



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA FACULDADE
DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**EXTRATO AQUOSO DE VERMICOMPOSTO NA PRODUÇÃO,
TROCAS GASOSAS E QUALIDADE DE FRUTOS DE MORANGUEIRO
(Fragaria x ananassa Duch.) cv. Portolas**

GABRIEL LOBO DE MENDONÇA

**Brasília, DF
Fevereiro de 2022**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EXTRATO AQUOSO DE VERMICOMPOSTO NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FRUTOS DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa*
Duch.) cv. Portolas**

GABRIEL LOBO DE MENDONÇA

**ORIENTADORA: Dra. ALESSANDRA MONTEIRO DE PAULA
CO-ORIENTADOR Dr. JADER GALBA BUSATO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**Brasília, DF
Fevereiro de 2022**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EXTRATO AQUOSO DE VERMICOMPOSTO NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FRUTOS DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa*
Duch.) cv. Portolas**

GABRIEL LOBO DE MENDONÇA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

ALESSANDRA MONTEIRO DE PAULA (Orientadora)

Professora Doutora (Universidade de Brasília), e-mail: alessandramp@unb.br

Prof. MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS

(Examinador interno – Universidade de Brasília)

Prof. DANIEL BASÍLIO ZANDONADI

(Examinador externo – Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Brasília, ____ de _____ de ____.

FICHA CATALOGRÁFICA

MENDONÇA, Gabriel Lobo de

“EXTRATO AQUOSO DE VERMICOMPOSTO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE MORANGUEIRO (Fragaria x ananassa Duch.) cv. Portolas”.

Orientação: Alessandra Monteiro de Paula, Brasília 2022. 56 páginas

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

1. Palavras-chave: Insumo biológico; Bioestimulação vegetal;

Trocas gasosas; Fotossíntese; Tecnologia sustentável; Qualidade de frutos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDONÇA. G.L. **Extrato aquoso de vermicomposto na produção e qualidade de frutos de morangueiro (Fragaria x ananassa Duch.) cv. Portolas**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2022, 56 páginas. Dissertação de mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriel Lobo de Mendonça

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Extrato aquoso de vermicomposto na produção e qualidade de frutos de morangueiro (Fragaria x ananassa Duch.) cv. Portolas.

Grau: MESTRE Ano: 2022

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

GABRIEL LOBO DE MENDONÇA

CPF: 027.173.991-60

(61) 98679-6250/ email: gabriel13lobo@gmail.com

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. HIPÓTESE	2
3. OBJETIVO GERAL	2
4. REFERENCIAL TEÓRICO	2
4.1. A CULTURA DO MORANGUEIRO.....	2
4.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MORANGO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3. BIOESTIMULANTES VEGETAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3.1. EXTRATO SOLÚVEL EM ÁGUA OBTIDO A PARTIR DE COMPOSTOS E VERMICOMPOSTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3.2. EFEITOS DO EXTRATO SOLÚVEL EM ÁGUA SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE FRUTOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3.3. EFEITOS DO EXTRATO SOLÚVEL EM ÁGUA DE VERMICOMPOSTO SOBRE PARÂMETROS ASSOCIADOS ÀS TROCAS GASOSAS DAS PLANTAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5. MATERIAL E MÉTODOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS LOCAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2. CULTIVAR.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.3. VERMICOMPOSTAGEM E OBTENÇÃO DO EXTRATO SOLÚVEL EM ÁGUA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.3.1. Caracterização química do vermicomposto	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.2. Obtenção do extrato solúvel em água obtido do vermicomposto	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.2.1. Caracterização química do extrato solúvel em água obtido do vermicomposto	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.3. Aplicação do extrato solúvel em água, adubação e tratamentos culturais	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4. AVALIAÇÕES DAS PLANTAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.4.1. Número de flores e de estolões	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4.2. Medidas biométricas dos morangos	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4.3. Trocas gasosas e clorofilas.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4.4. Avaliação da qualidade dos frutos	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.1. CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO SOLÚVEL EM ÁGUA OBTIDO DO VERMICOMPOSTO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.1.1. Condutividade elétrica, pH e densidade.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.1.2. Quantificação de nutrientes.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.2. PRODUTIVIDADE E AVALIAÇÕES BIOMÉTRICAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.3. TROCAS GASOSAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.5. CLOROFILAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.5. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS FRUTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.6. QUALIDADE DOS FRUTOS DE MORANGO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
7. CONCLUSÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

8. BIBLIOGRAFIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
9.ANEXOS.....	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Cultivo do morangueiro cv. Portolas em Brazlândia-DF.....15
- Figura 2.** Produção de morango em ambiente protegido com sacos plásticos (slabs) suspensos e irrigação por gotejamento, na Embrapa Hortaliças-DF, 2020 (A). Abelhas criadas no interior da casa-de-vegetação visando favorecer o processo de polinização (B)15
- Figura 3.** Avaliação da produtividade e avaliações biométricas dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Número de frutos por planta (A), Número de flores por planta (B), Massa do fruto (C), Massa seca da planta (D), Largura dos frutos (E), Comprimento dos frutos (F).....31
- Figura 4.** Avaliação das trocas gasosas qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Concentração interna de CO₂ (A), condutância estomática (B), assimilação líquida de CO₂ (C), taxa de transpiração (D).....33
- Figura 5.** Avaliação da qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Cinzas (A), Lipídios (B), Teores de Umidade (C), Carboidratos (D) e Proteínas (E) de morangos em função de concentrações de ESA.....35
- Figura 6.** Avaliação da qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Sólidos solúveis totais (SST) (A), acidez total (AT) (B), relação SST/AT (C) e pH (D).....36
- Figura 7.** Avaliações de quantidade de clorofilas. Clorofila *a* primeira medição (A1), clorofila *b* primeira medição (*b*1), clorofila A segunda medição (*a*2), clorofila *b* segunda medição (*b*2) em morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume total de ESA aplicado no experimento.....	15
Tabela 2. Análise química do ESA do presente trabalho, comparados com EHSA (Extrato húmico solúvel em água) (BUSATO, et al. 2016), WEFV (Water-extractable fraction of vermicompost) (PEREIRA, et al. 2020), TEA1 (Compost Tea1) e TEA2 (Compost Tea 2) (HARGREAVES et al. 2009)	19

ANEXO

Gráfico A. Número de frutos por planta.....	48
Gráfico B. Massa acumulada.....	48

RESUMO – O Extrato Solúvel em Água de vermicomposto (ESA), obtido a partir de esterco bovino tratado por minhocas, tem despertado interesse em pesquisas na área de produção sustentável devido seu potencial de aumentar a produtividade em algumas culturas, porém ainda há carência de informações sobre a influência desse bioinsumo na cultura do morango. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da adição de soluções com diferentes concentrações de ESA de vermicomposto sobre a produtividade, fisiologia e qualidade dos frutos de morangueiro híbrido (*Fragaria x ananassa Duch*) cv. “Portola”. O experimento foi instalado em ambiente protegido, com a adição de diferentes concentrações de ESA (0, 2, 4, 6, 8%) de vermicomposto, via pulverização foliar e via substratoaplicadas durante 150 dias. As avaliações foram relacionadas com o ESA (composição química), bem como com a cultura do morangueiro, a saber: trocas gasosas, dados biométricos, qualidade físico-química dos frutos e composição nutricional dos morangos. As características avaliadas de trocas gasosas apresentaram relevância estatística nas avaliações de concentração intercelular de CO₂ e condutância estomática para H₂O já no estágio final da cultura. Os dados encontrados dos parâmetros de qualidade e composição dos morangos somente apresentaram alteração na relação de SST/AT. Apesar das diferentes diluições do extrato resultaram em alterações nas características fisiológicas da cultura de morango o uso de sua energia produtiva reduzindo a qualidade dos frutos quanto ao parâmetro SST/AT.

Palavras-chave: Insumo biológico; Bioestimulação vegetal; Trocas gasosas; Tecnologia sustentável; Qualidade de frutos.

ABSTRACT – The present work, carried out at the biological station of the University of Brasília (UNB), aimed to evaluate the effects of adding solutions with different concentrations of Water-Soluble Extract (ESA) on the productivity, physiology and quality of strawberry fruits hybrid (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. "Portola". For this, an experiment that consisted of applying (via foliar spray and via substrate) different concentrations (0, 2, 4, 6, 8%) of ESA were applied during the crop cycle inside a greenhouse. Parameters related to gas exchange of strawberries, biometric data, physicochemical quality, chemical composition of the applied ESA and nutritional composition of strawberries at different times of the crop cycle were measured. The evaluated parameters of gas exchange showed statistical relevance in the evaluations of intercellular concentration of CO₂ and stomatal conductance for H₂O in the final stage of the culture. The data found for the quality and composition parameters of strawberries only showed changes in the SST/TA ratio. The other strawberry quality and composition parameters showed no significant change. No significant differences were found between treatments regarding the physiological parameters analyzed. Despite the different dilutions of the extract resulted in changes in the physiological parameters of the strawberry crop, the use of its productive energy reducing the quality of the fruits regarding the SST/AT parameter.

1.INTRODUÇÃO

A cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) desponta como uma importante fonte de renda e de geração de postos de trabalho em diferentes regiões do Brasil. No Distrito Federal, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (EMATER-DF) possui o registro de 125 famílias que atuam exclusivamente na produção de morango, resultando na geração de aproximadamente 1.500 empregos diretos e indiretos (EMATER, 2020). A cultura, anteriormente, era cultivada em canteiros a céu aberto e, o aperfeiçoamento do sistema de produção de morango, ao longo dos anos tem proporcionado melhores condições de trabalho aos agricultores, reduzindo a infestação de pragas e doenças e minimizando os impactos negativos decorrentes de adversidades climáticas (EMATER, 2020).

Nesse sentido, é crescente o emprego de sistemas de cultivo protegido, os quais fazem uso de fertirrigação, canteiros suspensos e agentes de controle biológico. Uma possibilidade com grande potencial, mas ainda pouco explorada no cultivo de morango realizado em ambientes protegidos no DF, é o uso de bioestimulantes do crescimento vegetal.

Bioestimulantes vegetais são produtos que possuem uma variedade de moléculas bioativas capazes de aumentar a eficiência de absorção de nutrientes, a qualidade dos produtos obtidos, a eficiência de uso da água, além de ativar mecanismos bioquímicos para tolerância a estresses bióticos e abióticos (*e.g.*, salinidade, extremos de temperatura, seca e ataque de pragas e doenças) (CALVO et al., 2014; COLLA e ROUPHAEL, 2015; JARDIM, 2015; BUSATO et al., 2018; JINDO et al., 2020; SANTINI et al., 2021). O mercado global de bioestimulantes está em franca expansão e no ano de 2019 foi avaliado em 2,5 bilhões de dólares, devendo alcançar 5,35 bilhões em 2027. Esses produtos são comercializados principalmente em formulações à base de açúcares, aminoácidos, extratos de algas e substâncias húmicas, mas a variedade de princípios ativos tem aumentado à medida que as pesquisas nesse campo evoluem (INSIGHTS, 2020). Contudo, apesar das diferentes possibilidades de obtenção de produtos bioestimulantes, a perspectiva de desenvolvimento e emprego desses produtos não pode estar dissociada das condições econômicas dos agricultores, para garantir que esse tipo de tecnologia seja acessível também aos agricultores de menor poder aquisitivo e, para isto, a possibilidade da geração de bioestimulantes *in loco*, empregando-se matérias-primas de baixo custo e, prioritariamente, renováveis, deve ser estimulada.

O tratamento de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal por meio dos processos de compostagem e a vermicompostagem pode contribuir neste processo por gerar compostos estabilizados e seguros (compostos e vermicompostos), passíveis de serem utilizados como matéria-prima para a obtenção do extrato solúvel em água (ESA), cuja eficácia como bioestimulante vem sendo comprovada nos últimos anos. Há vários trabalhos com a aplicação de ESA em várias culturas, como na produção de tomate (RADIN e WARMAN 2011; ZANDONADI et al. 2016; GOPI et al., 2020; SANTOS et al., 2020; VILLECO et al., 2020), pimentão (ZACCARDELLI et al., 2018; SANTOS et al., 2020), alface (PANE et al., 2014), melão (VILLECO et al., 2020), milho (ZANDONADI et al., 2019; VUJINOVIĆ et al., 2020) e espécies florestais arbóreas (BUSATO et al., 2016). Os efeitos benéficos obtidos são o maior desenvolvimento radicular (ZANIN et al., 2018; ZANDONADI e BUSATO, 2012), a maior capacidade de absorção de nutrientes (BUSATO et al., 2016; PANE et al., 2014), aumentos na taxa fotossintética e na tolerância ao ataque de pragas e doenças (SANTOS et al., 2020). No cultivo do morango, o uso desse potencial insumo bioestimulante representa um vasto campo de oportunidades ainda pouco explorado.

2. HIPÓTESE

O ESA aumenta a produtividade, a taxa fotossintética, a eficiência do uso da água e melhora os indicadores de qualidade dos frutos de morangueiro, em função da concentração que o produto é aplicado.

3. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de extrato aquoso de vermicomposto na produtividade, trocas gasosas e a qualidade dos frutos em morangueiro cultivado em casa-de-vegetação, no DF.

4.REFERENCIAL TEÓRICO

4.1.A cultura do morangueiro

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma planta herbácea, rasteira e perene pertencente à família *Rosaceae* (RONQUE, 1998), e possui propagação via vegetativa, através de estolões, o que proporciona maior retorno econômico (ZEIST,

2019), uma vez que estes possuem capacidade de emitir raízes e originar uma nova planta. A parte comercializável deste cultivo é pseudo-fruto carnoso e suculento da planta, originário do receptáculo floral e que surgiu em meados de 1700 como produto de uma hibridização acidental a partir de dois morangos octoplóides (*Fragaria chiloensis* e *F. virginiana*) (STAUDT, 1961; MORALES-QUINTANA et al., 2018).

Atualmente, mais de 1000 cultivares diferentes são preservados em coleções de germoplasma em vários países (ULRICH et al., 2006; MORALES-QUINTANA et al., 2018), o que possibilita a obtenção de materiais produtivos e com características mais favoráveis às diferentes condições de cultivo. No Brasil, os programas pioneiros de melhoramento do morangueiro iniciaram-se década de 1940, tendo sido desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (CASTRO, 2004). Os resultados alcançados a partir desses trabalhos, especialmente a partir da década de 1960, permitiram que o país dispusesse de clones e técnicas de cultivo capazes de gerar materiais isentos de doenças, mais produtivos e adaptados, o que fomentou o aumento da área cultivada e da produtividade. Isso porque a obtenção de mudas saudáveis e adaptadas é um dos fatores cruciais para o bom desenvolvimento da cultura. Infelizmente, ainda hoje, as mudas produzidas no Brasil não atingiram padrão tão competitivo quanto as importadas, fazendo com que os produtores, anualmente, utilizem mudas provenientes especialmente do Chile, Argentina e Espanha, sendo comercializadas mais de 200 milhões de mudas (RESENDE, 2020).

O cultivo do morango é realizado em vários países do mundo, especialmente nos de clima temperado, mas devido às cultivares adaptadas, também está difundido nos países de clima tropical (FERLA, 2007). A China (3.717.283 ton/ano), os Estados Unidos (1.449.280 ton/ano) e o México (658.436 ton/ano) são os maiores produtores mundiais, desenvolvendo esta atividade em mais 168 mil hectares (FAOSTAT, 2019). O Brasil aparece somente na 13ª posição entre os maiores produtores, com uma produção de 165.000 ton/ano e área cultivada de 4.500 hectares, o que resulta em produtividade média pouco superior a 36 ton/ha (FAOSTAT, 2019; ANTUNES e BONOW, 2020). Entre os estados brasileiros, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo são os maiores produtores (IBGE, 2021). O Distrito Federal (DF) aparece como o 7º maior produtor nacional, com uma produção de 7.400 ton/ano e área cultivada de aproximadamente 200 hectares (ANTUNES e BONOW, 2020).

O mercado é exigente quanto à comercialização do morango *in natura* e existe um padrão exigido para o aroma, textura, cor, sabor e paladar (LIMA et al. 2011). Para o

mercado de frutas frescas, são desejáveis valores elevados na relação entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (SST/AT), pois o consumidor brasileiro prefere frutos mais doces e menos ácidos (MANGNABOSCO et al., 2008). Já para a comercialização da polpa, o Decreto nº 6.871 de 2009 (Ministério da Agricultura Decreto, MAPA) estabelece padrões mínimos que devem ser alcançados, tais como sólidos solúveis em °Brix (7,50, a 20 °C), sólidos solúveis totais (8,0 g/100g), pH (3,30), acidez total em ácido cítrico (0,80 g/100g) e ácido ascórbico (56,0 mg/100g) (BRASIL, 2016).

4.2. Sistemas de produção de morango

No Brasil, o morangueiro é produzido principalmente em pequenas propriedades rurais, com a utilização de mão-de-obra familiar (EMATER, 2020). A área média das unidades produtivas varia entre 0,2 e 2,0 hectares, o que demanda aproximadamente 365 d/H (d/H = dia/homem, unidade que mensura o trabalho de um trabalhador durante uma jornada de 8 horas por dia para realizar todas as diferentes atividades ao longo do ciclo de cultivo). Dentre as principais atividades para a produção do morango são: o preparo do solo, a limpeza da área, o transporte de insumos, a aplicação de esterco, pulverizações, colheitas e desbastes (CERUTTI, 2019). Nos últimos anos, tem sido observado um aumento na produção e na área cultivada (ANTHUNES et al., 2020). Contudo, o custo de produção vem se tornando preocupante em função da necessidade de aquisição de insumos cotados em dólar, tais como as mudas e os fertilizantes. Essa condição pode agravar o desenvolvimento da cadeia produtiva brasileira e demanda alternativas visando superar esses entraves e garantir competitividade frente às importações (EMBRAPA, 2020).

Tradicionalmente, o cultivo do morangueiro é realizado em canteiros a céu aberto, com uso de *mulching* perfurados e sistemas de irrigação por mangueiras sob o plástico (Figura 1). Todavia, nesse sistema, as plantas permanecem vulneráveis às condições climáticas e demandam, também, maior utilização de inseticidas, para o controle de insetos, ácaros e patógenos. Produtores mais tecnificados e que dispõem de recursos financeiros tem migrado para sistemas de cultivo protegido, os quais dispõem de maior controle do ambiente de produção (Figura 2).

Nesse sistema, os produtores podem construir bancadas suspensas, garantindo que os frutos não tenham contato com o solo, permitindo, também, que a posição de trabalho seja mais confortável para a manipulação das plantas. As mudas são transplantadas para

sacos plásticos denominados *slabs* (Figura 2), os quais são preenchidos com substrato comercial, e os nutrientes são fornecidos juntamente com a água de irrigação, por sistemas de gotejamento (Figura 2). Para favorecer a polinização das flores, é comum a utilização colmeias de abelhas nativas sem ferrão (Figura 2), uma vez que em ambientes protegidos a entrada de insetos polinizadores é dificultada pela existência de telas laterais.



Figura 1. Cultivo do morangueiro cv. Portolas em Brazlândia, DF.

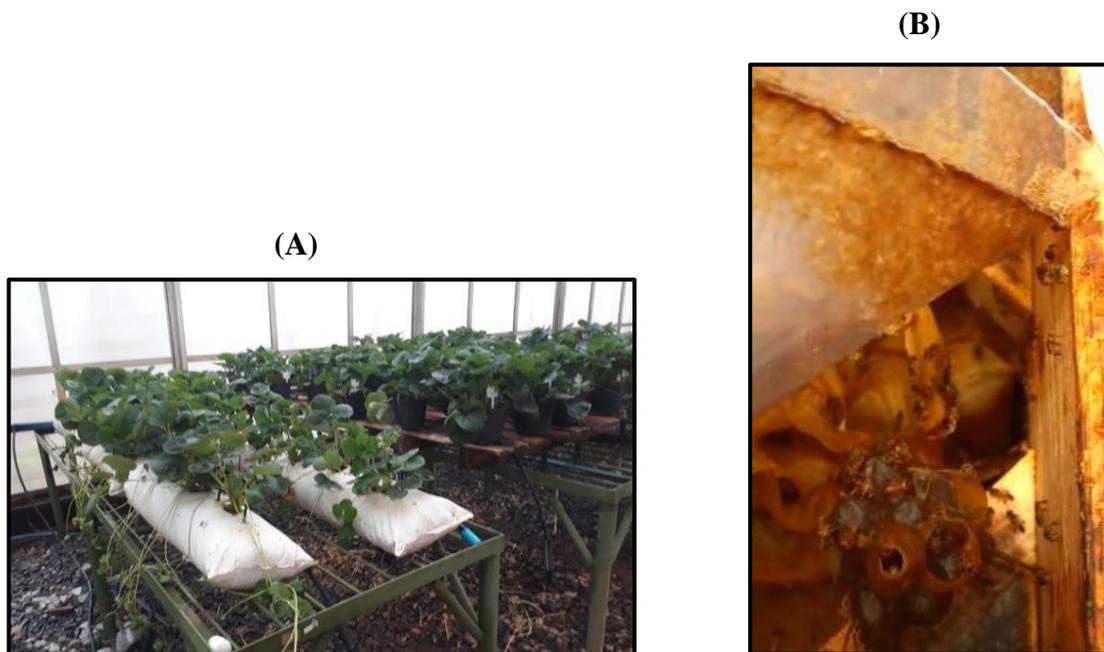


Figura 2. Produção de morango em ambiente protegido com sacos plásticos (*slabs*) suspensos e irrigação por gotejamento, na Embrapa Hortaliças-DF, 2020 (A). Abelhas criadas no interior da casa-de-vegetação visando favorecer o processo de polinização por abelhas jataí (B).

4.3. Bioestimulantes vegetais

A agricultura mundial enfrenta um momento em que muitas práticas têm sido questionadas, com uma relativa concordância de que existe a necessidade de desenvolvimento de modelos de produção mais sustentáveis, empregando-se produtos e manejos menos agressivos ao ambiente, aos agricultores e aos consumidores. Parte dessas mudanças tem por objetivos reduzir o uso de combustíveis fósseis necessários para a obtenção de insumos, diminuir a aplicação de fertilizantes minerais de origem não renováveis, de agentes tóxicos destinados ao controle de pragas e doenças e, também, estimular a reciclagem de materiais orgânicos. O desenvolvimento e a validação de bioestimulantes do crescimento vegetal podem auxiliar essa transformação e esse tem sido um tema relevante que tem impulsionado muitas pesquisas (PEREIRA et al., 2020). Estimulantes vegetais são produtos capazes de potencializar o desenvolvimento das plantas, independente da concentração de nutrientes presentes em sua constituição. Particularmente, grande ênfase tem sido dada aos estimulantes de plantas obtidos em bases biológicas, ou, bioestimulantes. Os bioestimulantes possuem uma variedade de moléculas bioativas capazes de melhorar a eficiência de absorção de nutrientes, a qualidade dos produtos obtidos, a eficiência de uso da água, além de ativar mecanismos bioquímicos responsáveis pela tolerância a estresses bióticos e abióticos (CALVO et al., 2014; COLLA e ROUPHAEL, 2015; JARDIM, 2015; BUSATO et al., 2018; JINDO et al., 2020; SANTINI et al., 2021). O Conselho Europeu da Indústria de Bioestimulantes (EBIC) definiu bioestimulantes como *“produtos contendo substância(s) e/ou microrganismos cuja função, quando aplicada às plantas ou à rizosfera, é estimular processos naturais para melhorar/beneficiar a captação de nutrientes, a eficiência nutritiva, a tolerância a estresse abiótico e qualidade da colheita”* (JARDIM, 2015). Em 25 de junho de 2019, uma regulação europeia (2019/1009) foi publicada no Jornal Oficial da União Europeia e nela esse tipo de produto é apresentado como *“compostos capazes de estimular processos de nutrição vegetal, independentemente do teor de nutrientes do produto, com objetivos de melhorar uma ou mais características da planta ou da rizosfera”*.

A legislação brasileira, não contempla o termo bioestimulante, ou seja, não há a classe de produtos bioestimulantes no que se refere ao registro na legislação de agroquímicos ou de fertilizantes. O que seria o classificado como bioestimulante em outros países no Brasil é classificado como biofertilizante, inoculantes, condicionadores biológicos do solo, agentes biológicos de controle e biodefensivos, dependendo de sua composição e seu material de origem (MAPA, 2020).

Segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61, DE 8 DE JULHO DE 2020 que estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura, classifica o biofertilizante 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*”. Portanto, para a legislação brasileira os bioestimulantes são tratados como biofertilizante ainda que os bioestimulantes englobem mais produtos que apenas os biofertilizantes.

Os biofertilizantes podem ser classificados de diversas formas no Brasil, como: produtos que contêm bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos promotores de crescimento das plantas. Já produtos que contêm microrganismos capazes de melhorar as propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo recebem a classificação de condicionadores biológicos do solo. Produtos que visam o controle de uma população de microrganismos patogênicos com uso de outros microrganismos são chamados de agentes biológicos de controle (MAPA, 2020).

O mercado global para bioestimulantes está em franca expansão e, no ano de 2019, foi avaliado em 2,5 bilhões de dólares (INSIGHTS, 2020), devendo alcançar 5,35 bilhões em 2027. Esses produtos são comercializados principalmente em formulações à base de açúcares, aminoácidos, extratos de algas e substâncias húmicas, mas a variedade de princípios ativos tem aumentado à medida que as pesquisas nesse campo evoluem. Sistemáticamente, JARDIM (2015) descreveu as principais categorias de bioestimulantes: as substâncias húmicas (ácidos húmicos e ácidos fúlvicos); as proteínas hidrolisadas e outros compostos contendo nitrogênio, tais como os aminoácidos; os extratos botânicos e de algas; as quitosanas e os microrganismos benéficos. Óxidos amorfos de silício, selênio, alumínio e sódio, embora sendo materiais inorgânicos, também têm sido considerados bioestimulantes de plantas (JARDIM, 2015).

As substâncias húmicas são um dos mais efetivos e estudados grupos de bioestimulantes vegetais, com efeitos sobre a atividade de enzimas, o metabolismo do nitrogênio, a taxa fotossintética, a absorção de nutrientes e sobre a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (ZANIN et al., 2018; BUSATO et al., 2018; DOBBSS et al., 2018; JINDO et al., 2020; NUNES et al., 2020). Os vermicompostos produto da decomposição de resíduos orgânicos a partir da ação combinada de microrganismos e minhocas, são importante e renovável fonte de substâncias húmicas capazes de promover

estímulos ao crescimento vegetal (CANELLAS et al., 2020), devendo ser empregados preferencialmente no processo de obtenção de extrato de vermicomposto.

Os mecanismos responsáveis pelas alterações no desenvolvimento das plantas, a partir da adição de substâncias húmicas, não estão ainda completamente elucidados. Inicialmente, foi observado que os ácidos húmicos alteraram a arquitetura da planta e em pesquisas mais recentes, foram observadas alterações em nível genético, demonstrando, por exemplo, sub ou super expressão de proteínas (ROOMI et al., 2018; NUNES et al., 2019; CANELLAS et al., 2020). Por exemplo, NUNES et al. (2019) avaliaram o perfil de proteínas solúveis de raízes de milho tratadas com ácidos húmicos (50 mg/L de carbono), que são as frações das substâncias húmicas solúveis em meio alcalino e insolúvel em meio ácido; os autores reportaram a super expressão de 31 proteínas, que foram associadas especialmente a eventos relacionados à proteção das plantas. Em plantas modelo de *Arabidopsis*, Roomi et al. (2018) demonstraram que a síntese de proteínas em plantas tratadas com substâncias húmicas foi acompanhada pela redução na concentração de aminoácidos nas raízes. Utilizando a mesma planta, CONSELVAN et al. (2018) relataram que todos os aminoácidos livres identificados foram menos abundantes (variando de -30 a -60%) no tratamento com adição de substâncias húmicas em comparação com o tratamento controle.

As informações disponíveis sobre o efeito das substâncias tipo húmicas são compostas em sua maioria, por estudos que envolvem o uso de frações húmicas extraídas com soluções alcalinas (NaOH) e subsequente abaixamento do pH até acidez extrema (pH < 1,5). Se em nível industrial o uso desses procedimentos não parece um grande entrave, é difícil imaginar a incorporação dessa tarefa à rotina dos agricultores, caso esses optem por produzir o próprio bioestimulante. Certamente, a necessidade de equipamentos especiais e de uma formação básica em química pode limitar a expansão do uso dessas substâncias em nível de campo. Parte dos pesquisadores dedicados ao tema têm estudado alternativas, sendo o uso do extrato aquoso de vermicomposto (ESA), obtido empregando-se água como extrator, tem despontado como uma possibilidade interessante. Diferente das substâncias húmicas, cuja concepção está associada à solubilidade em diferentes valores de pH, esse extrato poderia ser facilmente obtido nas propriedades rurais por não demandar equipamentos especiais e não empregar reagentes perigosos.

4.3.1. Extrato solúvel em água obtido a partir de compostos e vermicompostos

Os efeitos bioestimulantes do ESA já foram estudados em plantas de tomate (RADIN e WARMAN, 2011; ZANDONADI et al., 2016; GOPI et al., 2020; PEREIRA et al., 2020; VILLECO et al., 2020), alface (PANE et al., 2014), pimentão (ZACCARDELLI et al., 2018; SANTOS et al., 2020), milho (ZANDONADI et al., 2019; VUJINOVIĆ et al., 2020), espécies florestais (BUSATO et al., 2016) e mesmo morango (HARGREAVES et al., 2009), entre outros. Os resultados observados nessas pesquisas variam grandemente desde aumentos significantes na produtividade e qualidade até efeitos negativos no crescimento das plantas. Em geral, os trabalhos que reportaram efeitos benéficos verificaram maior desenvolvimento radicular, modificações nos metabolismos primário e secundário que favoreceram a absorção e nutrientes, balanço hormonal e produção e espécies reativas de oxigênio que possibilitaram maior tolerância das plantas ao ataque de pragas, doenças e estresse hídrico e salino.

Os ESA são comumente reportados na literatura como “chás” ou em inglês de “*compost-teas*”, conforme descrito por ARANCON et al. (2019). Estes autores estudaram a adição desse material em cana-de-açúcar, hortelã e begônias, e observaram que ao aplicar diferentes diluições do ESA (1%, 2%, 5% e 10%), houve aumento no enraizamento das plantas tratadas com 2% para cana de açúcar e hortelã, e aumento no enraizamento da begônia com a aplicação das soluções diluídas a 1%. Ainda, segundo os autores, o aumento do enraizamento ocorreu devido à presença de auxinas, citocininas, ácidos graxos e ácidos húmicos no ESA.

Existem várias formas de se extrair os ESA, e ainda há opção de enriquecimento deste com nutrientes ou microrganismos. O enriquecimento de ESA com nutrientes é uma opção e PITON et al. (1999) observaram que, ao acrescentarem nitrato no material, a atividade enzimática das células radiculares do milho foi aumentada. A extração de ESA com água aquecida a 70 °C, utilizando a relação de 1:20 (massa:volume) foi realizada por BUSATO et al. (2016). A aplicação, que ocorreu quinzenalmente durante a fase de viveiro das mudas de guanandi (*Callophyllum brasiliense*), resultou em maiores teores de potássio, magnésio, enxofre e boro nas plantas. Já PEREIRA et al. (2020a) obtiveram ESA a partir de vermicomposto, usando a relação 1:5 (volume:volume), e ESA obtido de vermicompostos enriquecido com fungos do gênero *Trichoderma*, e aplicaram 250 mL/vaso ao redor do coleto das culturas do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. cv. “Santa Cruz”) e pimentão (*Capsicum annuum* L. cv “Magali R”). Esta aplicação aumentou a produtividade, as trocas gasosas e a nutrição das plantas de pimentão em ambiente controlado. Observou-se que a eficiência do uso da água foi aumentada em 94%

e, particularmente nas plantas de pimentão, houve maior massa seca de parte aérea e maior massa de raiz com adição do extrato. As plantas de pimentão tratadas com o extrato também apresentaram maiores teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, boro, ferro e manganês.

4.3.2. Efeitos do extrato solúvel em água sobre parâmetros de qualidade de frutos

A qualidade dos frutos é construída a partir de uma combinação de atributos que incluem pH, sólidos solúveis, cor, defeitos, firmeza, succulência, sabor, cheiro, concentração de vitaminas, minerais, fibras e ausência de resíduos químicos e contaminação microbiana (KADER et al., 2001). Os métodos analíticos instrumentais empregados na avaliação da qualidade dos frutos reduzem possíveis dispersões potencialmente observadas quando análises sensoriais são realizadas, proporcionam maior acurácia e segurança em função do seu carácter numérico, que é mais objetivo. O conjunto analítico instrumental empregado nessas avaliações permite, por exemplo, correlacionar a aparência com as propriedades ópticas; a textura com as propriedades reológicas e o sabor e aroma com as propriedades químicas (ABBOTT, 1999).

Diferentes fatores associados ao manejo dos cultivos, tais como os níveis de adubação, o controle da temperatura e de luminosidade no ambiente de produção, o ataque de pragas, entre outros, são determinantes para a obtenção de frutos com elevada qualidade. A aplicação de bioestimulantes como o ESA certamente pode afetar a qualidade dos frutos, mas a literatura disponível não é vasta. FAYED et al. (2016) avaliaram os efeitos de duas aplicações de ESA em romã (*Punica granatum*) (pulverização foliar e no solo, 5 L por planta) cultivada no Egito e reportaram maior concentração de nutrientes, melhoria nos parâmetros físicos (peso do fruto, volume, comprimento e diâmetro) e químicos dos frutos (açúcares totais, vitamina C, antocianina total, sólidos solúveis totais e relação sólidos solúveis totais/acidez). O uso associado da fertirrigação e aplicação foliar semanal de ESA enriquecido com microrganismos sobre o crescimento e qualidade de melão (*Cucumis melo*) foi avaliado por NAIDU et al. (2013), que reportaram maior peso fresco médio da fruta (18,30%), concentração de sólidos solúveis totais (16,21%), firmeza dos frutos (8,81%), diâmetro (7,11%) e tamanho do mesocarpo (7,50%). Em laranja (*Citrus × sinensis*), a pulverização foliar de ESA aumentou o peso dos frutos, a concentração de vitamina C, o conteúdo de sólidos solúveis totais e a concentração de açúcares redutores (OMAR et al., 2012). Já em melancia (*Citrullus lanatus*), a adição de ESA aumentou a pontuação associada à qualidade

sensorial, que fornece indicadores de preferência pelos consumidores (LUGUORI et al., 2015).

HARGREAVES et al. (2009) apresentaram um estudo similar ao presente projeto, avaliando os efeitos do composto de resíduos sólidos urbanos e extrato aquoso na absorção de elementos minerais e a qualidade dos frutos dos morangos. Em função das diferenças na condução do experimento (forma de extração, matéria-prima empregada no processo, frequência e volume aplicados) e das características climáticas do local do experimento (Canadá), é possível que resultados bastante distintos sejam observados em experimento realizado no DF. No trabalho de HARGREAVES et al. (2009), os autores obtiveram o ESA empregando-se composto produzido a partir de resíduos da coleta urbana, diluindo o extrato obtido 5 vezes antes da aplicação em mudas de morangueiro da cultivar Sable. O cultivo também foi realizado diretamente no solo. Como conclusão, os autores reportaram ausência de alterações na qualidade dos frutos (açúcares, vitamina C e capacidade antioxidante total) em decorrência da adição do ESA, mas obtiveram aumento na concentração de sódio nas plantas, provavelmente decorrente do excesso de sais contendo esse elemento presentes nos resíduos que deram origem ao composto. Isso sugere que pode ser importante avaliar a aplicação de extratos menos concentrados, a fim de evitar possíveis efeitos negativos sobre a nutrição e fisiologia das plantas.

4.3.3. Efeitos do extrato solúvel em água de vermicomposto sobre as trocas gasosas das plantas

Todas as plantas dependem de trocas gasosas para seu desenvolvimento, assim como os processos inerentes ao metabolismo do carbono dependem da luz direta ou indiretamente para se desenvolverem. Para obter a energia necessária às suas necessidades fisiológicas, as plantas possuem dois processos de trocas gasosas: a respiração, em partes da planta sem incidência de luz ou em horas noturnas, onde acontece a absorção de O_2 e a liberação do CO_2 e a fotossíntese bruta, onde o CO_2 do ambiente entra nas células e é incorporado a moléculas de açúcares através dos sítios de carboxilação da enzima rubisco (EVANS et al., 2009). O conhecimento das alterações nas trocas gasosas de cada planta pode fornecer informações sobre os mecanismos envolvidos na adaptação a ambientes variados, abrindo o caminho para modelos preditivos de produtividade vegetal (MOZDZER e ZIEMAN, 2010). A fotossíntese em morangueiro depende da qualidade e intensidade da luz recebida, assim como em todas

as plantas, e está diretamente relacionada aos impulsionadores da qualidade dos frutos, seu crescimento e desenvolvimento (PENG et al., 2020).

Avaliações da taxa de consumo de CO₂ permitem analisar o comportamento metabólico das plantas frente a alterações externas, tais como mudanças nas condições climáticas ou respostas a insumos agrícolas destinados a estimular o crescimento vegetal (SOUSA et al., 2015). Devido à grande importância das trocas gasosas e os processos que envolvem o CO₂, vários métodos de mensuração vêm sendo estudados (HANKOCK et al., 1989). Dentre eles, os sistemas gasométricos de medição das trocas gasosas através do infravermelho (Infra Red Gas Analyser - IRGA) têm sido bastante utilizados. O aparelho IRGA é composto basicamente por quatro partes, incluindo uma fonte de banda larga na faixa do infravermelho, uma célula gasosa, um filtro óptico e um receptor (LONG et al., 1996). O gás CO₂ entra por uma célula gasosa e é consumido pela folha, reduzindo sua quantidade absoluta assim, o detector alcança o gás não consumido. Com isso, a concentração de CO₂ pode ser mensurada. A função do filtro é eliminar os demais comprimentos de onda que poderiam causar algum tipo de ruído na análise. É utilizada uma câmara de gás somente para a medição de uma referência obtida, por exemplo do ar atmosférico, e em outra câmara de gás o ar é direcionado para a câmara foliar, e então é calculada a diferença entre a referência (ar atmosférico) e a câmara de assimilação (LONG et al., 1996).

Modificações associadas às trocas gasosas devido à adição de diferentes bioestimulantes tem sido reportadas na literatura empregando-se equipamentos IRGA. Por exemplo, BUSATO et al. (2018) aplicaram soluções contendo 20 mg L⁻¹ de ácidos húmicos extraídos composto de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e observaram aumento de 64% na eficiência de uso de água em plantas de alface (*Lactuca sativa*). Naquele caso, a eficiência de uso da água foi obtida a partir da relação entre a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética. Além disso, ALENAZI et al. (2016) e SADEGHI-SHOAE et al. (2013) demonstraram que a aplicação bioestimulantes aumentaram a eficiência do uso de água nas plantas de batata (*Solanum tuberosum*) e beterraba (*Beta vulgaris*), devido provavelmente desenvolvimento das raízes, que aumentaram a capacidade das plantas de absorver água do solo (FELEAFEL e MIRDAD, 2014). PEREIRA et al. (2020) avaliaram as trocas gasosas em tomate com a aplicação de 250 mL de ESA obtido de vermicomposto inoculado com *Trichoderma* spp. e verificaram que a adição do ESA aumentou a assimilação líquida de CO₂ (63%) e a transpiração em plantas de tomate (218%).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e características locais

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, na Estação Experimental de Biologia (latitude -15.736465° e longitude -47.881203°), pertencente à Universidade de Brasília (UnB). As análises foram realizadas no Laboratório de Química do solo e no Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), Campus Darcy Ribeiro.

5.2. Cultivar

As mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) da variedade “Portola” foram importadas, congeladas, da Espanha e adquiridas de um revendedor da região administrativa de Brazlândia, no Distrito Federal. As mudas foram acondicionadas por um dia em refrigerador a 5°C e, posteriormente, permaneceram à temperatura ambiente por 6 horas. Após esse período, foram podadas em tamanho padrão (aproximadamente 5 cm de raízes) sendo imediatamente plantadas em bandejas plásticas de contendo 50 células quadradas (136 mL/célula), as quais foram preenchidas com substrato Vivatto®, composto por turfa de sphagno, perlita expandida e carbonato de cálcio. As mudas foram então aclimatadas por 14 dias em casa de vegetação, sendo posteriormente selecionadas por uniformidade de tamanho e transplantadas para vasos plásticos com capacidade para de volume de 3 L (uma muda por vaso), preenchidos contendo com substrato Carolina Soil®, composto por turfa, vermiculita, resíduo orgânico e NPK, esse substrato possui a composição básica recomendada para o plantio de mudas. Após 30 dias foram novamente transplantadas para vasos plásticos de capacidade de 5L, com o mesmo substrato Carolina Soil®, onde permaneceram até a colheita das plantas.

5.3. Vermicompostagem e obtenção do extrato solúvel em água

Foi realizado o processo de vermicompostagem em caixas de polietileno com capacidade para 310 dm^3 empregando-se esterco bovino e minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisenia foetida*). O esterco foi acondicionado nas caixas para um período inicial de compostagem de 30 dias, com revolvimento e umidificação semanal. Para evitar o acúmulo de líquido no fundo das caixas, foi adicionada uma torneira para coleta e recirculação do líquido coletado. Após 30 dias, o material em compostagem recebeu a adição de minhocas na proporção de 80 indivíduos para cada dm^3 de composto. O material

permaneceu mais 90 dias sob ação das minhocas, totalizando 120 dias para obtenção do vermicomposto.

5.3.1. Caracterização química do vermicomposto

Amostras do vermicomposto foram obtidas e secas a 105 °C até massa constante, em estufa de circulação forçada (Q317M-12, Quimis, São Paulo, Brasil), para caracterização química. Foram coletadas amostras de 15ml dos 15 ESA preparados, sendo posteriormente divididas em grupos de três com cinco amostras cada, após a homogeneização de cada grupo foi realizado o total de três análises das amostras. Os valores de pH e condutividade elétrica foram determinados em água destilada (relação 1:5, volume:volume), após agitação em mesa orbital (MA 420/8-125, Marconi, São Paulo, Brasil) (150 rpm), por 30 minutos, sendo as leituras realizadas em pHmetro (PG2000, Gehaka, São Paulo, Brasil) e condutivímetro (Q485M, Quimis, São Paulo, Brasil), respectivamente. O teor de carbono orgânico total (COT) foi determinado empregando-se o método de WALKLEY e BLACK (1934) com modificações (YEOMANS e BREMNER, 1988), utilizando-se $K_2Cr_2O_7$ 0,166 mol L⁻¹, como agente oxidante, e $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,5 mol L⁻¹ como titulante do excesso de $K_2Cr_2O_7$, em presença de indicador difenilamina 0,16%.

5.3.2. Obtenção do extrato solúvel em água obtido do vermicomposto

A obtenção do ESA seguiu o processo descrito por PINTON et al. (1998), com adaptações. Em um recipiente plástico, foi mantida uma suspensão de vermicomposto e água livre de cloro, na proporção 1:10 (volume:volume), sendo realizada aeração por 10 minutos a cada três horas, por um período total de 48 horas. Após esse período, o material foi filtrado em tecido de malha de algodão, para a obtenção do ESA concentrado. Amostras do material foram congeladas (< 4 °C) para posterior análise química.

5.3.2.1. Caracterização química do extrato solúvel em água obtido do vermicomposto

Os nutrientes do composto orgânico foram determinados por digestão nitroperclórica, extraídos com mistura nitroperclórica - aplicável de modo geral aos fertilizantes orgânicos e organominerais, sólidos e líquidos, para aplicação no solo, como descrito no manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (MAPA, 2017).

5.3.3. Aplicação do extrato solúvel em água, adubação e tratamentos culturais

Imediatamente após obtenção do ESA concentrado (tópico 5.3.2.), o material foi diluído com água destilada para obtenção de soluções 2, 4, 6, e 8% (v/v). O experimento foi conduzido seguindo um delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis repetições. As soluções diluídas foram pulverizadas diretamente nas folhas (10 mL/planta) e ao redor da coroa (10 mL/planta). O tratamento controle recebeu o mesmo volume de água destilada. Esse procedimento iniciou 3 dias após transplântio (DAT) das mudas para os vasos de cultivo, e foi realizado semanalmente, por 4 meses e o volume total aplicado em cada planta foi de 300 ml, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Volume total de ESA aplicado no experimento.

Volume aplicado			
Local de aplicação	Volume por aplicação	Número de Aplicações	Volume total
Substrato	10ml	15	150ml
Folhas	10ml	15	150ml
Volume total de ESA aplicado na planta			300ml

Antes do transplântio, os morangueiros receberam 40 mL de solução nutritiva (FURLANI e JÚNIOR, 2004) diluída a $\frac{1}{4}$ da força, sempre em dias alternados. Após o transplântio, as plantas receberam diariamente 250 mL de mesma solução nutritiva, mas com força integral. Ao longo do cultivo, folhas secas ou danificadas foram removidas, assim como os estolões produzidos.

Foi realizada aplicação preventiva de óleo de neem, repetida semanalmente para prevenir infestações de pulgões e cochonilhas (SOUZA e RESENDE, 2003).

5.4. Avaliações das plantas

5.4.1. Número de flores e de estolões

A partir de um acompanhamento periódico, na forma de avaliações semanais, foi observado o desenvolvimento das plantas e quantificado o número de flores e estolões presentes em cada uma. Nas flores, além da polinização natural das abelhas, também foi realizada a polinização manual, com o uso de pincel passado de uma a uma, auxiliando na polinização.

5.4.2. Medidas biométricas dos morangos

Os frutos foram colhidos quando apresentaram cerca de 75% da epiderme com coloração vermelha uniforme (CAMARGO et al., 2010). Após a colheita, os frutos foram pesados em balança semi-analítica (Balança de precisão Bel Engineering 0,01g, 1000g, S) e foi quantificada a massa acumulada dos frutos de cada planta (massa do fruto). Posteriormente, a largura (eixo transversal) e o comprimento (eixo longitudinal) de cada fruto foram medidos com auxílio de um paquímetro digital (Lee tools - 618250). Em seguida os frutos foram congelados a -18 °C até as análises laboratoriais.

5.4.3. Trocas gasosas e clorofilas

As plantas foram avaliadas com 81 DAT, 118 DAT e 138 DAT. As análises de trocas gasosas foram realizadas em folhas totalmente expandidas do ápice, no período entre 08 e 10 h da manhã, cada medida foi obtida 3 vezes para cada folha, as folhas selecionadas foram as mais jovens totalmente expandidas. As medidas de fotossíntese (Photo, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (Trmmol, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática para H_2O (Cond, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a concentração intercelular de CO_2 (Ci , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) foram realizadas empregando-se um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (IRGA - Li-6400XT, LICOR, Nebraska, EUA). A concentração de CO_2 injetada artificialmente na câmara de assimilação do IRGA foi fixada em $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$. As avaliações foram feitas sob $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo fotossinteticamente ativo. Todas as medições foram realizadas sob uma luz artificial saturante de $1.000 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de luminosidade (SILVA et al., 2018).

Para a avaliação dos teores de clorofila utilizou o ClorofiLOG (FALKER, Modelo Cfl 1030), sendo realizadas as medições em duas posições da planta das primeiras folhas completamente expandidas de cada indivíduo. Foram avaliados os teores de clorofila a e b, em duas medições aos 60 e 117 DAT, cada medida foi obtida 3 vezes para cada folha.

5.4.4. Avaliação da qualidade dos frutos

Após a última colheita, os frutos armazenados conforme descrito no item 5.4.2 foram processados para proceder com as avaliações relacionadas com a qualidade. Para as variáveis umidade, teores de proteínas, de lipídeos, de cinzas, de carboidratos, a acidez total titulável (ATT), o pH, o teor de sólidos solúveis totais (SST), a relação SST/ATT e a cor dos frutos. As avaliações foram conduzidas no fruto processado por um

liquidificador industrial no laboratório de qualidade de alimentos, onde todos os morangos da mesma planta foram triturados juntos.

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, conforme Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). O teor de proteína foi determinado utilizando-se o método de Kjeldahl, método 991.22 da Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 2002). O teor de lipídios foi obtido em extrator de gordura (Ankom® modelo XT 10), conforme American Oil Chemists' Society (AOCS, 2005). O teor de cinzas foi obtido com calcinação a 600 °C, em mufla, seguindo o método 945.45 da Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 2002). O teor de carboidratos foi obtido por diferença, subtraindo-se 100 dos teores de umidade, de proteínas, de lipídeos e de cinzas, de acordo com o método 986.25 da Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 2002). Os teores de proteínas, de lipídeos, de cinzas e de carboidratos foram expressos em base úmida.

A análise de ATT foi realizada utilizando-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol L⁻¹ e fenolftaleína como indicador (IAL, 2005), com os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. O teor de sólidos solúveis totais (SST) foram determinados em refratômetro digital Atago (Modelo 1T), sendo os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2002). A partir dos valores obtidos de SST e ATT, foi possível a obtenção da relação SST/ATT. O pH da polpa foi determinado em pHmetro previamente calibrado.

A avaliação da cor dos frutos foi realizada antes de todas as avaliações de qualidade, pois foram obtidas dos morangos em natura, se dano ao fruto, foi realizado com o auxílio do colorímetro Minolta, Modelo CR410, obtendo-se os valores das coordenadas L*, a* e b* do sistema Hunter. Com os valores das coordenadas a e b foi possível a tonalidade h (Equação 1 e a saturação da cor ou croma C (Equação 2) dos frutos (LITTLE, 1975, FRANCIS, 1975, MCLELLAN et al., 1995, MASKAN, 2001).

Equação 1

$$h^* = \arctang(b^*/a^*)$$

Equação 2

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})$$

5.5. Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico SpeedStat (CARVALHO et al. 2020). Inicialmente foi realizada análise de Harley,

Levene e Bartlett, para avaliar a homoscedasticidade, e, então, realizado o teste Jarque-Bera, para atestar a normalidade residual dos dados. Atestada a normalidade, foi realizada a análise de variância, e na confirmação de efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As variáveis de produção do morangueiro (massa acumulada de frutos por planta, número de frutos por planta) também foram submetidas a análise de regressão, a fim de determinar uma possível diluição mais adequada do ESA para os morangueiros.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização do extrato solúvel em água obtido do vermicomposto

A caracterização química do ESA foi feita para se obter os teores de macro e micronutrientes do extrato, a potencial periculosidade e eventual toxidez, com a avaliação dos teores de metais, além de outros parâmetros químicos de interesse que influenciam na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

6.1.1. Condutividade elétrica, pH e densidade

A condutividade elétrica (CE) média ($n=3$) do ESA foi de $0,38 \text{ dS m}^{-1}$, o pH observado de 7,6 e a densidade de $1,23 \text{ g/Kg}$.

A CE é uma variável utilizada para a avaliação do risco de salinidade associado ao uso de água para irrigação e, de acordo com Cordeiro (2001), valores de CE variando entre $0,25$ e $0,75 \text{ dS m}^{-1}$, são utilizados para classificar a qualidade da água de irrigação como 'água de salinidade média', podendo ser utilizada para irrigação de plantas com moderada tolerância aos sais dissolvidos presentes na água. Comparativamente ao ESA, que apresentou CE de $0,38 \text{ dS m}^{-1}$, a água de irrigação é fornecida em quantidades superiores aos produtos foliares empregados como bioestimulantes, sendo possível considerar um baixo risco de salinidade associado a esse bioinsumo. Valores superiores ao observado nesse trabalho foram relatados por outros autores, como Arancon et al. (2019a) que obtiveram extratos de vermicompostos de resíduos de cozinha com EC de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e pH de 6,5. Já Zarei et al. (2018), ao comparar os extratos de vermicompostos de folhas, esterco de gado e da mistura de folhas e esterco de gado (1:1), verificaram EC acima e, de pH próximos dos observados neste estudo, variando de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ e 7,2 (extrato de vermicomposto de folhas) a $2,76 \text{ dS m}^{-1}$ e 7,1 (extrato de vermicomposto de esterco de gado), para EC e pH, respectivamente.

Ainda, cabe destacar que o pH de 7,6 está dentro da margem tolerável para biofertilizante (MAPA, 2016). Para a densidade encontrada, de 1,23g/kg, segundo SANTOS e MENDONÇA (2000), a partir de estudo sobre aplicação de bioestimulantes no solo a densidade reduzida do extrato melhora qualidades químicas e físicas ao solo (IAC, 2020).

6.1.2. Quantificação de nutrientes

A quantificação dos nutrientes presentes no ESA seguiu o manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos do ministério da agricultura e pecuária e, foi comparada a análises de outros extratos similares, publicados nos trabalhos de BUSATO et al. (2016), pereira et al. (2020) e HARGREAVES et al. (2009), e ainda a solução base de experimentos diversos de HOAGLAND (1950).

	RESULTADOS FORNECIDOS EM ÁGUA E EM PORCENTAGEM										
	N	P	K	S	Ca	Mg	Zn	B	Cu	Fe	Mn
	g.Kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
ESA	0.2	0.1	0	0.1	0.36	0.02	16.59	6.6	0.65	98.3	15.9
EHSA	-	0.3	0.6	2.9	6.65	1.85	34.31	37.6	16.25	2.03	71.3
WEFV	0.8	1.9	0.5	-	20.8	8.1	-	-	9.2	52.5	0.8
TEA1	-	0.02	0.11	0.07	0.93	0.21	3.46	0.43	2.71	136.31	24.66
TEA2	-	0.02	0.15	0.08	1.07	0.22	2.12	0.55	1.86	119.07	19.47
HOAGLAND	0.21	0.031	0.34	0.064	0.20	0.048	0.05	0.5	0.02	5	0.5

Tabela 2. Análise química do ESA do presente trabalho, comparados com outros extratos obtidos na literatura. EHSA (Extrato húmico solúvel em água) (BUSATO, et al. 2016), WEFV (Water-extractable fraction of vermicompost) (PEREIRA, et al. 2020), TEA1 (Compost Tea1), TEA2 (Compost Tea 2) (HARGREAVES et al. 2009) e HOAGLAND (HOAGLAND 1950).

A caracterização química do ESA indicou a presença de macro (N, P, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe e Mn). Dentre os macronutrientes, o maior teor foi observado para o nutriente Cálcio (0,36 g Kg⁻¹). Com relação aos micronutrientes, os maiores teores foram obtidos para Ferro (98,3 mg Kg⁻¹) e Zinco (16,59 mg Kg⁻¹).

Baixos teores de macronutrientes em extratos aquosos de vermicompostos e compostos também foram relatados por ARANCON et al. (2019a) e HARGREAVES et al. (2008). Entretanto, teores mais elevados de macro e micronutrientes também são encontrados na literatura, como nos trabalhos de ZAREI et al. (2018) e EUDOXIE et al. (2017). Os resultados obtidos por esses autores estão possivelmente associados com a utilização de uma maior quantidade de vermicomposto ou composto na obtenção do

extrato, variando a proporção (volume:volume) de 1:10 de vermicomposto:água (ZAREI et al. 2018) a 1:5 vermicomposto ou composto:água (EUDOXIE et al. 2017), assim como a origem da matéria orgânica empregada na vermicompostagem ou compostagem, como resíduos vegetais ricos em nutrientes, associados a dejetos de animais de criação, como bovinos e suínos (ZAREI et al., 2018; EUDOXIE et al., 2017).

Além disso, o método escolhido para a aplicação também influencia na absorção dos nutrientes pela planta. Mahmoud et al. (2014) afirmam que a disponibilidade dos nutrientes minerais é maior em aplicações via foliar que as por via irrigação, o motivo dessa melhor absorção é que o ESA aumenta o tempo período de abertura dos estômatos das plantas, o que também foi relatado por KAYA et al, (2005) que explica que o ESA é capaz de aumentar a permeabilidade das membranas celulares facilitando assim a absorção dos nutrientes.

ARANCON et al. (2019a) relataram que, embora os teores de nutrientes observados no extrato aquoso produzidos por ele tenham sido considerados muito baixos, a presença de fitohormônios como giberelina GA24, ácido indolacético e citocinina, indica que extratos aquosos de vermicompostos têm se mostrado como uma fonte adicional e alternativa de hormônios vegetais, com potencial efeito de promoção de crescimento da parte aérea e das raízes das plantas.

6.2. Produtividade e avaliações biométricas

O número de frutos por planta, o número de flores por planta, a massa dos frutos, a massa seca do fruto, a largura dos frutos, e o comprimento dos frutos são apresentados na Figura 3. O número de frutos por planta foi similar entre a testemunha e as concentrações de ESA, entretanto, houve uma tendência de aumento do número de frutos no tratamento 4%, que resultou em aumento de 54% em comparação ao controle, com a média aproximada de 15 frutos por planta (Figura 3A).

O número de flores manteve-se sem alterações estatísticas entre as repetições sendo as médias observadas de 5 flores por planta (Figura 3B). Da mesma forma que o número de frutos, a massa do fruto (Figura 3C), o tratamento 4% tendeu a produzir em média 40,22% a mais que o tratamento controle. De forma similar, a massa seca das plantas e o comprimento de frutos apresentam dados semelhantes entre a testemunha e as concentrações de ESA, sendo, 23,48g planta⁻¹ de massa seca e 30 mm de comprimento respectivamente.

A variação da massa por frutos foi de 5,58g a 19,42g com média geral de 9,77g por fruto (Figura 3C), ou seja, 52% abaixo do encontrado em sistemas de produção comercial, onde cada unidade de fruto pesa em média 30,2 g (ANTUNES et al., 2020). Na produção comercial, o cultivo não é feito em vasos que limitam o crescimento da planta e recebem porções muito maiores de fertilizantes, motivo pelo qual o fruto apresenta uma maior massa que no presente experimento (ANTUNES et al., 2020). Ainda assim, o valor médio de 12,2 g por fruto é considerado de ótima qualidade comercial, conforme ROSANA et al. (2009), que encontraram o peso médio semelhante aos demonstrados aqui.

Foram também conduzidas análises de regressão das variáveis de produção (massa acumulada de frutos por planta e número de frutos por planta) (Anexo1). A análise evidenciou um ajuste quadrático para a massa acumulada de frutos (p-valor 0,099), com o ponto de máxima 101,36g de massa acumulada de frutos para a concentração de 4% de ESA. Com a aplicação dessa concentração de ESA, o modelo indica um aumento de 51,91% da massa acumulada de frutos em relação ao controle. Já para o número de frutos por planta, a análise evidenciou um ajuste quadrático como p-valor de 0,341, com o ponto de máxima de 22 frutos na concentração de 4% de ESA, apresentando número de frutos 50% maior que o controle mesmo assim não sendo estatisticamente significativa.

A largura média dos frutos foi de 32mm entre as concentrações de ESA. Entretanto, foi observado uma variação considerável entre os tratamentos, onde a concentração de 8% tendeu a apresentar a largura média de frutos 13,57% maior em comparação ao tratamento controle (36,41 e 31,47 mm por planta, respectivamente) (Figura 3E).

O número de frutos por planta do morangueiro apresentou valor médio (15 frutos por planta) superior ao encontrado por DIAS et al. (2015) que encontrou 10,96 frutos por planta, e apresentou valores semelhantes do valor médio encontrado por SCHUCH e BARROS (2010).

O benefício promovido pela aplicação do extrato aquoso de vermicomposto na cultura do morango, com tendência de maiores valores na dose de 4%, para o número de frutos por planta e para massa acumulada de frutos, corrobora com estudos conduzidos com diferentes culturas, como brócolis (ALKOBAISY et al., 2021), pimentão e tomate (PEREIRA et al., 2020; ARANCON et al., 2019b; MORALES-CORTS et al., 2017), alface (ARANCON et al., 2012; ARANCON et al., 2019b) e repolho chinês (*Brassica rapa* cv. Bonsai) (PANT et al., 2011).

Os principais mecanismos associados com o aumento da produção e crescimento das plantas, em função da aplicação de extratos de vermicomposto estão associados ao efeito bioestimulante dos compostos orgânicos dissolvidos no extrato, com ação similar aos hormônios vegetais (ARANCON et al., 2012; ZHANG et al., 2013; ARANCON et al., 2019a), bem como com a presença de microrganismos (GOYAL et al., 2020; GROCHEVESKI, 2020. ESTEVES, 2020).

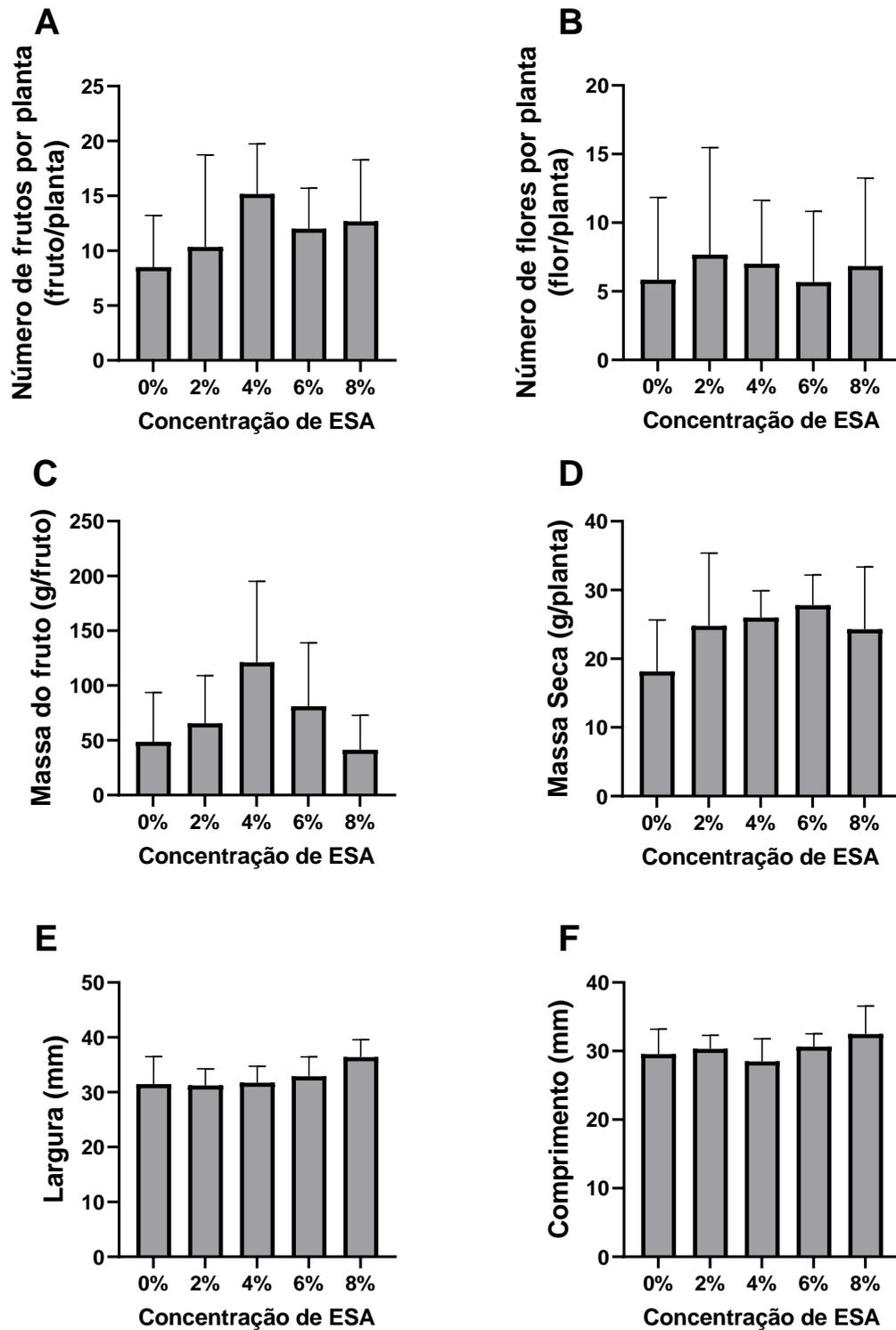


Figura 3. Avaliação da produtividade e avaliações biométricas dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Número de frutos por planta (A), Número de flores por planta (B), Massa do fruto (C), Massa seca da planta (D), Largura dos frutos (E), Comprimento dos frutos (F).

6.3. Trocas gasosas

As trocas gasosas na cultura do morangueiro, avaliadas pela medição das variáveis: carbono interno (C_i), condutância estomática (g_s), assimilação líquida de CO_2 (A) e transpiração (T), foi realizada aos 81, 118 e 138 DAT dos morangueiros. Nas duas primeiras avaliações, aos 81 e 118 DAT, não se observou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4). As médias observadas foram de $246,13 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ para C_i , $0,31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para g_s , $15,9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para A e $4,53 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para T .

As concentrações internas de CO_2 nas duas primeiras avaliações apresentaram média entre 250 a $300 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, comportamento semelhante ao apresentado em estudo realizado por HANCOCK et al. (1989) sobre as trocas gasosas em morangos e seus híbridos em casa de vegetação. A g_s esteve entre $0,30$ e $0,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que também foi observado por SOUSA et al. (2015) em seu experimento com biofertilizantes de origem bovina aplicados em morangos sob telado. As médias de taxa fotossintética mantiveram-se entre 15 e $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, assim como observado por DONG et al. (2020). As concentrações de transpiração variaram entre $4,04$ e $5,31 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e uma média de $4,90 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no tratamento controle.

Na terceira avaliação, que ocorreu a 138 DAT, foi observada diferença significativa para os parâmetros de g_s (Figura 4B), C_i (Figura 4A) e para T (Figura 4C). No tratamento de maior dose, 8%, a aplicação do ESA apresentou uma redução de C_i , em 23,38% em relação ao controle. Para a g_s o efeito foi variado com menores valores de g_s nas doses 2, 6 e 8%. E para o T o efeito foi similar ao da g_s (Figuras 4A, 4B e 4D).

SOUSA et al. (2015) demonstraram que o biofertilizante de origem bovina favoreceu a fotossíntese e a transpiração em folhas de morangueiro cultivadas em todos os ambientes estudados, em casa de vegetação e em campo aberto, e RAMOS et al., (2016) observaram que os ambientes de cultivo e as doses de biofertilizantes influenciaram positivamente as variáveis de trocas gasosas (C_i , g_s , A , T). Nesses dois trabalhos, as avaliações foram feitas durante o início do desenvolvimento da cultura, por volta 40 dias após o transplântio, quando a planta do morango está formando biomassa, como folhas, caules, estolões e, os frutos mais desenvolvidos, oriundos das primeiras flores, cabendo destacar que os demais frutos acompanham o desenvolvimento da cimeira, parte superior da planta de onde as gemas apicais desenvolvem as inflorescências (DURNER, 2015). Já no presente estudo, a primeira avaliação de trocas gasosas foi conduzida apenas aos 81 dias após o transplântio, período em que as plantas já se

encontravam em plena produção de frutos e bem desenvolvidas, fato que possivelmente está relacionado com a ausência de efeito das doses de ESA nas variáveis relacionadas às trocas gasosas do morangueiro.

Ainda com relação ao desenvolvimento da cultura, durante o desenvolvimento reprodutivo, que consiste na formação de componentes da flor, como pétalas, estames e pistilos podem apresentar taxas de trocas gasosas menores dependendo do fotoperíodo e temperatura (ANTUNES et al., 2006; MARTINS et al., 2009). Muitos estudos sobre o morango não discriminam entre os vários estágios, o que podem levar a interpretações errôneas sobre os efeitos do tratamento.

No tratamento controle, com exceção de *A* todos os parâmetros de trocas gasosas aumentaram com o tempo (Figura 7), diferente do comportamento da dose de ESA de 8%, que além de apresentar redução das trocas gasosas ao longo das avaliações, foi também o tratamento que apresentou a menor massa do fruto (Figura 6). Outro aspecto que vale destacar é resultado observado para o tratamento 4%, embora não tendo diferido do tratamento controle, resultou em uma produtividade 40,22% maior que o controle (Figura 3).

Nesse sentido, os resultados observados possibilitaram inferir que a aplicação de ESA, em doses acima de 6% resultam em alterações nas trocas gasosas do morango, em avaliações conduzidas em estágio já avançado de produção, com redução no carbono interno, na condutância estomática e na transpiração da planta.

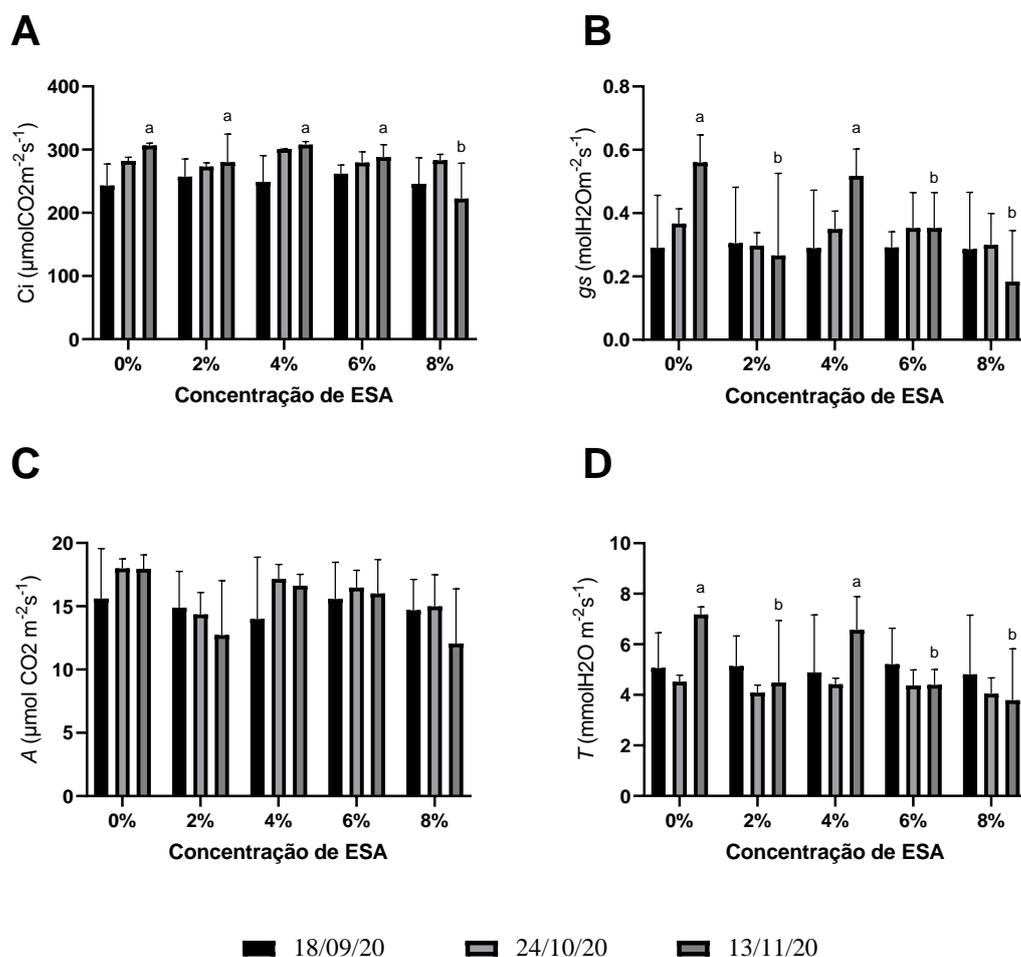


Figura 4. Avaliação das trocas gasosas qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Concentração interna de CO₂ (A), condutância estomática (B), assimilação líquida de CO₂ (C), taxa de transpiração (D).

6.5. índice de clorofilas

A partir de análises utilizando o aparelho clorofiLOG (modelo, marca), foram realizadas duas medições dos morangueiros uma com 40 DAT e outra mais tardia com 80 DAT. Não foi observado variação significativa nos índices de clorofilas *a* e *b* em função das concentrações de ESA aplicados nos morangueiros, assim como no trabalho apresentado por ZHENG et al. (2017) ao aplicar diferentes tipos de bioestimulantes no morangueiro. MACIT et al. (2007) verificaram um índice clorofilas de 30,25 em folhas de morangueiros de diferentes cultivares em condições de cultivo orgânico e convencional, valor semelhante aos encontrados no presente estudo.

A quantidade e a integridade dos pigmentos fotossintéticos podem variar de acordo com a espécie, luminosidade, radiação, calor, oxigênio, alterações enzimáticas e interação com outros pigmentos, seria esperado um aumento da taxa fotossintética nas plantas com tratamento bioestimulante, Spinelli et al. (2010) através da aplicação de um bioestimulante comercial à base de *Ascophillum nodosum* (10ml/20ml de água) em plantas de morangueiro promoveu um aumento de 11 % no teor de clorofilas, o que não foi observado com o ESA. Além disso, os nutrientes que participam do processo de fotossíntese não foram alterados como podemos ver pelas análises de nutrientes dos frutos o que talvez esteja associado ao estágio fisiológico das plantas (Figura 5), era esperado que houvesse uma alteração nutricional, assim como SOUSA et al. (2015) que ao aplicar um biofertilizante bovino foi eficiente na fotossíntese e na transpiração em folhas de morangueiro cultivadas em todos os ambientes estudados, podendo indicar uma interação entre os fatores.

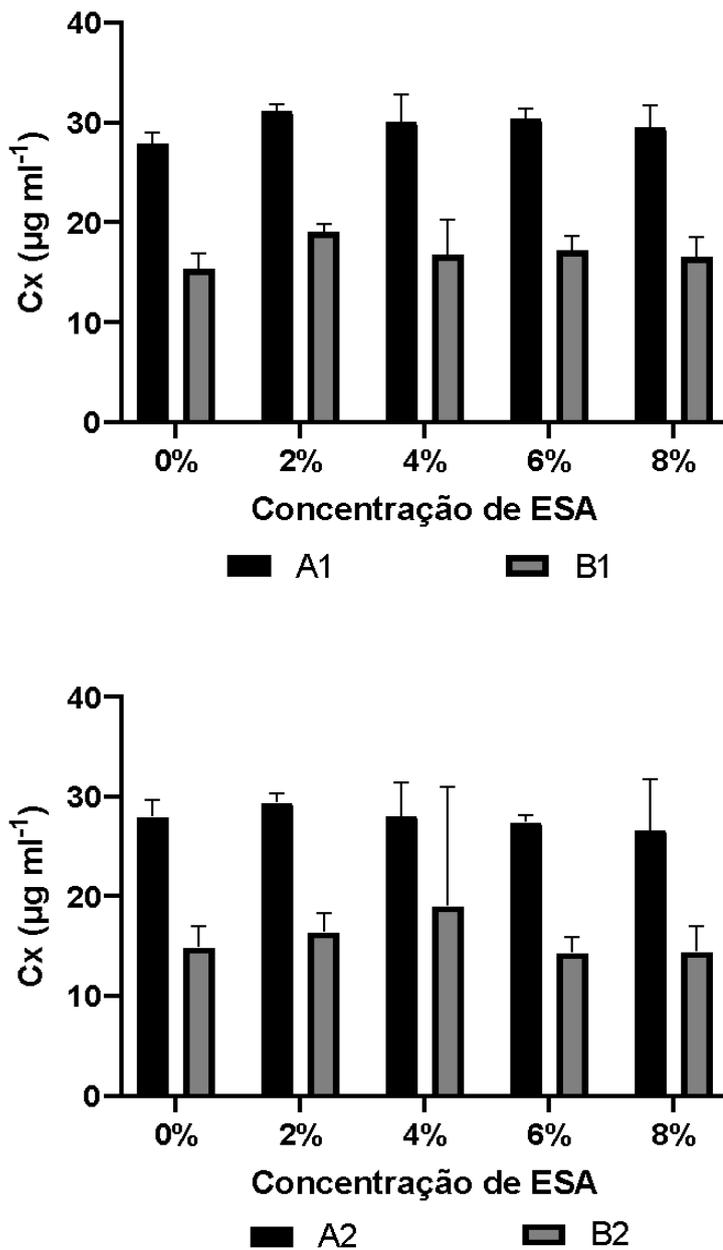


Figura 7. Avaliações de quantidade de clorofilas na cultura do morangueiro sob cultivo protegido, em Brasília-DF. Clorofila A primeira medição, clorofila B primeira medição (A), clorofila A segunda medição, clorofila B segunda medição (B) em morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias.

6.5. Composição nutricional dos frutos

A composição nutricional dos frutos dos morangos manteve-se estável em todas as análises determinada por teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Os seguintes valores médios da composição nutricional (Cinzas (A); lipídeos (B); umidade (C);

carboidratos (D); proteínas (E)) foram apresentados na Figura 6. O teor de cinzas do morangueiro pode variar entre $0,27\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (SOUZA et al., 2014) e $0,81\text{g } 100\text{g}^{-1}$ em base úmida (HOSSAIN et al., 2016), sendo que a média observada no presente trabalho, variou entre $0,7$ a $0,45\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Essa quantidade de cinzas representa os minerais q, com destaque para o potássio, o magnésio, o fósforo, o cálcio e o ferro (SOUZA et al., 2014). O teor proteico do morango pode variar entre $0,50\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (SOUZA et al., 2014) e $1,17\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (HOSSAIN et al., 2016), e no presente trabalho, foi observada uma variação de $0,53$ a $0,66\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

A quantidade de carboidratos, que representam a maior parte da composição do fruto depois da água, no morango varia de $2,13\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (HOSSAIN et al., 2016) a $7,68\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (GIAMPIERI et al., 2012) e no presente trabalho oscilou entre $6,01$ a $8,36\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Os lipídeos, principais constituintes das membranas celulares das plantas, podem variar entre $0,09$ a $0,28\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (NICOLE et al., 2021) e no presente trabalho variou entre $0,10$ a $0,16\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Em seu trabalho ZANDONADI et al., (2019) reportaram pela primeira vez os efeitos da N-isopropildecanamida na atividade da H^{+} -ATPase da membrana plasmática em raízes de plântulas de milho ao compará-los aos efeitos causados por ácidos húmicos. A N-isopropildecanamida foi detectada na fração não ligada do conjunto supramolecular húmico, indicando que os supostos efeitos hormonais dessas substâncias decorrem também da presença dessa nova classe de reguladores vegetais, além de outras moléculas que podem estar presentes no ESA. A umidade representa 95% da composição do fruto podendo influenciar no sabor pela diluição de seus componentes (BOVI et al., 2018), a umidade observada variou entre $91,05$ no tratamento 8% a $93,52$ no tratamento 6%.

Portanto, independentemente da quantidade de ESA aplicado nos morangueiros a qualidade do fruto se manteve, não comprometendo a composição dos frutos.

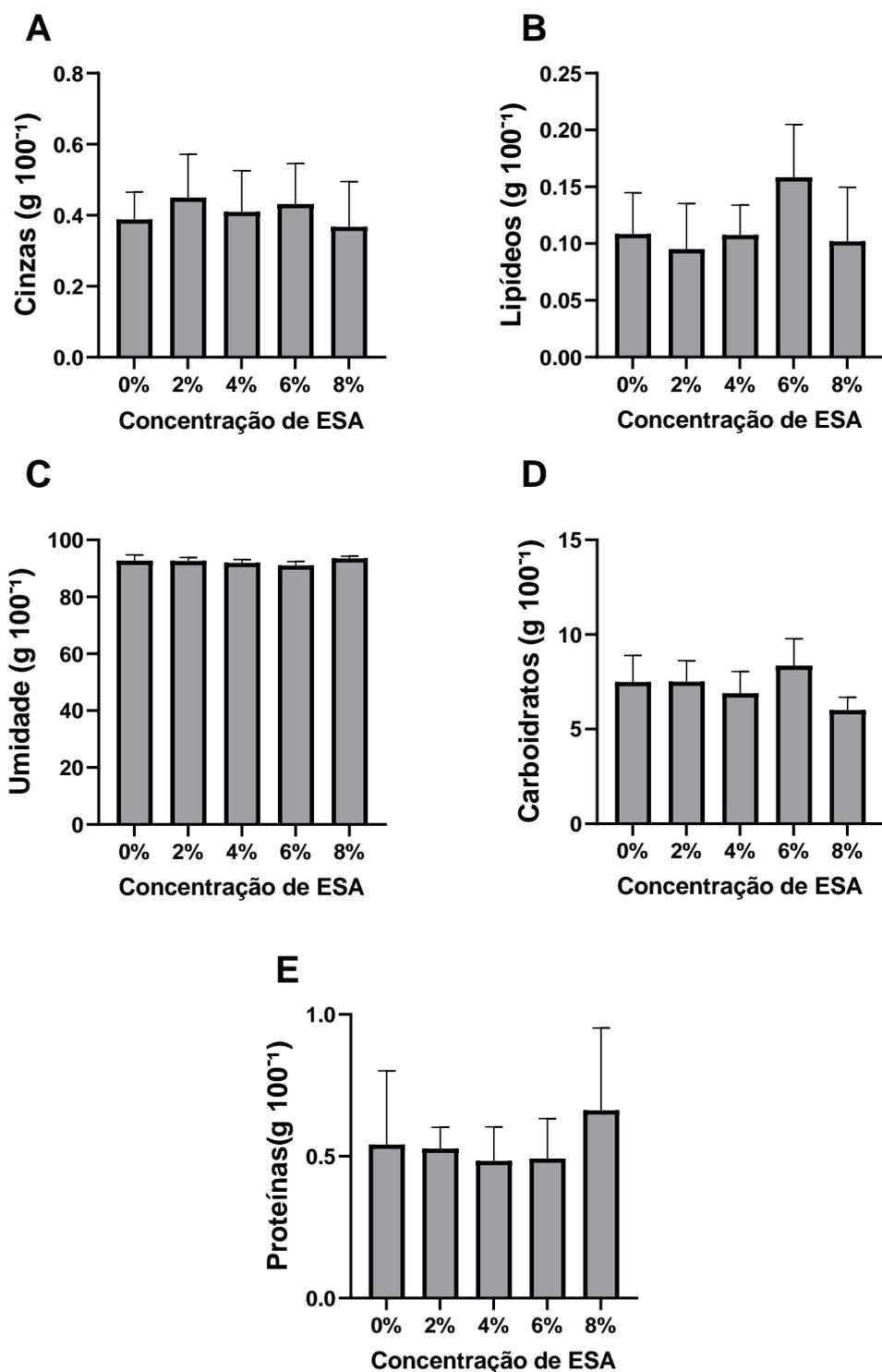


Figura 5. Avaliação da qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Cinzas (A), Lipídios (B), Teores de Umidade (C), Carboidratos (D) e Proteínas (E) de morangos em função de concentrações de ESA.

6.6. Qualidade dos frutos de morango

A aplicação semanal de ESA sobre a qualidade do fruto do morango mostraram parâmetros estáveis em grande parte das análises de qualidade dos frutos realizados com as polpas de morango, apresentando significância apenas no SST/AT, analisado por teste de Scott Knott a 5% de probabilidade (Figura 7C), que está associado a quantidade de sólidos solúveis e acidez total dos frutos. Este parâmetro influencia diretamente o sabor do fruto, onde seu valor alto gera um fruto mais doce, e o mais baixo um sabor mais ácido. RESENDE et al. (2008) observaram que morangos com maior relação SST/ATT são preferidos pelo consumidor. O sabor do morango está condicionado, principalmente, pelo balanço entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (KROLOW E SCHWENGBER, 2007). Uma alta relação SST/ATT confere às frutas um melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, conferindo sabor mais agradável, tornando-as mais atrativas. Foi observado que o tratamento de 8% apresentou alta significativa com um acréscimo de 22,80% de sua relação SST/AT comparado com o tratamento controle (0%). Provavelmente, o tratamento com maior relação SST/AT terá melhor aceitação pelos consumidores. Já os parâmetros SST, pH e AT não apresentaram variação, como já citado, o que indica que o ESA não compromete a qualidade do fruto para esses fatores. A dose de 8% foi a que obteve a menor produtividade e os parâmetros de trocas gasosas também menores o que foi compensado melhorando a qualidade do fruto, fatores como clima, manejo da nutrição e irrigação, estresses e métodos de conservação interferem na produção de açúcares e de ácidos das frutas (JUNIOR et al., 2016). O MAPA estipula uma relação mínima de SST/AT de 8,15 para polpas de morangos comerciais. No entanto a relação SST/AT foi inferior à média aceitável para a cultura, variando entre 3,82 e 5,34 (Figura 6C). O valor baixo da relação citada se teve devido ao alto valor obtido de AT que teve uma média de 1,20 g 100 g⁻¹ de ácido cítrico, mais alta que a observada em outros experimentos com morango 7,25 a 18,2 (ANTUNES, 2013; JUNIOR et al.,2016; NICOLE et al., 2021). Portanto, apesar de o estresse causado pelo ESA ter melhorado a relação SST/AT, essa melhoria não se justifica quando comparada a perda de produtividade (Figura 3).

Para o pH, por sua vez, os valores observados nas concentrações foram semelhantes, entre 3,18 e 3,24 dentro do padrão comercial para a polpa de morango (MAPA, 2018).

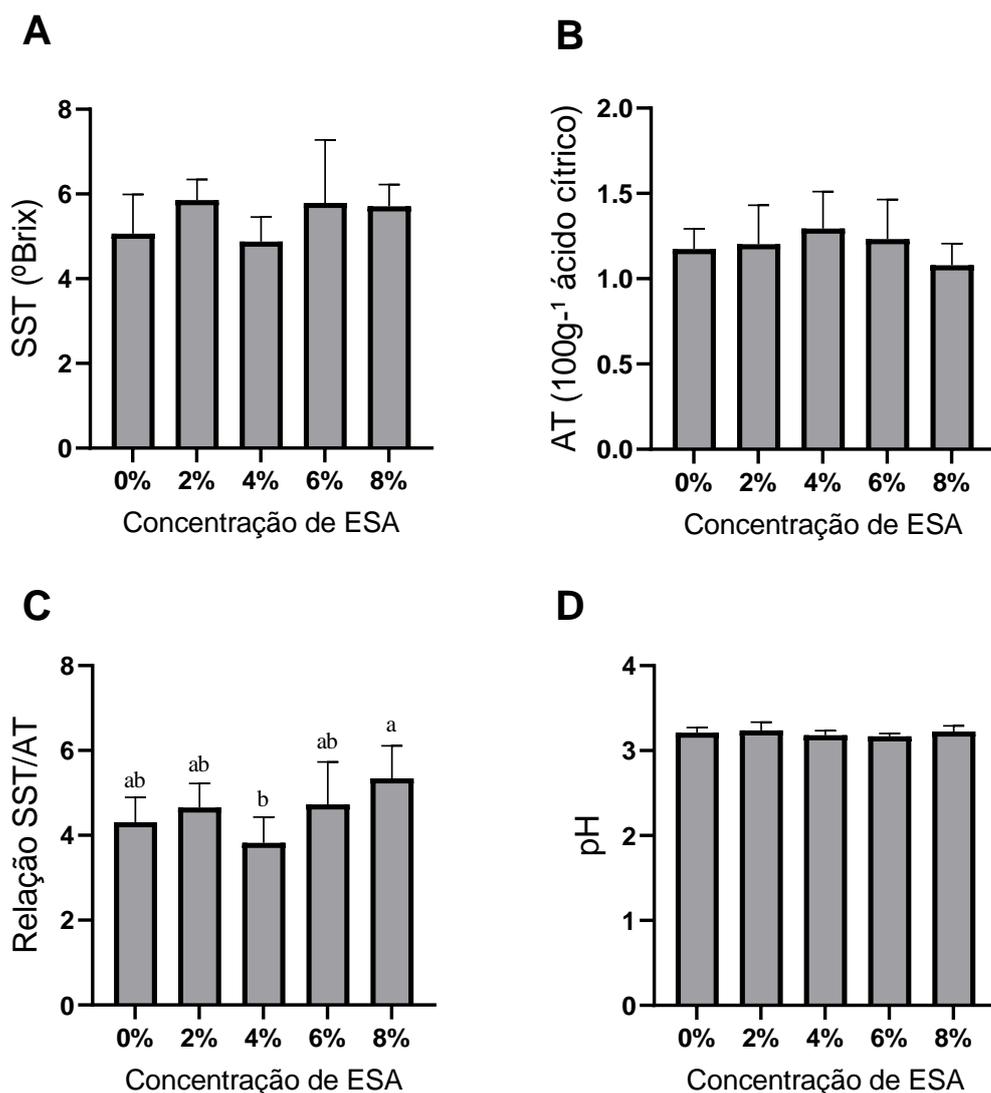


Figura 6. Avaliação da qualidade dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Sólidos solúveis totais (SST) (A), acidez total (AT) (B), relação SST/AT (C) e pH (D).

7. CONCLUSÃO

O ESA é um insumo de baixo custo e fácil obtenção pelos produtores e sua aplicação no morango cultivado em ambiente protegido resultou em estímulo na produção de frutos, com aumento de cerca de 50% na massa e no número de frutos, em resposta a aplicação semanal de ESA a 4%, ainda que não significativa.

O manejo de produção de morango com aplicação semanal de ESA resultou em alterações nas trocas gasosas, em estágio avançado do ciclo da cultura, com destaque para

a dose de 8%, que resultou em redução no carbono interno, condutância estomática e na transpiração das plantas.

Os teores de clorofila das plantas e a composição nutricional dos frutos de morango não foram influenciados pelas doses de ESA.

A relação SST/AT, importante parâmetro de qualidade dos frutos de morango, foi influenciada pela aplicação semanal de doses de ESA, sendo a dose intermediária de 4% relacionada com a menor relação SST/AT.

8. BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 207-225, 1999. doi.org. 10.1016/S0925-5214(98)00086-6.

ABREU J. C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE A. F.; ALVAREZ, V. F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 24, p. 635-647, 2000. doi.org/ 10.1590/S0100-06832000000300016.

ANTUNES, L.E.C.; BONOW, S.; JUNIOR, C.R. Morango, crescimento constante em área e produção, **Anuário de HF**, v. 1, p. 88-92, 2020.

ARANCON, N.; CLEAVE, J.V.; HAMASAKI, R.; NAGATA, K.; FELTS, J. The influence of vermicompost water extracts on growth of plants propagated by cuttings, **Journal of Plant Nutrition**, v. 1, p. 176-185, 2019. doi.org/10.1080/01904167.2019.1659355.

ASSOCIATION Of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry**. Arlington, Virginia: AOAC, 2002.

BALMORI, D.M.; DOMÍNGUEZ, C.Y.A.; CARRERAS, C.R.; REBATOS, S.M.; FARIÁS, L.B.P.; IZQUIERDO, F.G.; BERBARA, R.L.L.; GARCÍA, A.C. Foliar application of humic liquid extract from vermicompost improves garlic (*Allium sativum* L.) production and fruit quality, **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 8, p. 103–112, 2019. doi.org/10.1007/s40093-019-0279-1.

BOONYAKIAT, D.; CHUAMUANGPHAN, C.; MANIWARA, P.; SEEHANAM, P. Comparison of physico-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages. *International Food Research Journal*, v. 23, p. 2405–2412, 2016.

BUSATO, J.G.; ZANDONADI, D.B.; SOUSA, I.M.; MARINHO, E.B.; DOBBSS, L.B.; MÓL, A.R. Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Callophyllum brasiliense*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 161–168, 2016. doi.org. 10.4336/2016.pfb.36.86.1024.

BUSATO, J.G.; de CARVALHO, C.M.; ZANDONADI, D.B.; SODRÉ, F.F.; MOL, A.R., OLIVEIRA, A.L.; NAVARRO, R.D. Recycling of wastes from fish beneficiation by composting: chemical characteristics of the compost and efficiency of their humic acids in stimulating the growth of lettuce. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 35811–35820, 2018. doi.org/10.1007/s11356-017-0795-3.

BOVI, G.G.; CALEB, O.J.; KLAUS, E.; TINTCHEV, F.; RAUH, C.; MAGAJAN, P.V. Moisture absorption kinetics of Fruit Pad for packaging of fresh strawberry. **Journal of Food Engineering**, v.223, n.1, p.248–254, 2018.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil**, v. 383, p. 3–41, 2014. doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8

CAMARGO, L.K.P.; RESENDE, J.T.V. de; GALVÃO, A.G.; CAMARGO, C.K.; BAIER, J.E. Desempenho produtivo e massa média de frutos de morangueiro obtidos de diferentes sistemas de cultivo. **Revista Ambiente**, v. 6, p. 281-288, 2010.

CANELLAS, L.P.; CANELLAS, N.O.A.; da S. IRINEU, L.E.S.; OLIVARES, F.L.; PICCOLO, A. Plant chemical priming by humic acids. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. v. 7, p. 12, 2020. doi.org/10.30945/rcr-v20i2.305

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q.; MENDES, F.Q.; TAVARES, L.F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 1-6, 2020. dx.doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s46.

CERUTTI, P. H.; SANTOS, M. Desafios do cultivo De Morangueiro No Brasil, Departamento de Agronomia, Programa de pós-graduação em Produção Vegetal Universidade do Estado de Santa Catarina (UNESC). **Revista Tecnocientífica**, v. 20, n. 2, p. 236-252, 2018. doi.org/10.30945/rcr-v20i2.305.

CHOWDHURY, A.K.M.M.B.; KONSTANTINOU, F.; DAMATI, A.; AKRATOS, C.S.; VLASTOS, D.; TEKERLEKOPOULOU, A.G.; VAYENAS, D.V. Is physicochemical evaluation enough to characterize olive mill waste compost as soil amendment? The case of genotoxicity and cytotoxicity evaluation. **Journal of Cleaner Production**. v. 93, p. 94–102, 2015. doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.029.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Biostimulants in horticulture, **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 1-2, 2015. doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044.

CONSELVAN, G.B.; FUENTES, D.; MERCHANT, A.; PEGGION, C.; FRANCIOSO, O.; CARLETTI, P. Effects of humic substances and indole-3-acetic acid on Arabidopsis sugar and amino acid metabolic profile. **Plant Soil** v. 426, p. 17–32, 2018. doi.org/10.1007/s11104-018-3608-7.

DEKKERA, J.P.; BOEKEMA, E.J. Supramolecular organization of thylakoid membrane proteins in green plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1706, p. 12-39, 2005.

DIAS, C. N., MARINHO, B., ARRUDA, R. S., SILVA M. J., EDNÂNGELO D. PEREIRA, E. D., FERNANDES, N. V. Produtividade e qualidade do morangueiro sob dois ambientes e doses de biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, p.961–966, 2015. doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p961-966

DOBBSS, L.B.; SANTOS, T.C.; PITTARELLO, M.; SOUZA, S.B.; RAMOS, A.C.; BUSATO, J. G. Alleviation of iron toxicity in Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) by humic substances. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 9416–9425, 2018. doi.org/10.1007/s11356-018-1193-1.

DONG, C.; WANG, G.; DU, M.; NIU, C.; ZHANG, P.; ZHANG, X.; MA, D.; MA, F.; BAO, Z. Biostimulants promote plant vigor of tomato and strawberry after transplanting. **Scientia Horticulturae**, v. 267, p. 109355, 2020. doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109355.

DRIEVER, S.M.; LAWSON, T.; ANDRALOJC, P.J.; RAINES, C. A., PARRY, M.A. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 1–15, 2014.

DURNER, E.F. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) plug plants. **Scientia Horticulturae**, v.194, p.154–159, 2015.

ESTEVEZ, C.F.M. - Utilização do composto orgânico de larvas da *Hermetia illucens* como fertilizante em alface. **Universidade de Lisboa**, p. 91. 2020.

EVANS, J.R.; KALDENHOFF, R.; GENTY, B.; TERASHIMA, I. Resistances along the CO₂ diffusion pathway inside leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 2235–2248, 2009.

FAYED, T.A. Effect of compost tea and some antioxidant applications on leaf chemical constituents, yield and fruit quality of pomegranate. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 4, p. 402-411, 2010.

FAOSTAT, 2019. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em <<http://www.fao.org/>> Acesso em 01 de mai. 2021.

FELEAFEL, M.N.; MIRDAD, Z.M. Ameliorating tomato productivity and water-use efficiency under water salinity. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 24, p. 302–309, 2014.

FERLA, N.J.; MARCHETTI, M.M.; GONCALVES, D. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. **Instituto Virtual da Biodiversidade**, v. 7, n. 2, 2007.

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2021. O mercado dos bioestimulantes
www.fortunebusinessinsights.com. Disponível em <
<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biostimulants-market-100414> >Acessado em 30 de abr. 2021.

FRANCIS, F.J. The origin of tan-1 a/b. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 412, 1975.

FURLANI, P.R.; JÚNIOR, F.F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido, 2º Simpósio do morango. 1º Encontro do frutas nativas. **Embrapa Clima Temperado**, v. 1, p. 102-115, 2004.

GAO, M., LI, B., YU, A., LIANG, F., YANG, L., SUN, Y. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1899–1903, 2010. doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.027.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v.28, n.1, p.9–19, 2012. doi.org 10.1016/j.nut.2011.08.009

GOPI, R.; AVASTHE, R. K., KALITA, H.; YADAV, A.; DAS, S. K.; RAI, D. Eco-friendly management of tomato late blight using botanicals, bio-control agents, compost tea and copper fungicides **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 90, p. 35–9, 2020.

GOYAL, R. K.; REDDY, G. C. Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and biofertilizers inoculation under greenhouse conditions, **Journal of Plant Nutrition**, v. 1, p.46-58, 2020. doi.org. 10.1080/01904167.2020.1806301

GROCHEVESKI, Wellington Lucas. Extrato aquoso de vermicomposto associado a aplicação de microrganismos eficazes no crescimento de mudas de alface. **Universidade de Brasília**. 2020.

HANCOCK, J. F. Structural and Developmental Physiology. Strawberries. Wallingford, UK: **CABI Publishing**, 1999.

HARGREAVES, J.C.; ADL, M.S.; WARMAN, P.R. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. **Compost Science e Utilization**, v. 17, p. 85-94, 2009. doi.org. 10.1080/1065657X.2009.10702406.

HOSSAIN, A.; BEGUM, P.; ZANNAT, M.S; RAHMAN, M.H.; AHSAN, M.; ISLAM, S.N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. **Food Chemistry**, v.199, n.1, p.648–652, 2016.

IBGE, 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1706>>, acessado em 29 de abr. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, v. 1, p. 1020, 2010.

JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015. doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021.

JINDO, K.; OLIVARES, F.L.; MALCHER, D.J.D.P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; KEMPENAAR, C.; CANELLAS, L.P. From lab to field: role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 426, 2020. doi.org. 10.3389/fpls.2020.00426.

KADER, A.A.; BEN-ARIE, R.; PHILOSOPH-HADAS, S. Quality assurance of harvested horticultural perishables. Proceedings of the fourth International Conference on posharvest science. **International Society for Horticultural Science**, v. 553, n. 1, p. 51-55, 2001.

KROLOW, A. C.; SCHWENGBER, J. Avaliações físicas e químicas de morango cv. aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p. 1732-1735, 2007.

LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMÍNGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, v. 72, p. 1013–1019, 2008. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.016

LIGUORI, L.; PANE, C.; ALBANESE, D.; CELANO, G.; ZACCARDELLI, M.; MATTEO, M. D. Compost and compost tea management of mini watermelon cultivations affects the chemical, physical and sensory assessment of the fruits. **Agricultural Sciences**, v. 6, n. 1, 2015. doi.com. 10.4236/as.2015.61009.

LIMA, M.A.; CALEGARIO, F.F.; SILVA, A.V.C.; SCAPIM, M.S. Qualidade do morango cultivado sob diferentes sistemas de produção. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 55125-55134. 2020.

LITTLE, A. Off on a tangent. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 410-411, 1975.

MACIT, I., KOC, A, GULER, S., DELIGOZ, I. Yield, quality, and nutritional status of organically and conventionally grown strawberry cultivars. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1131-1136, 2007. doi.com. 10.3923/ajps.2007.1131.1136

MANGNABOSCO, M.C.; GODOY, W.I.; MAZZARO, S.; CITADIN, I.; FARINACIO, D.; BORSATTI, F.; BORSATTI, F. Avaliação das características químicas de seis cultivares de morangueiro na região sudoeste do Paraná. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 5456-5461, 2008.

MAPA, **Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento**. M. D. (27 do 7 de 2006). Instrução Normativa SDA Nº 27, 05 de junho de 2006.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. M665m Brasil. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília, 240 p. 2017.

MAHMOUD, E.; EL-GIZAWY, E.; GERIES, L. Effect of compost extract, N₂-fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. **Agron. Soil Sci**. v. 61, p. 185–201. 2014.

MASKAN, M. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v. 48, p. 169-175, 2001.

MCLELLAN, M.R.; LIND, L.R.; KIME, R.W. Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant hunter L, a, b data. **Journal of Food Quality**, v. 18, p. 235-240, 1995.

MORALES-QUINTANA, L.; RAMOS, P. Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*): An integrative and comprehensive review. **Food Research International**, v. 119, p. 769–776, 2018. doi.org. 10.1016/j.foodres.2018.10.059.

MOZDZER, T.J.; ZIEMAN, J.C. Ecophysiological differences between genetic lineages facilitate the invasion of non-native *Phragmites australis* in north American Atlantic coast wetlands. **Journal of Ecology**, v. 98, p. 451–458, 2010.

NAIDUA, Y.; MEON, S.; SIDDIQUI, Y. Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. **Scientia Horticulturae**. v. 159, p. 33-40, 2013. doi.org/10.1016/j.scienta. 2013.04.024.

NELSON, D.J.; ASAY, K.H.; HORST, G.L. Relationship of leaf photosynthesis to forage yield of tall fescue. **Crop Science**, Madison, v. 15, 1975. p. 476-478.

NUNES, R.O.; DOMICIANO, G.A.; ALVES, W.S.; MELO, A.C.A.; NOGUEIRA, F.C.S.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; ZINGALI, R.B.; SOARES, M.R. Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. **Scientific Reports**, v. 9, p. 12019, 2019. doi.org. 10.1038/s41598-019-48509-2.

OMAR, A.E.D.K.; BELAL, E.B.; EL-ADB, A.E.N. Effects of foliar application with compost tea and filtrate biogas slurry liquid on yield and fruit quality of Washington navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck) trees. **Journal of the Air and Waste Management Association**, v. 62, p. 767-772, 2012. doi.org. 10.1080/10962247.2012.676381.

OLIVEIRA, A. J. M. Growth of strawberry and sweet potatoes under bioestimulants application. **Universiade Federal de Lavras – MG**. 120 p. 2020

ONWOSI, C.O.; IGBOKWE, V.C.; ODIMBA, J.N.; EKE, I.E.; NWANKWOALA, M.O.; IROH, I.N.; EZEUGU, L.I. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environment Management**, v. 190, p. 140–157, 2017. doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051

PANE, C.; PALESE, A.M.; CELANO, G.; ZACCARDELLI, M. Effects of compost tea treatments on productivity of lettuce and kohlrabi systems under organic cropping management. **Italian Journal of Agronomy**, v. 9, p. 596, 2014. doi.org/10.4081/ija.2014.596.

PEREIRA, T.S.; MACÊDO, A.G.; SILVA, J.; PINHEIRO, J.; PAULA, A.M.; BISCAIA, D.; BUSATO, J.G. Water-extractable fraction of vermicomposts enriched with *Trichoderma* enhances the growth of bell pepper and tomato as well as their tolerance against *Meloidogyne incognita*. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109536, 2020.

PEREIRA, L.F. Validação de sensores e avaliações fisiológicas em soja suprida com polímero superabsorvente e pó de rocha sob regimes hídricos variáveis. Brasília: **Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília**, Tese de Doutorado, 153 p., 2020.

PEREIRA, L. F., RIBEIRO JUNIOR, W. Q., RAMOS, M. L. G., SANTOS, N. Z. D., SOARES, G. F., CASARI, R. A. D. C. N.; SOUSA, C. A. F. D. Physiological changes in soybean cultivated with soil remineralizer in the Cerrado under variable water regimes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 56. 2021

PENG, X.; WANG, B.; WANG, X.; Ni, B.; ZUO, Z. Effects of different colored light-quality selective plastic films on growth, photosynthetic abilities, and fruit qualities of strawberry. **Horticultural Science and Technology Journal**, v. 38, p. 12, 2020.

PIEIDADE, M.A.; OLIVARES, F.L.; MÉDICI, L.O.; TORRES-NETO, A.; DOBBS, L.B.; CANELLAS, L.P. Mixed rhizobia and *Herbaspirillum seropedicae* inoculations with humic acid-like substances improve water-stress recovery in common beans. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, p. 6, 2017. doi.org/10.1186/s40538-017-0090-z

PING, M.A.; TUAN-HUI, B.A.I.; FENG-WANG, M.A. Effects of progressive drought on photosynthesis and partitioning of absorbed light in apple trees. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, p. 681–690, 2015.

PINTON, R.; CESCO, S.; De NOBILI, M.; SANTI, S.; VARANINI, Z. Water- and pyrophosphate-extractable humic substances fractions as a source of iron for Fe-deficient cucumber plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 26, p. 23–27, 1997. doi.org/10.1007/s003740050337.

PINTON, R.; CESCO, S.; IACOLETTIG, G.; ASTOLFI, S.; VARANINI, Z. Modulation of NO₃ uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H⁺ATPase. **Plant and Soil**, v. 215, p. 155–161, 1999. doi.org/10.1023/A:1004752531903.

RADIN, A. M.; WARMAN, P. R. Effect of municipal solid waste compost and compost tea as fertility amendments on growth and tissue element concentration in container-grown tomato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 1, p. 1349-1362, 2011. doi.org/10.1080/00103624.2011.571742.

RAMOS E. G.; AMANDA SORAYA FREITAS CALVET A. S. F.; MARINHO A. B.; ARRUDA R. S.; XAVIER W. P. Trocas gasosas em morangueiro sob diferentes doses de biofertilizante em duas condições de ambientes. **Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira** (2016)

RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C.; TREVISAN, R., DIAS, E.G. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. Simposio Nacional do morango. Encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul. **Embrapa Clima Temperado**, v. 1, p. 296, 2004.

REZENDE, J. T. V. R (UEL), agroinsight.com.br, 2020. Brasil importa mais de 70% das mudas de morango cultivadas. Disponível em < https://agroinsight.com.br/brasil-importa-mais-de-90-das-mudas-de-morango-cultivadas/#_ftn1> Acessado em 01 de mai. 2021.

RICHTER, A.F.; RAMOS, R.F.; ROHRIG, B.; TONIN, J.; MACHADO, J.T.M. Crescimento vegetativo de morangueiro através do uso de promotores de crescimento. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, p. 76-81, 2019.

ROOMI, S.; MASI, A; CONSELVAN, G. B.; TREVISAN, S.; QUAGGIOTTI, S.; PIVATO, M.; ARRIGONI, G.; YASMIN, T.; CARLETTI, P. Protein profiling of *Arabidopsis* roots treated with humic substances: Insights into the metabolic and interactome networks. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1812, 2018. [doi.org.10.3389/fpls.2018.01812](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01812).

SANTINI, G.; BIONDI, N.; RODOLFI, L.; TREDICI, M.R. Plant Biostimulants from Cyanobacteria: An Emerging Strategy to Improve Yields and Sustainability in Agriculture. *Plants* (Basel). **Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence, Piazzale delle Cascine, 18, 50144 Florence, Italy**. v. 10, p. 643, 2021. [doi.org.10.3390/plants10040643](https://doi.org/10.3390/plants10040643).

SHASTA NURSERY. Strawberry Variety Info. Disponível em: <<http://www.calnursery.com/variety.html>>. Acessado em 01 de jul. de 2019.

SILVA, F.M. O.; LICHTENSTEIN, G.; ALSEEKH, S.; ROSADO-SOUZA, L.; CONTE, M.; SUGUIYAMA, V.F.; LIRA, B.S.; FANOURLAKIS, D.; USADEL, B.; BHERING, L.L., DaMatta, F.M.; SULPICE, R.; ARAÚJO, W.L.; ROSSI, M.; SETTA, N.; NUNES-NESI, A. The genetic architecture of photosynthesis and plant growth-related traits in tomato. **Plant Cell and Environment**, v. 41, p. 327–341, 2018. doi.org/10.1111/pce.13084.

SOPPELSA, S.; KELDERER, M.; CASERA, C.; BASSI, M.; ROBATSCHER, P.; MATTEAZZI, A.; ANDREOTTI, C. Foliar applications of biostimulants promote

growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. **Agronomy**, v. 9, p. 219, 2019. doi.org/10.3390/agronomy9090483.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. Manual de Horticultura Orgânica. **Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 560, 2003.

SOUZA, V.R.; PEREIRA, P.A.P.; SILVA, T.L.T.; LIMA, L.C.O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v.156, n.1, p.362–368, 2014. doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125

SOUZA, J.L. Avaliação de cultivares de morangueiro em cultivo orgânico. Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. **Incaper**. p. 33-36, 2005.

SOUZA, G. G.; SANTOS, E. M.; VIANA T. V. A.; MONTEIRO, F. J.F.; GALVÃO A. H.; MARTINS L. F. Trocas gasosas em morangueiro cultivados em diferentes ambientes e doses de biofertilizante bovino. **III Inovagri International Meeting**, p. 2669-2675, 2015. doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a287.

STAUDT, G. The origin and history of the large-fruited garden strawberry, *Fragaria × ananassa*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 31, p. 212–218, 1961.

SCHUCH, S. M. L; BARROS, I. B. I. Caracterização agronômica de cultivares de morangueiro na região da depressão central no RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.16, p.59-65, 2010.

TALEI, D. Photosynthesis and antioxidative systems of *Andrographis paniculata* as affected by compost tea rates. **Journal of medicinal plants and by-products**, v. 7, p. 221-227, 2018. doi.org. 10.22092/JMPB.2018.118150.

ULRICH, D.; KOMES, D.; OLBRICHT, K.; HOBERG, E. Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, p. 1185–1196, 2006. doi.org. 10.1007/s10722-006-9009-4.

VIGNOLO, G. K.; ARAÚJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v. 41, n.10, 2011. doi.org/10.1590/S0103-84782011001000013.

VILLECCO, D.; PANE, C.; RONGA, D.; ZACCARDELLI, M. Enhancing Sustainability of Tomato, Pepper and Melon Nursery Production Systems by Using Compost Tea Spray Applications. **Agronomy MDPI**, v. 10, p. 1336, 2020. doi.org. 10.3390/agronomy10091336.

VUJINOVIĆ, T.; ZANIN L.; VENUTI, S.; CONTIN, M.; CECCON, P.; TOMASI, N.; PINTON, R., cesco, s., nobili, m. biostimulant action of dissolved humic substances from a conventionally and an organically managed soil on nitrate acquisition in maize plants. Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali, University of Udine, Udine, Italy. **Faculty of Science and Technology**, Free University of Bolzano, Bolzano, Italy, v. 10, p. 1652, 2020. doi.org/10.3389/fpls.2019.01652.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.

WILSON, K.B.; BALDOCCHI, D.D.; HANSON, P.J. Leaf age affects the seasonal pattern of photosynthetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. **Plant Cell and Environment**, v. 24, p. 571-583, 2001

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comm. **Advances in plant and soil science**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZACCARDELLI, M., PANE, C.; VILLECCO, D.; PALESE, M.A.; CELANO, G. Compost tea spraying increases yield performance of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouse under organic farming system. **Italian Journal of Agronomy**, v. 13 p. 991, 2018.

ZANDONADI, D.B.; BUSATO, J.G. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators, **Journal of Environmental Science and Engineering Research**, v. 3, p. 73-84, 2012. ISSN: 0976-3708.

ZANDONADI, D.B.; MATOS, C.R.R.; CASTRO, R.N.; SPACCINI, R.; OLIVARES, F.L.; CANELLAS, L.P. Alkamides: a new class of plant growth regulators linked to humic acid bioactivity. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture volume**, v. 6, p. 23, 2019. doi.org/10.1186/s40538-019-0161-4.

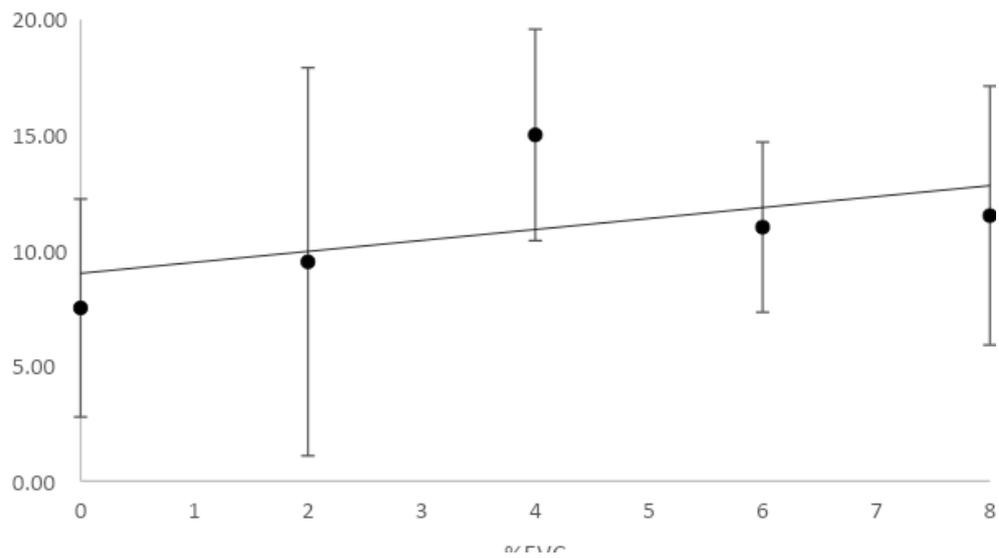
ZANIN, L.; TOMASI, N.; ZAMBONI, A.; SEGA, D.; VARANINI, Z. Water-extractable humic substances speed up transcriptional response of maize roots to nitrate. **Environmental and Experimental Botany**, v. 147, p. 167-178, 2018. doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.12.014.

ZEIST, A.R.; RESENDE, J.T.V.; LIMA, R.B.F.; GABRIEL, A.; HENSCHER, J.M.; SILVA, I.F.L. Phenology and agronomic components of first and second-cycle strawberry. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 029-034, 2019. doi.org/10.1590/S0102-053620190104.

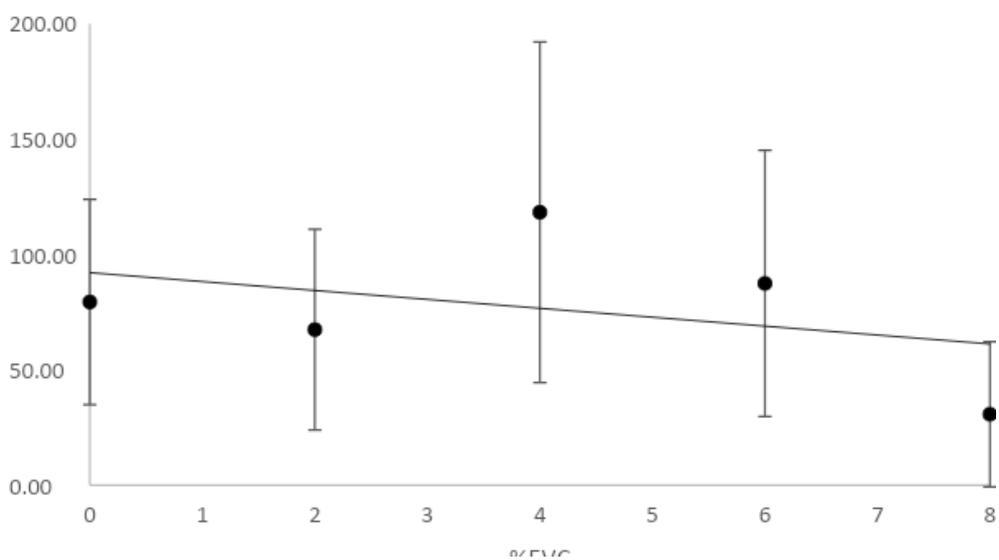
ZOUNDI, Z. CO₂ emissions, renewable energy and the environmental kuznets curve, a panel cointegration approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 1067-1075, 2017.

Anexo

A



B



Anexo 1. Avaliação da produtividade e avaliações biométricas dos frutos de morangos em função da concentração de ESA. Barras representam o desvio padrão das médias. Número de frutos por planta (A), Massa acumulada (B).