubitavelmente as macroalgas. Muitas espécies de algas possuem um conteúdo rico em elementos minerais, e servem tanto para aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas, quanto para favorecer a microbiota do solo. Objetivou-se com presente trabalho avaliar dois produtos comerciais com ação bioestimulante em características morfológicas, fisiológicas e nutricional de mudas de *Coffea canephora* (clone A1). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, testando quatro doses independentes para cada produto mais um tratamento controle sem a adição dos produtos, foram quatro repetições e 25 mudas por parcela, em um total de 900 mudas avaliadas. Os bioestimulantes utilizados foram: o produto líquido (Vitanica RZ®) nas doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 mL L^{-1}) e o produto mineral (LithoMicrom 3000®) nas doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 g L^{-1}), os dois aplicados de 15 em 15 dias via encharcamento das mudas com auxilio de regador. Foram avaliadas variáveis morfológicas: diâmetro do broto (DB), número de folhas (NF), comprimento de raíz, matéria seca de raiz (MSR), e de parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e volume de raíz (VR); as variáveis fisiológicas foram: trocas gasosas, utilizando o Irga - taxa de fotossíntese líquida(A), transpiração (E), condutância estomática ao vapor de água (gs), concentração interna (Ci) e razão entre a concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca); também foram realizadas ao final do experimento análise nutricional para macronutrientes e micronutrientes em folhas e raízes. Os tratamentos não influenciaram no desenvolvimento de características morfológicas da planta e teor de nutrientes na matéria seca da parte aérea das mudas. O tratamento I: composto pelo produto Vitanyca RZ® na dosagem (0,75 mL L^{-1})

proporcionou maior condutância estomática, enquanto que o tratamento VIII: composto pelo produto LithoMicrom 3000® na dosagem (3,0 g L^{-1}) possibilitou um maior teor de potássio na matéria seca de raíz das mudas de *coffea canephora.*

Palavras-chave: *Ecklonia maxima*. Qualidade de mudas. *Lithothamnium*.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Jeniffer Ribeiro de ; M.Sc.; Federal University of Espirito Santo; July 2023; **Morphological, physiological and nutritional response of *coffea canephora* seedlings to biostimulant applications**; Advisor: Ivoney Gontijo; Co-advisor: Sara Dousseau Arantes.

Coffee (*Coffea spp.*) is a crop of great economic and social relevance in Brazil. In coffee growing, obtaining high quality seedlings is essential for the implementation of productive crops. One of the most used raw materials in biostimulant product formulations is undoubtedly macroalgae. The objective of this work was to evaluate two commercial products with biostimulant action on morphological, regulatory and nutritional characteristics of Coffea canephora seedlings (clone A1).The experimental design used was in randomized blocks, testing four independent doses for each product + a control treatment with zero dose of the products, there were four replications and 25 seedlings per plot, in a total of 900 seedlings evaluated. The liquid biostimulant (Vitanica RZ®) in doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 ml L^{-1}) and the mineral product (LithoMicrom 3000®) in doses: (0,75; 1,5; 2,25; 3,0 g L^{-1}), both applied every 15 days by soaking the seedlings with the aid of a watering can. Morphological variables were evaluated: shoot diameter (DB), number of leaves (NF), root length, root dry matter (MSR), shoot dry matter (MSPA), total dry matter (MST) and root volume (VR); the physiological variables were: gas exchange variables, using Irga - net photosynthesis rate (A), transpiration (E), stomatal conductance to water vapor (gs), internal concentration (Ci) and ratio between the internal and external concentration of CO_2 (Ci/Ca); nutritional analysis for macronutrients and micronutrients in leaves and roots were also carried out at the end of the experiment. The treatments did not influence the development of morphological characteristics of the plant and nutrient content in the leaf dry mass of the seedlings, the treatment I: composed of the product Vitanyca RZ® at a dosage of (0,75 ml L^{-1}) provided greater stomatal conductance, while the treatment VIII: composed of the product LithoMicrom 3000® at a dosage of (3,0 g L^{-1}) enabled a higher potassium content in the root dry matter of *coffea canephora* seedlings.

Keywords: *Ecklonia maxima*. Seedling quality. *Lithothamnium*.

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas com qualidade é uma etapa fundamental para o sucesso da cafeicultura, quando esta etapa é eficiente, ou seja realizada de forma adequada tem-se uma atividade mais sustentável, com maior produtividade e menor custo (TOMAZ *et al*., 2012).

A utilização de produtos que maximizem o desenvolvimento das mudas vêm sendo utilizados na agricultura, os bioestimulantes se apresentam como uma alternativa relevante. Segundo Avila *et al*. (2008), biostimulantes são misturas de duas ou mais substâncias naturais ou sintéticas usadas em baixas concentrações, isoladas ou não que podem ser aplicadas em sementes, plantas e solos proporcionando alterações nos sistemas morfológicos, fisiológicos em processos vitais e estruturais por ação semelhante a hormônios vegetais que visam aumentar a produtividade e a qualidade do vegetal.

Kauffman *et al*. (2007) resumem o que são os bioestimulantes, introduzindo uma classificação: “Os bioestimulantes estão disponíveis em uma variedade de formulações e com ingredientes variados, mas geralmente são classificados em três grupos principais com base em sua fonte e conteúdo, esses grupos incluem substâncias húmicas (HS), produtos contendo hormônios (HCP) e produtos contendo aminoácidos (AACP); Os HCPs, como extratos de algas marinhas, contêm quantidades identificáveis de substâncias ativas para o crescimento de plantas , como auxinas, citocininas ou seus derivados”.

As algas constituem organismos vivos essenciais que podem ser utilizados em escala comercial, são comercializados sob a forma de extratos, compondo fertilizantes líquidos e bioestimulantes, estes produtos contendo tais organismos têm apresentado efeitos positivos no crescimento, desenvolvimento e consequentemente nos rendimentos das culturas (MATYSIAK *et al*, 2011). Diversos trabalhos como os realizados por Souza *et al*. (2017) na produção de mudas de tomate testando *Ascophyllum nodosum*, Leone (2019) com eucalipto utilizando extrato da alga *Ecklonia maxima* e Cardoso (2021) na produção de mudas de *mulungu* com *Lithothamnium calcareum* demostraram que os bioestimulantes a base de algas foram eficientes em otimizar várias características morfológicas das plantas.

Extratos de algumas espécies de macroalgas possuem propriedades

bioestimulantes capazes de maximizar não só aspectos morfológicos da planta, mas também estimular processos fisiológicos e, assim, aumentar a produtividade (STADNIK *et al*., 2017). Por exemplo, extratos de *A. nodosum* estimulam a fotossíntese, a absorção e a utilização de nutrientes e apresentam atividade antioxidante em plantas (DURAND *et al*., 2003; STADNIK e PAULERT, 2008). A pulverização das plantas com produtos à base de extratos dessa espécie pode aumentar a atividade de nitrato redutase, uma enzima-chave no metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições nutritivas adversas, principalmente em deficiência de nitrogênio (DURAND *et al*., 2003).

Há diversos trabalhos pressupondo que plantas quando submetidas à aplicação de produtos à base de biorreguladores ou bioestimulantes respondem melhor ao estresse hídrico; isso se deve ao aumento nos níveis das atividades de enzimas como superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), resultante da ação desses produtos, essas enzimas são antioxidantes, responsáveis por reduzir o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, as quais são produzidas em situações de estresse, ou seja, essas enzimas acima citadas possuem a capacidade de eliminar compostos maléficos ao metabolismo vegetal, reduzindo os danos às plantas (KARNOK, 2000).

A eficiência fotoquímica é outro fator que tem sido beneficiado com a aplicação de bioestimulantes ou biorreguladores (RICHARDSON *et al*., 2004). A tolerância ao estresse e o incremento fotossintético podem, portanto, promover aumentos na produtividade, conforme evidenciado nos resultados do trabalho de Albrecht *et al*. (2009). Considerando que o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de hormônios vegetais, cujas biossíntese e degradação se produzem em resposta a uma complexa interação de fatores fisiológicos, metabólicos e ambientais, a introdução de análogos desses hormônios promotores pode influenciar, condicionar, estimular e potencializar os resultados positivos (DARIO *et al*., 2005).

Outro papel importante desempenhado pelos bioestimulantes é o aumento da eficiência da planta no aproveitamento de nutrientes. As macroalgas são das matérias-primas mais usadas nas formulações de produtos bioestimulantes, as algas calcárias como as do genêro *Lithothamnium* por exemplo, possuem um conteúdo rico

em elementos minerais, principalmente cálcio e magnésio, e servem para melhorar o balanço físico-químico de solos ácidos e favorecer a microbiota do solo (STADNIK e PAULERT, 2008).

A espécie *Lithothamnium calcareum é* mais estudada do gênero *Lithothamnium* é uma alga vermelha do filo das *Rhodophytas*, ordem *Corallinales* e família *Hapalídiaceae*; o uso desta e de outras algas na agricultura tendem à crescente uso, necessitando assim mais estudos sob seus efeitos nas culturas, dosagens utilizadas e métodos e formas de aplicação (SOARES, 2009). Devido aos seus altos teores de cálcio e magnésio a macroalga marinha *Lithothamnium calcareum* pode ser utilizada na agricultura como alternativa de fontes de cálcio e magnésio, onde estes nutrientes em particular nesta macroalga vermelha são acumulados em seu esqueleto na forma de carbonatos de cálcio e de magnésio (BETTINI, 2015).

Em se tratando de estudos envolvendo extratos de algas, uma espécie que se destaca é a *Ecklonia maxima*, uma alga marrom que pode causar diversos efeitos na planta e influenciar de forma positiva os componentes de produção, apresentando efeito direto no desenvolvimento radicular, favorecendo o maior volume de raízes finas emitidas, com melhor desempenho e volume de solo explorado (Kocira *et al*., 2018).

A cafeicultura tradicional costuma aplicar, grandes quantidades de nutrientes, em especial nitrogênio, potássio e fósforo, parte da quantidade total aplicada destes elementos em especial do fósforo, ficam imobilizadas no solo, indisponíveis às plantas, para que estes elementos fiquem novamente disponíveis às plantas de café, são várias as tecnologias que estão sendo adotadas para este fim, todas elas envolvendo a bioativação do solo (STADNIK *et al*., 2017).

Desse modo, é de fundamental importância trabalhos que testem os diferentes produtos com ação bioestimulante, já que para cada cultura esse tipo de produto pode variar seus efeitos. Sendo assim, experimentações variando doses, formas de aplicação, tipo de produto e outros aspectos é relevante para uma melhor elucidação a respeito da ação desse tipo de produto. Portanto, objetivou-se avaliar dois biostimulantes comerciais em características morfológicas, fisiológicas e nutricional em mudas de *Coffea canephora*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento realizado com mudas de café conilon foi realizado entre os dias 3 de outubro de 2022 e 18 de janeiro de 2023 em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental do Incaper, situada no município de Linhares, região Norte do Espírito Santo, localizada às margens da rodovia BR 101. O local é delimitado pelas coordenadas geográficas (19º 25’6,959” Latitude Sul e 40º4’30,026” sw Longitude Oeste, altitude de 50 m), conforme Figura 4. Segundo a classificação climática de Koppen, essa região é do tipo Aw, clima tropical úmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso (ALVARES *et al*., 2013).

Figura 4. Localização da fazenda Experimental do Incaper, localizada no município de Linhares-ES.
Fonte: Google Maps, 2023.
Adaptado pela autora.

A (Figura 5) apresenta valores de precipitação média para Linhares-ES, segundo (CLIMATEMPO, 2023) foram calculados a partir de um série de dados de 30 anos observados para a localidade; comparado com o acumulado de chuvas ao longo de todo ano de 2022 e Janeiro de 2023 (INMET, 2023).

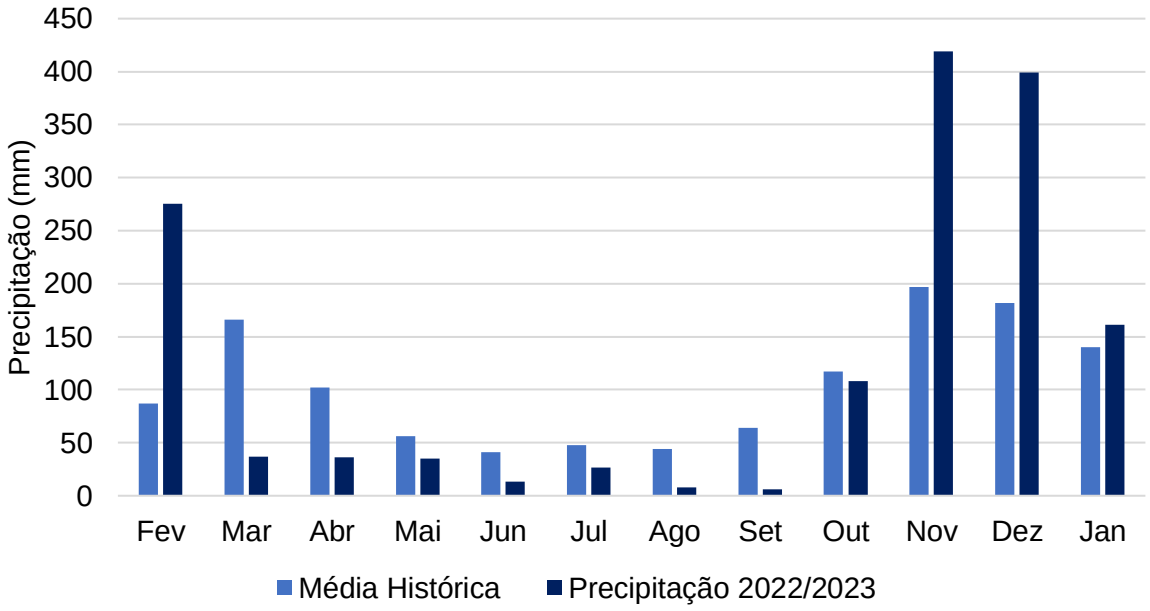


Figura 5. Comparação entre média histórica e precipitação acumulada no ano de 2022/2023 para a cidade de Linhares-ES
Fonte: (CLIMATEMPO; INMET, 2023).
Adaptado pela autora.

As estacas para produção das mudas foram obtidas por meio de viveirista, o clone utilizado foi o A1. As mudas passaram por um tratamento prévio com o fungicida Cercobin (1 g L^{-1}) antes do estaqueamento, pós plantio foi pulverizado o produto oxicloreto de sódio (6 g L^{-1}) + Kasumin (3 ml L^{-1}), repetindo-se a aplicação 7 dias após a primeira aplicação.

O substrato utilizado foi o Tropstrato® composto por Casca de Pinus, Vermiculita, Nitrato de Potássio, Superfosfato Simples e Turfa, acrescido do fertilizante de liberação controlada Basacote 3M®, 16-08-12, acrescentando 300 gramas a cada 28,1 litros de substrato. A irrigação foi realizada diariamente em quantidade suficiente para permitir o bom desenvolvimento das mudas, foi utilizado microaspersor tipo bailarina, no primeiro mês a cada 3 minutos/20 segundos de irrigada e a partir do segundo mês a cada 5 minutos/10 segundos de irrigada.

O diagrama esquemático da área experimental (Figura 6) demostra como ficou a disposição dos tratamentos na casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, testando quatro doses (0,75; 1,5; 2,25 e 3,0 ml L^{-1}) do produto comercial Vitanica RZ® (P1) e quatro doses (0,75; 1,5; 2,25 e 3,0 g L^{-1}) do produto comercial LithoMicrom 3000® (P2) independentes, mais

um tratamento controle sem a adição dos produtos, foram quatro repetições e 25 mudas por parcela, em um total de 900 mudas avaliadas.

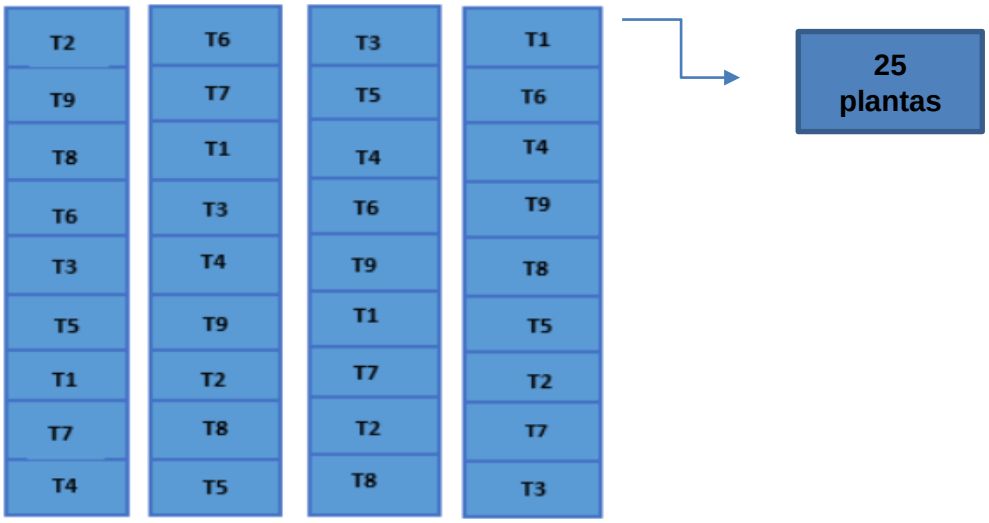


Figura 6. Diagrama esquemático da área experimental.
Fonte: Elaborado pela autora.

Os produtos foram aplicados de 15 em 15 dias, via encharcamento das mudas. Esse manejo consiste em calcular a quantidade necessária para encharcar um tubete, e consequentemente uma bandeja, a partir dai se calcula a quantidade de solução necessária, baseando-se em outros experimentos sabia-se que a quantidade necessária para se encharcar um tubete de 280 ml seria 65 ml, e consequentemente um bandeja com 25 tubeles 1,625 L, como as dosagens seriam pra diluir em um litro, só se fez um ajuste das mesmas para 1,625 L. As matérias primas dos produtos utilizado segundo os fabricantes, estão especificado na Tabela 2.

Tabela 2. Produtos comerciais e dosagens que compõem os tratamentos utilizados no desenvolvimento de mudas de *coffea canephora.*

Tratamentos	Produtos	Doses	Composição
I	Vitanyca RZ®	0,75 ml L^{-1}	Ureia, nitrato de potássio (1,5 % de nitrato e 3,5 % nitrogênio uréico) e água; além do extrato da alga *Ecklonia maxima*
II	Vitanyca RZ®	1,5 ml L^{-1}	
III	Vitanyca RZ®	2,25 ml L^{-1}	
IV	Vitanyca RZ®	3,0 ml L^{-1}	
V	LithoMicrom 3000®	0,75 g L^{-1}	Cálcio (27%), Magnésio (1,8%), Silício (2,0%), composição e porcentagem da mistura (Alga marinha *Lithothamnium* 80%, Silicatos de cálcio e magnésio 20%).
VI	LithoMicrom 3000®	1,5 g L^{-1}	
VII	LithoMicrom 3000®	2,25 g L^{-1}	
VIII	LithoMicrom 3000®	3,0 g L^{-1}	
IX	(Controle)	0	

As variáveis avaliadas no experimento foram:

- Morfológicas: Porcentagem de sobrevivência (% SV), multiplicando por cem a quantidade de plantas que sobreviveram divindo pela quantidade pré-estabelecida de plantas na parcela; comprimento de raíz (CR), utilizando uma régua graduada e expressando os resultados em centímetros (cm); diâmetro do broto (DB) determinado por meio de um parquímetro digital de precisão e expresso em milímetros (mm); número de folhas (NF) determinada pela contagem das folhas completamente expandidas presentes na muda; volume de raiz (VR) medido em proveta de 1000 ml; matéria seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) utilizando para secagem estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal).

- Fisiológicas: trocas gasosas, utilizando o Irga - taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática ao vapor de água (gs), concentração interna de CO_2 (Cí) e razão entre a concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca).

- Análises nutricionais: Ao final do experimento foram coletadas amostras de folha e raíz, 72 amostras no total, 36 de folha e 36 de raiz, acondicionadas em saco tipo Kraft e levadas ao laboratório para análises de nutrientes.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância F ($p<0,05$). As médias, comparadas pelo teste de Scoott-Knott a 5% de significância. O teste de Dunnett foi realizado a 5% de significância para comparar o tratamento controle (ausência do bioestimulante) com os tratamentos I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII. As análises foram realizadas usando o pacote tratamentos adicionais (Tratamentos.ad, 2022) no programa computacional R Studio (R core team , 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que não houve diferença estatística entre os tratamentos para dados morfológicos em mudas de *Coffea canephora* tratadas com os bioestimulantes comerciais Tabela 2.

Tabela 3. Porcentagem de sobrevivência (% SV), número de folhas (NF), diâmetro do broto (DB), comprimento de raiz (CR), matéria seca de parte aérea (MSPA) matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de total (MST) e volume de raiz (VR) de mudas de *Coffea canephora* em dois função do uso de bioestimulantes comerciais (Vitanyca RZ®) líquido e (LithoMicrom 3000®) mineral.

Tratamentos	SV	NF	DB	CR	MSPA	MSR	MST	VR
	%		------ cm ------		---------- g ----------			ml
I	91	8	7,18	15,41	1,06	0,38	1,44	3,04
II	84	7	6,83	14,97	0,74	0,25	0,89	2,29
III	78	7	6,87	15,14	0,98	0,34	1,32	2,41
IV	84	6	6,79	15,18	0,83	0,31	1,14	2,11
V	86	6	7,12	15,05	0,76	0,28	0,93	1,97
VI	76	7	6,68	15,27	0,73	0,29	1,02	2,42
VII	93	7	7,06	15,62	1,11	0,39	1,61	2,78
VIII	89	7	6,92	15,08	0,89	0,29	1,19	2,55
(Controle)	88	7	6,72	15,28	0,79	0,31	1,11	2,25
CV (%)	11,25	20,23	5,95	6,47	20,6	24,5	25,58	19,55
FV	ANOVA (Probabilidade do teste de F)							
Tratamento	$0,2^{ns}$	$0,8^{ns}$	$0,6^{ns}$	$0,5^{ns}$	$0,4^{ns}$	$0,2^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,1^{ns}$

ns não significativo pelo teste de F para p>0,05. ****** significativo pelo teste de F para p<0,05.

Tratamentos: (I) 0,75 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(II)** 1,5 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(III)** 2,25 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(IV)** 3 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(V)** 0,75 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VI)** 1,5 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VII)** 2,25 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VIII)** 3 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, Controle (tratamento **XI**: 0 dosagem de produto).

Diversos experimentos realizados com mudas utilizando extratos de algas corroboram com o presente experimento, Souza *et al.* (2018) trabalhando com mudas de couve manteiga; Cardoso (2021) na produção de mudas de mulungu e Silva *et al.* (2019) no crescimento de mudas de *Celosia cristata* observaram que os tratamentos contendo bioestimulantes a base de algas marinhas não proporcionaram diferenças significativas para nenhuma variável morfológica avaliada.

Em contrapartida outros trabalhos já obtiveram resultados indutivos (SOUZA *et al.*, 2017; AMORIM NETO, 2019; SILVA *et al.*, 2021) todos trabalhando com olerícolas obtiveram mudas com melhor qualidade, ou seja, conseguiram obter produtos a base de extratos de algas marinhas melhor desempenho e vigor das plantas.

Essa diversidade de resultados demostra como é peculiar e particular a ação de cada formulação de produtos com a ação bioestimulante. Cada cultura vai demostrar um tipo de resposta, que pode variar de acordo com as dosagens utilizadas, forma de aplicação, fase de aplicação do produto e tipo de extrato de alga utilizado. Além disso vale ressaltar que condições adversas que não podem ser controladas podem interferir na ação dos produtos.

Levando em consideração todos os fatores discutidos, a não diferença estatistica entre os tratamentos para as variáveis morfológicas avaliadas podem ter ocorrido por condições climáticas, por ocorrência de um período com elevada precipitação pluviométrica o que pode ter acarretado lixiviação dos produtos. Para os meses de implementação do experimento houve um aumento significativo quando comparado com a média que normalmente se verifica para a regiao do, algo em torno de 120% e 115% para os meses de novembro e dezembro respectivamente.

Como constatado na Tabela 3, para a variável (gs) codutância estomática houve diferença estatística do tratamento I: dose 0,75 ml L^{-1} do bioestimulante Vitanyca RZ® em relação aos demais tratamentos pelo teste de médias, além de diferir do tratamento controle pelo teste de Dunnet; as demais variáveis de trocas gasosas não apresentaram difrença estatística entre os tratamentos.

Tabela 4. Taxa fotossintética (A), Taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs), concentração interna (Ci) e razão entre concentração interna e externa de CO_2 de mudas de *Coffea canephora* em função do uso de bioestimulantes comerciais (Vitanyca RZ®) líquido e (LithoMicrom 3000®) mineral.

Tratamentos	A	E	gs	Ci	Ci/Ca
	μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$	mol H_2O m^{-2} s^{-1}	μmol (CO_2) mol^{-1}	
I	7,21	4,81	0,39 a*	337,05	0,87
II	6,73	4,42	0,25 b	321,92	0,84
III	5,54	4,07	0,23 b	333,60	0,86
IV	6,16	4,40	0,23 b	334,25	0,87
V	5,54	3,96	0,21 b	316,27	0,82
VI	7,12	4,25	0,25 b	327,16	0,85
VII	6,62	4,15	0,25 b	335,59	0,87
VIII	6,50	4,06	0,22 b	325,13	0,84
(Controle)	6,38	4,18	0,24	327,62	0,85
CV (%)	27,57	12,31	22,0	6,03	4,84
FV	ANOVA (Probabilidade do teste de F)				
Tratamento	$0,9^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,02^{**}$	$0,8^{ns}$	$0,6^{ns}$

ns não significativo pelo teste de F para p>0,05. ****** significativo pelo teste de F para p<0,05. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. *****médias diferem do tratamento de controle (sem bioestimulante) pelo teste de Dunnett a 5%.

Tratamentos: (I) 0,75 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(II)** 1,5 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(III)** 2,25 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(IV)** 3 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(V)** 0,75 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VI)** 1,5 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VII)** 2,25 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VIII)** 3 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **Controle** (tratamento **XI**: 0 dosagem de produto).

As plantas, ao absorverem CO_2, inevitavelmente, perdem água pelas folhas, essa perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura, esse controle é atribuído à condutância estomática foliar (gs), que é freqüentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (DERMIT, 1990). Segundo Nascimento *et al*. (2011) a (gs) é de grande importância para os processos fisiológicos, pois estômatos abertos permitem a entrada por difusão do CO_2 e fechado permite que haja conservação e manutenção da turgidez da planta, reduzindo os riscos de perda de água.

A intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO_2 , o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais (MARENCO *et al*., 2005), ainda segundo os autores o

processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha.

Interessante observar que a menor dose do bioestimulantes líquido possibilitou a maior média de condutância estomática nas mudas de café conilon. Em trabalho semelhante ao realizado nesse ensaio, Em experimento testando bioestimulante comercial a base de algas em diferentes concentrações em pimentão sob cultivo protegido, Melo *et al*. (2019) também obtiveram resultado semelhante ao presente trabalho, demostrando que a menor concentração aplicada motivou melhores resultados para (gs). Celedonio (2020) ao testar um bioestimulante líquido na produção de mudas de românzeira, observou que a menor dose proporcionou um incremento melhor para essa variável, assim como as demais analisadas para trocas gasosas, segundo a autora o trabalho indicou que quanto maior a dose aplicada, maior a injúria, tendo em vista que as médias só diminuíram com o aumento das doses.

Segundo Nonato (2016), bioestimulantes podem favorecer diretamente a fotossíntese, embora possam também inibi-la. Para Rai *et al*. (2016) esses efeitos ocorrem devido ao acumulo de certos metais pesados que contribuem para a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) no fotossistema II, interferindo na produção de fotoassimilados.

O comportamento do dados para maioria das trocas gasosas nas mudas de *coffea canephora* frente à aplicação de bioestimulantes, sem diferenciação estatística, é um resultado relevante, pois indica que esses produtos podem não afetar características fisiológicas importantes, portanto sem necessidade de seu uso nas condições do experimento, uma vez que aumentam os custos de produção. Novos estudos devem ser realizados no sentido de identificar se a aplicação dos produtos em condições de precipitação mais amenas podem influenciar de forma positiva essas variáveis.

De forma similar aos resultados das variáveis morfológicas para os teores de nutrientes em folhas de mudas de café conilon não houve diferenças significativas entre biostimulantes estudados Tabela 4.

Tabela 5. Teor de macronutrientes: nitrogênio (N), Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); teor de micronutrientes: Ferro (Fe), Zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) em folhas de mudas de *Coffea canephora* em função do uso de bioestimulantes comerciais (Vitanyca RZ®) líquido e (LithoMicrom 3000®) mineral.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	B
	---------- g kg^{-1} ----------						---------- mg kg^{-1} ----------			
I	26,50	2,70	23,07	7,87	3,45	1,60	103,92	10,30	69,22	34,27
II	26,07	2,32	23,87	7,87	3,65	1,60	89,72	11,32	60,17	34,25
III	26,25	2,42	24,32	7,90	3,70	1,60	129,10	12,50	65,50	34,17
IV	25,02	2,40	24,62	8,35	3,70	1,65	108,67	12,17	65,77	35,17
V	25,55	2,37	24,25	7,95	3,75	1,60	112,87	11,55	66,45	33,60
VI	25,32	2,30	23,97	7,97	3,75	1,62	112,87	10,32	58,72	35,75
VII	26,45	2,30	23,22	8,12	3,42	1,62	123,7	10,82	62,90	33,42
VIII	26,25	2,70	25,05	8,65	3,52	1,80	101,17	11,92	60,57	37,45
(Controle)	26,25	2,37	24,37	8,05	3,58	1,70	110,67	10,67	62,02	34,9
CV (%)	15,61	9,99	8,64	6,11	12,34	10,29	29,24	16,22	19,79	8,07
FV	ANOVA (Probabilidade do teste de F)									
Tratamento	0,8^{ns}	0,5^{ns}	0,7^{ns}	0,4^{ns}	0,4^{ns}	0,5^{ns}	0,6^{ns}	0,6^{ns}	0,6^{ns}	0,7^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de F para p>0,05. ****** significativo pelo teste de F para p<0,05.
Tratamentos: **(I)** 0,75 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(II)** 1,5 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(III)** 2,25 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(IV)** 3 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(V)** 0,75 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VI)** 1,5 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VII)** 2,25 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VIII)** 3 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **Controle** (tratamento **XI**: 0 dosagem de produto).

O teor foliar médio de N foi de 26 g kg^{-1} na matéria seca foliar para os tratamentos avaliados. Este é o nutriente mais exigido e acumulado pelo cafeeiro, pois é componente da clorofila, sua adequada concentração ocasiona crescimento e formação das folhas verdes e vistosas (VILLAR, 2007). A maioria das pesquisas que exploram teores críticos de nutrientes em mudas de café estão voltados para o *Coffea arábica*, quanto ao cafeeiro conilon há mais pesquisas em plantas já em produção ou dias após o transplantio o que dificulta a noção do quanto os teores nas mudas de *coffea canephora* estão ou não adequados. Gonçalves *et al*. (2009) estudando faixas críticas de teores foliares de macronutrientes para mudas de cafeeiro arábica encontraram valores entre 22,6 g kg^{-1} a 26,2 g kg^{-1} para teores de N.

Quando analisam-se pesquisas com bioestimulantes, os resultados podem variar bastante, Frasca *et al*. (2019) ao analisar o efeito de diferentes formulações

de bioestimulantes, incluindo alga marinha em feijoeiro, obteve um teor foliar de N em torno de 46 g kg^{-1}, enquanto que Bernardes (2022), ao testar produto a base de *Ascophyllum nodosum* na produção de mudas de tomateiro obteve valor médio de N em torno de 11,01 g kg^{-1}, considerado baixo para cultura (MALAVOLTA *et al*., 1997). Isso só reforça o quanto se trabalhar com bioestimulante é complexo e depende de muitos fatores, cada cultura vai reagir de uma maneira, mesmo se trabalhando com produtos semelhantes não há um padrão de resposta.

Segundo Malavolta (1997) os valores foliares adequados em cafeeiro para P e K é de 1,2 g kg^{-1} e 21,0 g kg^{-1} respectivamente, esses mesmos valores foram reforçados por Prezotti *et al*. (2007), os valores médios apresentados nesse ensaio foi de 2,4 g kg^{-1} para P e 24,0 g kg^{-1} para K o que indicaria valor acima do máximo indicado para fósforo (1,2 - 1,6 g kg^{-1}) e dentro da faixa para potássio (20,0 - 25,0 g kg^{-1}). Outros trabalhos porém, podem ainda demonstrar faixas críticas maiores para tais macronutientes, Gonçalves *et al*. (2009) demonstraram valores adequados que variam entre (2,2 - 2,5 g kg^{-1}) para fósforo, enquanto que para potássio os valores estimados ficaram em torno de (25,0 - 29 g kg^{-1}).

Teores acima do adequada de P nas mudas pode estar relacionado com a umidade no substrato, uma vez que houve um excesso de água no experimento, em contrapartida um baixo teor de água no solo poderia limitar sua absorção, pois a sua translocação para raízes é feita por difusão num mecanismo lento para absorção do P pela extensão do sistema radicular (MESQUITA *et al*., 2016).

Analisando os valores médios de Ca, S e Mg percebe-se que o Ca e S obtiveram valores médios menores que os ideais em torno de 14 g kg^{-1} e 2,4 g kg^{-1} respectivamente, enquanto que o magnésio obteve valor médio próximo ao ideal que é em torno de 3,4 g kg^{-1} segundo (PREZOTTI *et al*., 2007).

Os valores de Fe e Mn na matéria seca foliar ficaram abaixo do ideal em torno de 110,25 e 63,66 mg kg^{-1} respectivamente, para Prezzotti *et al*. (2007) os valores ideais para ambos seriam de 131,0 mg kg^{-1} para o Fe e 69,0 mg kg^{-1} para Mn. Covre *et al*. (2013) obteve em seu estudo de crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café conilon valor abaixo do recomendado para Mn e acima para Fe. Para o Bo a maioria dos trabalhos obtiveram valores acima de 60 mg kg^{-1} (POZZA *et al*., 2001; SILVA *et al*., 2019), o que demostra menores valores também

para esse micronutriente encontrado no presente estudo.

Quanto ao Zn os valores médios encontrados no trabalho ficou em torno de 11,30 mg kg^{-1}, ou seja abaixo do recomendado pela maioria dos estudos (POZZA *et al*., 2001; BRAGANÇA *et al*., 2007; COVRE *et al*., 2013). A principal função do Zn no metabolismo é de compor e ativar enzimas, citando-se as desidrogenases (alcoólica, glutâmica e lática), sintetases, carboxilases, isomerases, o Zn está estreitamente envolvido no metabolismo nitrogenado da planta (GONTIJO *et al*., 2007).

Ainda que os tratamentos não proporcionaram efeitos significativos para a maioria dos nutrientes na matéria seca foliar do cafeeiro, em outras culturas há anos há testes de produtos desse tipo com resultados interessantes. A aplicação do extrato comercial Kelpak (*E. maxima*) em plantas de alface demonstrou benefícios mesmo em plantas cujo fornecimento de nutrientes é adequado, aumentando a quantidade e concentração destes nas folhas de alface (CROUCH *et al*., 1990). Chrysargyris *et al*. (2018) também trabalhando com olerícolas, utilizando de extratos obtidos a partir de *E. maxima* e *A. nodosum*, determinaram o importante papel dos bioestimulantes para o crescimento saudável das plantas, constatando que os produtos influenciaram na absorção de macronutrientes, possibilitando bons níveis de potássio nas folhas.

Ao analisar os teores de nutrientes na matéria seca das raiz das mudas de *Coffea canephora* (Tabela 5), verificou-se que com exceção do potássio não houve diferença estatistica entre os tratamentos para os teores de nutrientes e pelo teste de dunnet comparando com o controle.

Tabela 6. Teor de macronutrientes: nitrogênio (N), Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); teor de micronutrientes: Ferro (Fe), Zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) em matéria seca de raízes de mudas de *Coffea canephora* em função do uso de dois bioestimulantes comerciais (Vitanyca RZ®) líquido e (LithoMicrom 3000®) mineral.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	B
	---------- g kg^{-1} ----------						---------- mg kg^{-1} ----------			
II	23,10	1,82	25,62 a	3,02	6,22	4,30	232,20	51,15	96,32	16,85
II	21,52	1,97	23,87 a	3,07	6,02	4,47	272,60	57,32	87,65	21,42
III	24,32	2,05	27,52 b	3,17	6,20	4,72	333,72	68,32	93,50	18,07
IV	22,57	2,10	26,20 a	3,05	6,37	4,60	369,70	54,67	120,5	20,00
V	21,52	1,97	27,87 b	3,02	6,30	4,42	346,92	53,07	92,10	21,22
VI	19,60	1,87	27,95 b	3,05	6,05	4,22	359,65	57,70	95,07	21,82
VII	23,45	1,87	29,47 b	3,32	6,42	4,95	279,00	70,67	107,1	21,70
VIII	23,10	1,85	29,87 b*	3,50	6,52	4,95	349,00	73,67	87,62	24,07
(Controle)	21,87	1,91	24,80	2,97	5,67	4,35	283,67	53,25	100,6	16,65
CV (%)	12,34	12,24	7,18	11,8	10,53	18,13	29,80	29,74	19,65	7,13
FV	ANOVA (Probabilidade do teste de F)									
Tratamento	$0,3^{ns}$	$0,8^{ns}$	0,02**	$0,6^{ns}$	$0,6^{ns}$	$0,8^{ns}$	$0,7^{ns}$	$0,8^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,06^{ns}$

ns não significativo pelo teste de F para p>0,05. ****** significativo pelo teste de F para p<0,05. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. ***** médias diferem do tratamento de controle (sem bioestimulante) pelo teste de Dunnett a 5%.

Tratamentos: (I) 0,75 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(II)** 1,5 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(III)** 2,25 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(IV)** 3 ml L^{-1} Vitanyca RZ®, **(V)** 0,75 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VI)** 1,5 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VII)** 2,25 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **(VIII)** 3 g L^{-1} LithoMicrom 3000®, **Controle** (tratamento **XI**: 0 dosagem de produto).

A absorção do K ocorre através do processo de difusão que consiste na movimentação do íon em curta distância, onde o K entra em contato com a raiz passando de uma região com maior concentração para um de menor concentração (TAIZ *et al*., 2013). Esse nutriente atua no balanço iônico das células vegetais, na ativação enzimática, no controle osmótico, na respiração celular, na síntese de carboidratos e proteínas que são importantes para fotossíntese (KINPARA 2003).

De acordo com Larcher (2000), a eficiência de absorção de nutrientes pela raiz e o teor absorvido de determinado elemento são características determinadas geneticamente, sendo que as plantas são capazes de absorver estes nutrientes contra um gradiente de concentração e acumulá-los, especialmente, no vacúolo. Segundo Bragança *et al*. (2007), as quantidades de nutrientes acumulados pelo cafeeiro variam

de acordo com o local e época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta, assim, as quantidades de nutrientes acumulados nos diferentes tecidos, são crescentes de acordo com a idade da planta e a produção de matéria seca.

Resultado semelhante foi encontrado por Ferreira (2017), ao comparar os teores totais e conteúdos de nutrientes das mudas de cafeeiro verificou valores maiores em raízes para os mesmos macronutrientes do presente trabalho. O N que é o macronutriente mais exigido apresentou teores menores em raízes, assim como também encontrado por Covre *et al*. (2013) e Ferreira (2017), ambos obtiveram valores até menores aos encontrados no presente trabalho nas raízes quando comparado com as folhas.

Quanto aos micronutrientes o Fe, Mn e Zn apresentaram os maiores teores nas raízes, assim como já havia apresentado na matéria seca foliar. A maioria dos trabalhos encontrados na literatura, quando estudaram teores de micronutrientes em matéria seca de raiz demostram valores mais elevados de Fe na raíz em comparação a parte aérea, em contrapartida divergem do atual trabalho mostrando que o Mn e o Zn apresentaram teores maiores na análise foliar em comparação com a raiz, como exemplo tem-se os trabalhos realizados por (VENÂNCIO, 2006; COVRE *et al*., (2013); FERREIRA *et al*., 2017) todos com mudas de *coffea canephora*.

Os maiores conteúdos de Fe observados nas raízes em comparação as folhas das mudas de café podem não refletir uma necessidade fisiológica da planta, mas sim a uma excessiva deposição desses elementos no apoplasto das células radiculares (TAIZ et al., 2013). As raízes não apresentam cloroplastos, ao menos que estas sejam submetidas a algum tipo de estímulo luminoso (DECHEN *et al*., 2006; MARSCHNER, 2012).

Em trabalho realizado por Venâncio (2016) estudando acúmulo de micronutrientes em materiais genéticos de cafeeiro conilon constatou que os micronutrientes que mais se acumularam tanto em matéria seca de raíz, quando de parte aérea foram o Fe e o Mn respectivamente, o que corrobora com os resultados encontrados no atual experimento.

Observou-se maiores teores de N, P e Ca nas folhas, enquanto que o K, Mg e o S se apresentaram em teores maiores nas raízes. No caso dos micronutrientes, apenas o B se apresentou em teores maiores na matéria seca foliar, enquanto que

todos os outros micronutrientes se apresentaram em valores maiores nas raízes. Importante reforçar que o produto foi aplicado na parte aérea até a saturação do substrato, o que pode explicar o maior acúmulo na matéria seca de raiz para a maioria dos nutrientes ao comparar com os teores foliares.

No geral o experimento realizado não permitiu observar nenhum efeito robusto dos bioestimulantes sobre as características testadas em mudas de *coffea canephora*, o que indica necessidade de novos estudos em condições experimentais diferentes para se verificar se os resultados foram influenciados pelos fatores climáticos ou se é necessário ajuste de dosagens maiores ou menores, formas de aplicação, entre outros fatores.

4. CONCLUSÃO

Os bioestimulantes não influenciaram nascaracterísticas morfológicas e no teor de nutrientes foliar das mudas *Coffea canephora.*

O bioestimulante Vitanyca RZ® na dosagem 0,75 ml L^{-1} proporcionou maior condutância estomática das mudas de *coffea canephora*.

O bioestimulante LithoMicrom 3000® na dosagem 3,0 g L^{-1} proporcionou maior teor de potássio na matéria seca de raiz das mudas de *Coffea canephora.*

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 191-198, 2009.

AMORIM NETO, A. F. **Produção de mudas de tomate com extrato de algas marinhas.** 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – UniEvangélica, Anápolis. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/1886. Acesso em: 12 abril de 2023.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 567- 691, 2008.

BERNARDES, R. S. **Extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis e nitrogênio em mudas de *Alibertia edulis* (Rich) A. Rich.** 2022. 34 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2022.

BETTINI, M. de O. **Aplicação de extratos de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino.** 2015. 194 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; C. ALVAREZ, S. V. H.; LANI, J. A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, v. 54, n. 314, p. 398-404, jan./fev. 2007.

CARDOSO, A. P. **Uso do bioestimulante à base de algas marinhas e água residuária de piscicultura na produção de mudas de Mulungu (*Erythrina Velutina Wild*) em solo de área degradada.** 2021. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

CELEDONIO, W. F. **Bioestimulante na produção de mudas de romãzeira (*Punica granatum*) cv. Mollar.** 2020. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

CHRYSARGYRIS, A.; XYLIA, P.; ANASTASIOU, M.; PANTELIDES, L.; TZORTZAKIS, N. Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 15, p. 5861–5872, 2018.

CLIMATEMPO, **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Linhares-ES**. 2023. Disponível em: https://www.climatempo.com.br/climatologia/75/linhares-es, acesso em: 29/05/2023.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; MAURI, A. L.; DIAS, M. A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café conilon. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, p.193-202, 2013.

CROUCH, I. J.; BECKETT, R. P.; VAN STADEN, J. Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. **Journal of Applied Phycology**, v. 2, n. 3, p. 269–272, 1990.

DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorreguladores no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia.** Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2005.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DERMIT, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n.12, p.1538-48, 1990.

DURAND, N.; BRIAND, X.; MEYER, C. The effect of marine substances (N Pro) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in Arabidopsis thaliana. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 489-493, 2003.

FAQUIN, V.; ROSSI, C.; CURI, N. & EVANGELISTA, A.R. Nutrição mineral em fósforo, cálcio e magnésio do braquiarão em amostras de Latossolo dos Campos

das Vertentes sob influência de calagem e fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v. 26, p.1074-1082, 1997.

FRASCA, L. L. de M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. S.; COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agronômico do feijão comum de ciclo superprecoce. **Revista Agrarian**, v.13, p.27 - 41, 2020.

FERREIRA, J. G. (2017). **Recomendação de nutrientes para a produção de mudas de cafeeiro pelo método requerimento suprimento.** 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

GOOGLE MAPS. **Fazenda experimental Linhares-ES.** Consultado em: https://www.google.com/maps/@-23.610275,-46.413691,13z?hl=pt-BR, acessado em: 08/03/2023.

GONÇALVES, S. M.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. de.; BOTREL, T. P. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 33, n. 3, p. 743-752, 2009.

GONTIJO, R. A. N.; CARVALHO, J. G. de.; GUIMARÃES,R. J.; MENDES, A. N. G.; ANDRADE, W. E. B. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 135-141, 2007.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2023. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A614, acesso em: 31/03/2023.

KARNOK, K. J. **Promises, promises: can biostimulants deliver Golf Course Management**, Newton, v. 68, p. 67-71, 2000.

KAUFFMAN, G. L.; KNEIVEL, D. P.; WATSCHKE, T. L. Efeitos de um bioestimulante na tolerância ao calor associada à capacidade fotossintética, termo estabilidade de membrana e produção de polifenóis de azevém perene. **Crop Science**, v. 47, p. 261 – 267, 2007.

KINPARA, D. I. 2003. **A importância estratégica do potássio para o Brasil. Planaltina.** Embrapa Cerrados, 27p.

KOCIRA, A.; KORNAS, R.; KOCIRA, S. Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application

of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). **Saudi Journal of Biological Sciences**, 25:563-571, 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEONE, G. F. **Otimização da produção de mudas clonais de eucalipto com o uso de bioestimulantes.** 2019. 143 f. Tese (Doutorado em fisiologia e bioquímica de plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potássio e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. 2005. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, MG. 451pp.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 3 ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MATIELLO, J. B. **Gosto do meu cafezal.** Rio de Janeiro: Publicações Globo Rural, 1997. 139 p.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Scientiarum Polonorum**, v. 10, n. 1, p. 33-45, 2011.

MELO, P. C. de.; ABREU, C. G. de.; BAHCEVANDZIEV, K.; ARAUJO, G. S.; PEREIRA, L. Instituto Federal do Ceará. **Eficiência agronômica do "Reabilit® algas" como bioestimulante para o pimentão em cultivo protegido**. Fortaleza, 2019.

MESQUITA, C. M. **Manual de café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72p.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, I. F. R.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, v. 15, n. 8, p.853-860, 2011.

NONATO, J. **Nutrição, fisiologia e produtividade de soja inoculada com Azospirillum brasilense e reguladores vegetais.** 2016. 79f. Dissertação

(Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G; ROMANIELLO, M. M.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; SILVA, E. B. **Produção, nutrição e sanidade de mudas de cafeeiro em tubetes com diferentes substratos e adubações.** In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2. : 2001 : Vitória, ES). Resumos. Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2001. 181p.

RAI, R.; AGRAWAL, M.; AGRAWAL, S. B. Impact of heavy metals on physiological processes of plants: with special reference to photosynthetic system. **Plant Responses to Xenobiotics**. Springer, Singapore, 2016. p. 127-140.

R Core Team. (2020). **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.** Disponível em: https://www.R-project.org/

RICHARDSON, A. D.; AIKENS, M.; BERLIN, G. P.; MARSHALL, P. Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. **Journal of Arboriculture**, v. 30, n. 1, p. 52-61, 2004.

SILVA, V. N.; AMARAL, J. D.; MARTINI, A. D.; FABICIACK, F. G.; SANTOS, I. S. Effect of *Ascophyllum nodosum* on the growth and flowering of *Celosia cristata*. **Horticultura Argentina**, *38*(95), 6-13, 2019.

SILVA, C. P.; CRIVELARI, A. D.; CORREA, J. S. Desenvolvimento de mudas de alface e rúcula tratadas com biofertilizante de extrato de algas. **Científic@- Multidisciplinary Journal**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2021.

SOARES, C. M. **Estudo químico da alga *Lithothamnium calcareum* e avaliação da atividade inibitória do rolamento de leucócitos.** 2009, 102 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOUZA, B. G. A.; PEREIRA, L. A. F.; SOUZA, J. V. G. A.; ALBUQUERQUE, J. R. T. de.; SOUSA, L. V. de.; BARROS JÚNIOR, A. P. Crescimento e desenvolvimento

de mudas de tomate sob efeito de extrato *Ascophyllum nodosum*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 712-716, 2017.

SOUSA, E. E. M.; MACHADO, A. C. L. de O.; NEPOMUCENO, A. L. de O.; FURTADO, M. C. **Uso de bioestimulantes na produção de mudas de variedades de *Brassica oleracea L*.** In: AgroEcologia. 13. 2017, Brasília. Anais [...]. Instituto Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2018. Disponível em: https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1250. Acesso em: 13 Abril de 2023.

SOUZA, B. G. A.; PEREIRA, L. A. F.; SOUZA, J. V. G. de .; ALBUQUERQUE.; J. R. T. de .; SOUZA, L. V. De.; JÚNIOR, A. P. B. Crescimento e desenvolvimento de mudas de tomate sob efeito de extrato *Ascophyllum nodosum*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 712-716, 2017.

STADNIK, M. J.; ASTOLFI, P.; FREITAS, M. B. **Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a américa latina.** In: I Simpósio Latino-Americano sobre bioestimulantes na Agricultura. Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2017.

STADNIK, M. J.; PAULERT, R. **Uso de macroalgas marinhas na agricultura. In: Congresso Brasileiro de Ficologia**, 2008, Itajaí-SC. XI Congresso Brasileiro de Ficologia/ Simpósio latino-americano sobre algas nocivas. Rio de Janeiro: Museu Nacional do Rio de Janeiro. v. 30. p. 267-279.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 918p.

Tratamentos.ad. (2022). **Pacote Para Analise De Experimentos Com Testemunhas Adicionais.** Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/Tratamentos.ad/index.html.

TOMAZ, M. A.; JESUS JÚNIOR, W. C. de.; FONSECA, A. F. A.; AMARAL, J. F. T. do.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, A. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. **Produção de mudas de qualidade: base para a sustentabilidade da lavoura cafeeira.** In: TOMAZ, M. A. et al. (Org.). Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura. Alegre: CAUFES, 2012. p.71-88.

VENÂNCIO, F. C. D. **Acúmulo de micronutrientes em materiais genéticos de cafeeiro Conilon.** 2016. 65p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e

Engenharias, Alegre, 2016.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 182 p. (EMPAER-MT, Série Documentos, 35).

ANEXOS

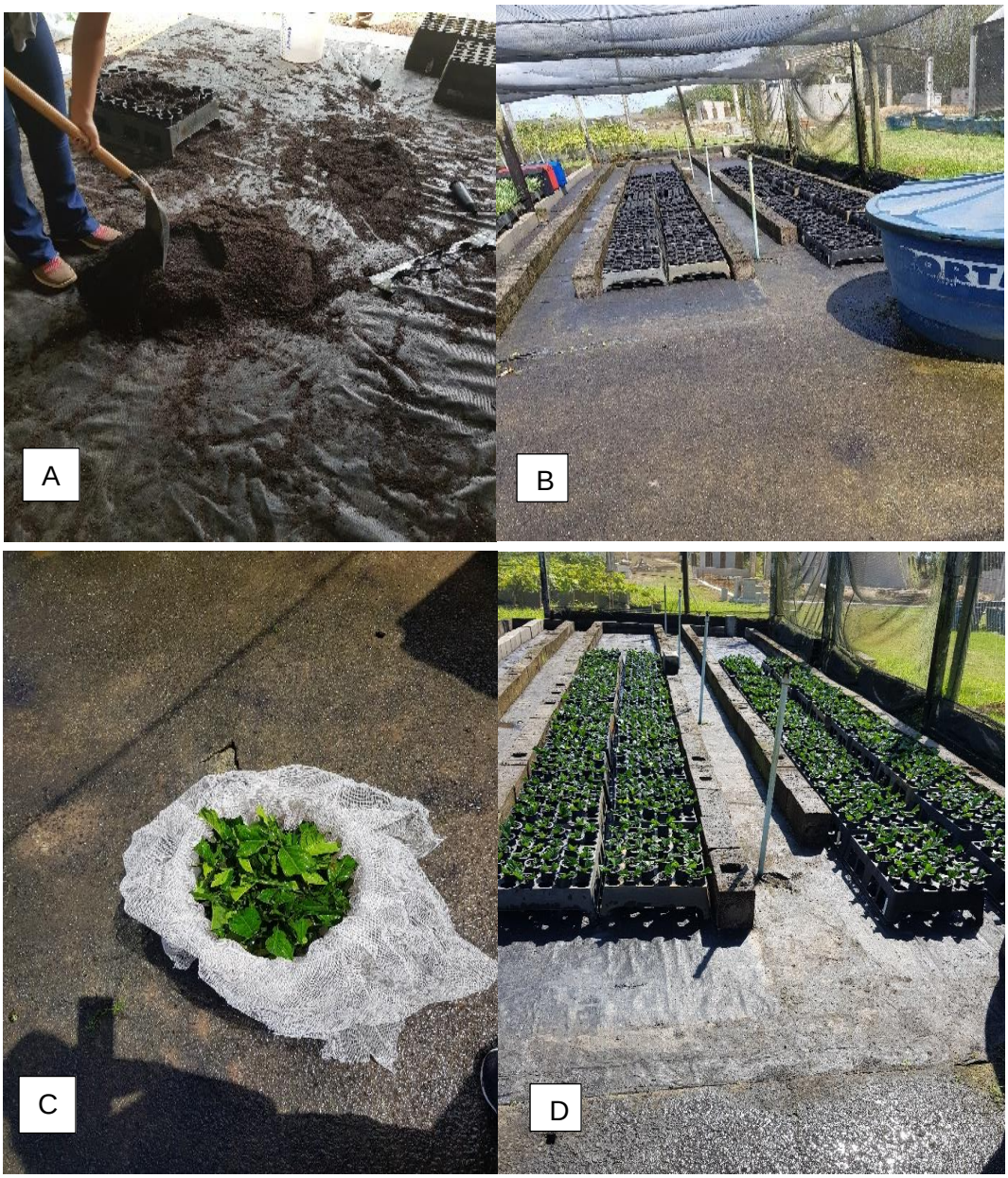


Figura 1. Montagem do experimento (Fazenda experimental Incaper Linhares-ES). (A) Preparo do substrato com adubo; (B) Organização do delineamento em blocos casualizados; (C) Estacas de molho em fungicida; (C) Estaqueamento realizado.

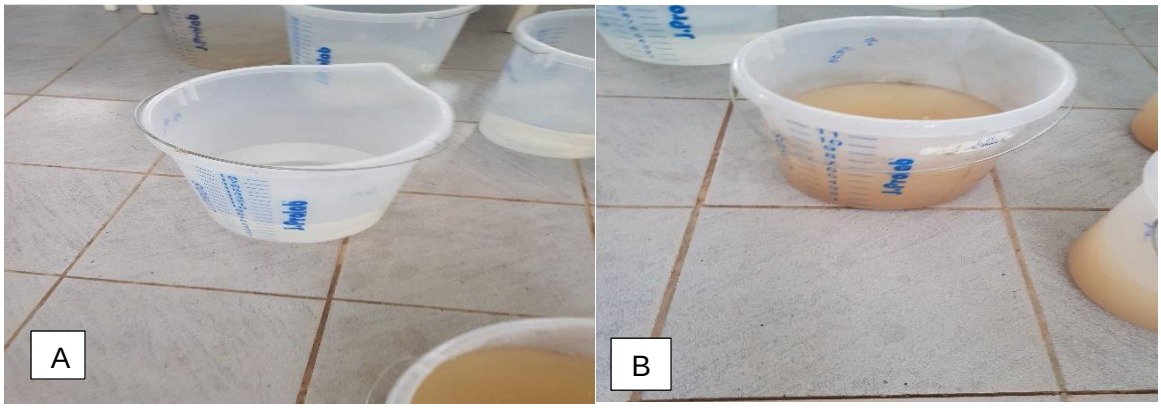


Figura 2. (A) Preparo do Vitanyca RZ®, produto líquido; (B) Preparo do LitoMicrom 3000®, produto mineral.

Figura 3. (A) Medição de Atura e diâmetro do coleto; (B) Número de folhas (C) Volume de raíz.