



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

**LARA DAYRELL LAGES MATIAS**

**BIOCHAR DE LODO DE ESGOTO E COMPOSTO**  
**ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ**  
**AZEDO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BRASÍLIA-DF**

**2022**

**LARA DAYRELL LAGES MATIAS**

**BIOCHAR DE LODO DE ESGOTO E COMPOSTO  
ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ  
AZEDO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Bassay Blum

**BRASÍLIA-DF**

**2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

MATIAS, Lara Dayrell Lages.

Biochar de lodo de esgoto e composto orgânico na produção de mudas de maracujá azedo / Lara Dayrell Lages Matias – 2022.

46 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Luiz Eduardo Bassay Blum.

1. composto orgânico. 2. biochar. 3. substrato. 4. IQD. I. Blum, Luiz Eduardo Bassay, orient. II. Título.

---

### **CESSÃO DE DIREITOS**

Nome da Autora: Lara Dayrell Lages Matias

Título: Fontes de fertilizantes orgânicos na produção de mudas de maracujá azedo

Ano: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva-se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte deste relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

*Este trabalho é dedicado aos meus pais Lenise e  
Neusmar, e à minha avó Lêda Maria, que  
sempre me apoiaram nesta minha jornada.  
Eles tornaram o sonho possível.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me guiar e iluminar meu caminho com pessoas incríveis e vivências maravilhosas.

Agradeço à minha mãe Lenise Maria Dayrell Lages e ao meu pai Neusmar Sebastião Matias por nunca terem duvidado de mim e por sempre terem me apoiado nas minhas escolhas. Por se fazerem presentes apesar da distância.

Agradeço à minha avó Lêda Maria Dayrell Lages que me abrigou e me amou por todos estes anos e que me permitiu viver este sonho.

Agradeço à irmã Marina, à minha madrinha Lucivane, meu tio e Engº Agrônomo Carlos Fernando e à toda minha família de Goiânia e de Brasília que sempre me apoiaram.

Agradeço aos amigos que fiz na UnB que fazem parte da minha história e que pretendo levar por toda a minha vida. Agradeço os momentos, risadas e perrengues.

Agradeço imensamente à minha amiga Natália que esteve comigo desde o início de tudo, ela que sempre me incentivou e me motivou, ela que levarei por toda a vida.

Agradeço especialmente à minha amiga Maria Clara que é um ser iluminado que todos deveriam ter por perto, a irmã que Deus me permitiu ter e que levarei comigo sempre.

Agradeço aos doutorandos Jonatas e José que tive a honra de ter comigo ao longo desta jornada, eles que foram incríveis sempre, me ajudaram desde o início e me estressaram apenas um pouco. Obrigada por tudo!

Agradeço aos professores da Universidade de Brasília que cumpriram seu papel da melhor forma possível e que me trouxeram até o presente momento. Agradeço especialmente aos professores da FAV que foram um combustível necessário na minha trajetória.

Agradeço ao meu orientador, o Profº Dr. Luiz Eduardo Bassay Blum, por ter aceitado me auxiliar e me acompanhar neste trabalho que marca o fim de um ciclo e o início de muitos que virão.

O meu coração se enche com o sentimento de gratidão.

Obrigada!

## RESUMO

### **Biochar de lodo de esgoto e composto orgânico na produção de mudas de maracujá azedo**

Nas áreas rurais resíduos são produzidos com a criação de animais e produção de alimentos. Nas urbanas há produção de esgoto, o pouco que é tratado gera durante o processo um lodo de alto poder nutritivo, mas com metais pesados e de patógenos. O processo de pirólise possibilitou ao lodo de esgoto (LE) neutralizá-los e eliminá-los, permitindo seu uso como fertilizante. O produto gerado chamado de biochar pode ter como material de origem diversos tipos de biomassa. A produção de mudas depende do uso de um bom substrato. O objetivo deste trabalho foi comparar e analisar os efeitos do uso do biochar de lodo de esgoto produzido a 500 °C e do composto orgânico produzido por compostagem quando utilizados como substrato em diferentes concentrações na produção de mudas de maracujá azedo. Foram avaliados nove tratamentos: 1) testemunha, sem aplicação de BLE ou do COM; 2) BLE a 2,5%; 3) BLE a 5,0%; 4) BLE a 7,5%; 5) BLE a 10,0%; 6) COM a 2,5%; 7) COM a 5,0%; 8) COM a 7,5%; 9) COM a 10,0%. Foram avaliadas as características físicas das mudas: comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca da parte aérea e das raízes, comprimento das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes, Índice de Qualidade de Dickson que determina a qualidade das mudas. Foram avaliados também os pigmentos fotossintetizantes e calculados os teores foliares das clorofilas *a*, *b* e total e dos carotenoides. Constatou-se que as características físicas das mudas e o IQD tiveram resultados superiores com o COM a 10,0% quando comparado com os outros tratamentos e a testemunha. Constatou-se também que as características bioquímicas apresentaram desempenho superior com o tratamento de BLE a 2,5% quando comparado com os outros tratamentos e a testemunha. Tem-se conhecimento que o BLE é composto por alguns micronutrientes que favorecem suas qualidades fotossintetizantes, como o Mn. O BLE possui ótimo desempenho residual no solo, podendo ser observado seu poder fertilizante e condicionante a médio e longo período. O presente trabalho analisou seu desempenho a curto prazo, o que pode ter influenciado o resultado das características físicas das mudas serem inferiores aos resultados do COM. Portanto, conclui-se que o biochar de lodo de esgoto e o composto orgânico podem ser utilizados como fontes de substrato para a produção de mudas de maracujá azedo.

Palavras-chave: composto orgânico, biochar, substrato, IQD.

## ABSTRACT

### **Biochar from sewage sludge and organic compost in the production of sour passion fruit seedlings**

In rural areas, waste is produced from animal husbandry and food production. In urban areas there is production of sewage, the little that is treated generates during the process a sludge of high nutritional power, but with heavy metals and pathogens. The pyrolysis process allowed the sewage sludge (LE) to neutralize and eliminate them, allowing its use as a fertilizer. The generated product called biochar can have different types of biomass as source material. The production of seedlings depends on the use of a good substrate. The objective of this work was to compare and analyze the effects of using biochar from sewage sludge produced at 500 °C and organic compost produced by composting when used as substrate in different concentrations in the production of seedlings of sour passion fruit. Nine treatments were evaluated: 1) control, without application of BLE or COM; 2) 2.5% BLE; 3) 5.0% BLE; 4) 7.5% BLE; 5) 10.0% BLE; 6) COM at 2.5%; 7) COM at 5.0%; 8) COM at 7.5%; 9) COM at 10.0%. The physical characteristics of the seedlings were evaluated: shoot length, stem diameter, number of leaves, shoot and root fresh mass, root length, shoot dry mass and root dry mass, Dickson Quality Index which determines the quality of the seedlings. Photosynthetic pigments were also evaluated and the leaf contents of chlorophylls a, b and total and carotenoids were calculated. It was found that the physical characteristics of the seedlings and the IQD had superior results with the COM at 10.0% when compared to the other treatments and the control. It was also found that the biochemical characteristics showed superior performance with the BLE treatment at 2.5% when compared with the other treatments and the control. It is known that BLE is composed of some micronutrients that favor its photosynthetic qualities, such as Mn. BLE has excellent residual performance in the soil, and its fertilizing and conditioning power in the medium and long period can be observed. The present work analyzed its short-term performance, which may have influenced the result of the physical characteristics of the seedlings being inferior to the results of the COM. Therefore, it is concluded that sewage sludge biochar and organic compost can be used as substrates for the production of sour passion fruit seedlings.

Keywords: organic compost, biochar, substrate, IQD.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – LE IN NATURA (A), FORNO TUBULAR ELÉTRICO (B) E BLE 500 (C).....	22
<b>FIGURA 2</b> – LEIRAS DE COMPOSTAGEM EM PÁTIO COBERTO.....	23
<b>FIGURA 3</b> – DADOS DE TEMPERATURA MÉDIA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA NOS EXPERIMENTOS 1 E 2, OBTIDOS NO INMET. ....	25
<b>FIGURA 4</b> – ESPECTROFOTÔMETRO E EXTRAÇÃO DOS PIGMENTOS .....	27
<b>FIGURA 5</b> – SEPARAÇÃO DO SUBSTRATO DAS RAÍZES. ....	28
<b>FIGURA 6</b> – MÉDIA DO COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS MUDAS (A), DO DIÂMETRO DO CAULE (B) E DO NÚMERO DE FOLHAS (C) DOS DOIS EXPERIMENTOS SOB AS CONCENTRAÇÕES DOS CINCO TRATAMENTOS.....	32
<b>FIGURA 7</b> – MÉDIA DOS TEORES DE CLOROFILA A (A), CLOROFILA B (B), CLOROFILA TOTAL (C) E CAROTENOIDES (D) DAS MUDAS DOS DOIS EXPERIMENTOS SOB AS CINCO CONCENTRAÇÕES.....	33
<b>FIGURA 8</b> – MÉDIA DA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (A), DA MASSA FRESCA DAS RAÍZES (B), DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA (C), DA MASSA SECA DAS RAÍZES (D), DO COMPRIMENTO DAS RAÍZES (E) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON DAS MUDAS DOS DOIS EXPERIMENTOS SOB AS CINCO CONCENTRAÇÕES.....	35
<b>FIGURA 9</b> – ANÁLISES MULTIVARIADAS DO EXPERIMENTO 1.....	37
<b>FIGURA 10</b> – ANÁLISES MULTIVARIADAS DO EXPERIMENTO 2.....	39



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO LODO DE ESGOTO, DO BIOCHAR, DO COMPOSTO ORGÂNICO E DO SOLO UTILIZADOS NESTE EXPERIMENTO. ....	24
<b>TABELA 2</b> – DISCRIMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CADA TRATAMENTO. ....	26
<b>TABELA 3</b> – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS (BLE E COM) NO EXPERIMENTO 1. ....	30
<b>TABELA 4</b> – MÉDIA DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS NO EXPERIMENTO 1. ....	30
<b>TABELA 5</b> – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS NO EXPERIMENTO 2. ....	31
<b>TABELA 6</b> – MÉDIA DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS NO EXPERIMENTO 2. ....	31
<b>TABELA 7</b> – COMPONENTES PRINCIPAIS E A VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS MUDAS DO EXPERIMENTO 1. ....	36
<b>TABELA 8</b> – COMPONENTES PRINCIPAIS E A VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS MUDAS DO EXPERIMENTO 2. ....	37

## **LISTA DE SIGLAS**

BCH – BIOCHAR

BLE – BIOCHAR DE LODO DE ESGOTO

CAESB – COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL

COM – COMPOSTO ORGÂNICO

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

DBC – DELINEAMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS

EEB – ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNB

ETE – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITES NATIONS

IQD – ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON

LE – LODO DE ESGOTO

LATS – LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE SEMENTES

MO – MATÉRIA ORGÂNICA

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

RAFA – REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

SEPE – SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS DO DF

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>14</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
4.1 A FRUTICULTURA NO BRASIL E O CULTIVO DE MARACUJÁ .....	15
4.2 PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ .....	16
4.3 COMPOSTO ORGÂNICO INCORPORADO NO SUBSTRATO.....	17
4.4 LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA .....	18
4.5 PRODUÇÃO E USO DO BIOCHAR .....	19
4.6 QUALIDADE DE MUDAS .....	20
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
5.1 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO BIOCHAR DE LODO DE ESGOTO.....	22
5.2 OBTENÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO.....	23
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS SUBSTRATOS .....	24
5.4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	25
5.5 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	26
5.6 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	27
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
6.1 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E COMPONENTES PRINCIPAIS .....	35
6.1.1 <i>Experimento 1</i> .....	35
6.1.2 <i>Experimento 2</i> .....	37
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras dificuldades enfrentadas pela sociedade em razão do crescimento populacional podemos destacar a maior demanda por alimentos e o aumento na produção de resíduos urbanos e sua destinação imprópria. Visto que grande parte do resíduo urbano gerado ainda é disposto em rios ou aterros sanitários, seu descarte não planejado gera enorme risco à saúde pública e ao meio ambiente. (KATAYAMA, 2015)

No ano de 2010 a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu que é direito essencial do ser humano ter acesso ao sistema de saneamento básico e à água potável. Entretanto 4,2 bilhões de pessoas ainda vivem sem saneamento adequado, mais da metade da população mundial não tem acesso a um sistema de saneamento apropriado (UNICEF e WHO, 2020).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), coleta-se em torno de 67% do esgoto produzido no Brasil, deste total apenas 77,1% recebem tratamento nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), enquanto o restante tem como destino final fossas, rios, lagos, mares e outros escoadouros (SNIS, 2020).

No Distrito Federal a Companhia de Saneamento Ambiental do DF (Caesb) é responsável pelo sistema de coleta e de tratamento de esgoto, operando com 5.169 km de redes e com 15 ETEs. Os tratamentos realizados nas ETEs consistem na remoção das cargas poluentes do esgoto a partir de processos físicos, químicos ou biológicos, permitindo a devolução do produto final tratado ao ambiente.

As ETEs geram durante todo o processo de tratamento um lodo que é um dos resíduos de maior dificuldade de ser manejado devido a quantidade diária gerada e a presença de microrganismos fitopatogênicos. O lodo de esgoto (LE) e sua disposição final gera preocupação em todo o mundo, uma vez que podem contaminar os recursos hídricos e o meio ambiente quando manejados de forma incorreta. Apenas no Distrito Federal aproximadamente 340 toneladas de LE são gerados diariamente, totalizando 124 mil toneladas ao ano (MINUTA – PDSB, 2017).

No Brasil a alternativa mais recente e atualmente utilizada para dispor este LE é no uso agrícola (CASTRO *et al.*, 2015). A legislação brasileira sobre o uso agrícola de LE, definida na resolução n° 375 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2006, impõe limitações para o uso do material em razão do seu potencial de contaminação por metais pesados, organismos patogênicos e contaminantes orgânicos. Esta resolução regulamenta as

concentrações aceitáveis de dosagem para a aplicação no solo (PIRES e ANDRADE, 2014), evitando que seu uso seja negligenciado e que prejudique a saúde humana e o meio ambiente.

Em contrapartida, segundo os critérios da referida resolução do CONAMA, determinou-se que o lodo produzido pela Caesb, por ter origem majoritariamente doméstica, possui níveis seguros destas substâncias químicas de poder contaminante, viabilizando o seu uso para fins agrícolas.

Por ser fonte de nutrientes, matéria orgânica (MO) e por contribuir na qualidade do solo, o LE vem sendo aplicado na agricultura em diversos países (KLEEMANN *et al.*, 2017), sendo utilizado como condicionador nos solos, aumentando a capacidade de retenção de água, a porosidade e a estabilidade dos agregados, sendo também utilizado como matéria-prima na produção de biochar de lodo de esgoto (BLE).

O BCH, também chamado de biocarvão, é um sólido rico em carbono que é obtido a partir do aquecimento de determinada biomassa sob condições controladas de oxigenação, processo este denominado pirólise (SOHI, 2012; SONG, 2012), o qual também produz um material líquido de nome bio-óleo, além de alguns gases (VIEIRA, 2012).

O objetivo principal da transformação da biomassa pelo processo de pirólise é a redução dos agentes patogênicos e dos contaminantes presentes no material de origem, viabilizando sua aplicação no solo como fertilizante (LIU *et al.*, 2014). A biomassa utilizada na produção do BCH pode ser obtida a partir de diversas matérias-primas, podendo ser de origem florestal, a partir de compostagem ou de resíduos urbanos, como é o caso do LE. Diferentes matérias-primas submetidas a diferentes condições podem resultar em produtos com propriedades variadas (HARTLEY *et al.*, 2016).

Comparado com outras matérias-primas, o BCH obtido a partir do LE (BLE) apresenta uma alta concentração dos principais nutrientes presentes no solo, com exceção do potássio (FARIA *et al.*, 2018). Além de possuir muitas características desejáveis para o aumento da produtividade agrícola, o uso do BLE permite um sistema de produção sustentável e com ganhos ambientais e sociais (SHENBAGAVALLI e MAHIMAIRAJA, 2012).

O biochar de lodo de esgoto (BLE) tem sido uma importante fonte de macro e micro nutrientes para culturas de ciclo longo (FARIA *et al.*, 2018) e para culturas de ciclo curto (SOUSA, 2015), além de possuir grande potencial de uso como fertilizante fosfatado ao apresentar altas concentrações de fósforo (P) em sua composição (FRISTÀK *et al.*, 2017), também contribui na correção da acidez do solo, no aumento da capacidade de retenção de água, na estrutura do solo e na sua porosidade (SHENBAGAVALLI e MAHIMAIRAJA, 2012), no estímulo e crescimento da atividade microbiana (AMELOOT *et al.*, 2013), na disponibilidade

de nutrientes próximo as raízes das plantas e na diminuição das emissões de gases de efeitos estufa. Além de todos os benefícios ambientais e nutricionais que o BLE traz, ele pode ser também uma alternativa economicamente mais viável quando comparado aos fertilizantes minerais comerciais.

Uma das maiores limitações na produção de mudas é o custo elevado dos substratos e fertilizantes, encarecendo e inviabilizando seu processo, além do que grande parte dos fertilizantes utilizados é importado. O fósforo é um dos três macronutrientes mais utilizados na adubação brasileira, ficando atrás do nitrogênio e do potássio. Os fertilizantes minerais fosfatados possuem menor aproveitamento pelas culturas agrícolas, visto que os solos brasileiros são mais argilosos, sendo ricos em óxidos de ferro e alumínio, que se ligam quimicamente ao macronutriente e auxiliam na retenção do fósforo e no seu acúmulo no solo, tornando-o quase inacessíveis às plantas ao possuir uma eficiência de aproveitamento de cerca de 50% pelas cultivares, sendo comum a aplicação de mais do que o dobro de fósforo do que é necessário à planta (ALMEIDA *et al.*, 2014).

A cadeia de produção de mudas visa otimizar o custo do produto final e a qualidade das mudas, procurando diferentes composições de substratos para incorporar à produção sem comprometer as funções de boa porosidade, densidade, capacidade de retenção de água, troca catiônica, entre outras (DELARMELINA *et al.*, 2013).

A utilização de resíduos orgânicos na composição de substrato para produção de mudas tem se tornado uma opção interessante, pois estes possuem características ideais ao desenvolvimento dessas mudas e são uma ótima escolha em razão do seu baixo custo e da sua acessibilidade. Diversas biomassas de origem animal e vegetal possuem grande potencial na produção de substrato.

Os resíduos de origem orgânica gerados nas propriedades rurais muitas vezes não possuem destino adequado. A utilização destes compostos como substrato representa uma alternativa para mitigar o impacto causado pelo descarte no meio ambiente e contribui para a diminuição dos custos de produção de mudas, tornando o composto orgânico uma alternativa extremamente vantajosa em vários aspectos.

É importante ressaltar que a produção de mudas é uma das fases primordiais para se obter sucesso em cultivos agrícolas, visto que a qualidade da muda influencia o estabelecimento da planta no campo e, conseqüentemente, a precocidade da produção.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar os efeitos do uso do biochar de lodo de esgoto e do composto orgânico na produção de mudas de maracujá azedo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 1) Identificar qual tratamento proporciona melhor desenvolvimento das características físicas para as mudas de maracujá;
- 2) Identificar qual tratamento proporciona melhores características bioquímicas para as mudas de maracujá;
- 3) Identificar qual o tratamento forneceu as melhores mudas, segundo o Índice de Qualidade de Dickson (IQD);

## **3. HIPÓTESES**

- 1) Os resíduos orgânicos do LE são eficientes constituintes na fabricação de substratos agrícolas e na produção de mudas de maracujá azedo;
- 2) A adição de BLE na composição de substrato agrícola pode influenciar positivamente nas características físico-químicas das mudas de maracujá e do solo;

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A fruticultura no Brasil e o cultivo de maracujá

A fruticultura é um dos setores agrícolas que mais ganha destaque no Brasil, impulsionado por sua diversidade climática e a abundância de áreas agricultáveis, abrange desde frutas *in natura* até as industrializadas que são utilizadas na produção de sucos e néctares (SANTOS *et al.*, 2017).

Atualmente o país é o terceiro maior produtor mundial de frutas, abaixo apenas da China, que lidera o ranking, e da Índia. Juntos, os três são responsáveis por cerca de 46% da produção global (FAO, 2017). O Brasil produz cerca de 40 milhões de toneladas de frutas anualmente, exportando apenas 3% do total, utilizando 2,3 milhões de hectares para produção e gerando 5 milhões de empregos diretos, o que representa cerca de 16% dos empregos no agronegócio (ABRAFRUTAS, 2018).

Com mais de 150 espécies de maracujá, sendo 97% do tipo azedo, o Brasil é o maior produtor e consumidor da fruta, com uma colheita aproximada de 600 toneladas ao ano (IBGE, 2019). A fruta é produzida em todas as regiões do país e em qualquer época do ano, mas possui exigência de temperatura entre 20 e 30°C, fotoperíodo de 11h de luz, não tolera geada e ventos frios e possui exigência hídrica de 800 a 1700 mm bem distribuído durante o ano (COSTA *et al.*, 2018). De acordo com Pio (2003), o maracujá destaca-se na região do cerrado pois encontra ótimas condições para seu desenvolvimento, possuindo diversificada aptidão edafoclimática, rendimento de suco, acidez e boa produtividade.

A família Passifloraceae é originária da América Tropical e tem o Brasil como centro de origem de inúmeras espécies, a espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener, mais conhecida como maracujá azedo, é a principal representante (BARBOSA, 2013).

A região Nordeste é a maior produtora de maracujá tendo como destaque a Bahia, porém, devido ao uso de tecnologias e cultivares superiores às utilizadas no país, o Distrito Federal detém os melhores números de produtividade. Enquanto a média nacional é de 14 ton/ha, o Distrito Federal produz cerca de 30 ton/ha (IBGE, 2021).

Com o cultivo pioneiro em estufa, o Distrito Federal tem se destacado a cada safra. No plantio a campo ocorre uma colheita média de um saco de 12kg por planta, enquanto na estufa é possível colher até três sacos (36kg) por planta e ter uma produtividade de 100ton/ha (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016).



Apesar da importância da cultura no agronegócio brasileiro, a produtividade média nacional é baixa, e uma das estratégias utilizadas para elevar a produtividade é o emprego de mudas de boa qualidade que permita melhor desenvolvimento e precocidade da produção (NASCIMENTO, 2017).

O híbrido de maracujá azedo ‘BRS SC1’ é caracterizado por frutos amarelos, grandes, em formato oblongo, pesando entre 150 e 350 g e com rendimento de polpa de 38%. Possui tolerância a doenças foliares como bacteriose, antracnose e virose (EMBRAPA).

#### **4.2 Produção de mudas de maracujá**

A propagação do maracujazeiro pode ser realizada tanto de forma sexuada e quanto assexuada, mas quase 100% dos pomares comerciais são desenvolvidos com o uso de mudas obtidas a partir de sementes (LIMA, 2013). Busca-se mudas que estejam associadas ao uso de novas tecnologias, manejo de irrigação, instalações adequadas e adubação equilibrada, mantendo sua qualidade e evitando possíveis contaminações com pragas e doenças (GONTIJO, 2017).

Considerando a produção de mudas de qualidade, saudáveis e vigorosas como fator essencial para que a cultura de maracujá obtenha êxito frente ao mercado, faz-se necessário o implemento de boas técnicas em que o substrato é fator determinante no processo (SILVA, 2017). Na fase de viveiro o substrato destaca-se como fator de maior importância para a qualidade das mudas de maracujá.

O substrato é utilizado como substituto da terra para as plantas, por conter uma mistura de minerais e materiais orgânicos ele é um veículo de nutrição para as plantas, além de sustentar suas raízes e servir como meio de crescimento, influenciando no desenvolvimento inicial das plantas.

Prioriza-se o uso de substratos com boas características físicas e químicas, boa estrutura, alta porosidade, consistência, alta capacidade de retenção e disponibilização de água e nutrientes para as plantas (MELO JUNIOR, 2012). O substrato adequado deve permitir boas condições para germinação, emergência e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, permitindo um pós plantio eficiente (OLIVEIRA, 2012).

De maneira geral, os substratos mais adequados são os que possuem baixa densidade, composição físico-química equilibrada, coesão entre as partículas e aderência junto às raízes, sendo características essenciais para o transplante da muda para o pomar (SILVA, 2017). É de extrema importância o conhecimento das características físicas e químicas do material para que

seja possível a elaboração de um substrato que atenda às exigências da cultura e auxilie no bom desempenho das mudas em campo (LEITE *et al.*, 2014).

Os substratos podem ser confeccionados pela mistura balanceada de diferentes componentes de origem animal, vegetal ou sintética, porém, sua composição deve ser determinada especificamente para cada espécie cultivada (ALMEIDA *et al.*, 2014). Para o maracujazeiro tem-se utilizado diversos materiais como substrato na produção de mudas, desde esterco de coelho, caprino, até material vegetal como caule de buriti, casca de arroz, evidenciando a importância do uso de materiais disponíveis em cada região produtora (LIMA *et al.*, 2016).

O uso de materiais orgânicos como substratos alternativos para a produção de mudas está diretamente relacionado com a disponibilidade de materiais regionais que são obtidos facilmente e possuem baixo custo (SANTOS *et al.*, 2015), proporcionando também a reciclagem dos resíduos rurais da região e a internalização dos processos de produção (SILVA, 2017).

### **4.3 Composto orgânico incorporado no substrato**

O sistema de produção orgânica foi criado por volta do início do século XX, surgindo como alternativa de uma produção sustentável e com melhores condições para o agricultor. O termo sistema orgânico é utilizado para identificar um padrão de produção de alimentos e fibras sem uso de defensivo agrícola, insumos químicos, fertilizantes, entre outros.

O aumento da produção e um melhor desenvolvimento das plantas estão relacionados à presença de matéria orgânica no solo, pois ela é responsável pela manutenção da micro e mesovida do solo, além de influenciar nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, mantendo o solo produtivo e com boa formação estrutural (MEDEIROS, 2013). Ela melhora a aeração, a drenagem, o aumento da capacidade de retenção de água, atua como condicionador do solo, melhorando e corrigindo sua toxidez, melhora a capacidade catiônica (CTC) e a adsorção iônica (CALDEIRA *et al.*, 2012).

O composto orgânico é um adubo utilizado por produtores que se apresenta como excelente alternativa para aproveitamento de restos vegetais e animais oriundos de atividade agropecuária. Para obtenção de um composto de qualidade, é necessário combinar resíduos ricos em carbono, como capim, com outros materiais ricos em nitrogênio, como palhada de feijão ou esterco animal (BOLDT, 2014).

Diferente dos fertilizantes sintéticos, os adubos orgânicos disponibilizam os nutrientes no solo de forma gradual, e para isso o material vegetal deve estar bem decomposto. O húmus é produto intermediário de decomposição da matéria orgânica e para que chegue ao estado de húmus, a matéria orgânica “crua” deve passar pela compostagem.

Dentro do processo de compostagem adiciona ao esterco outros materiais como palha e terra a fim de acelerar o curtimento natural. Durante o processo é indispensável o revolvimento da pilha para auxiliar na fermentação e na aeração, sendo a aeração o fator mais importante na compostagem, evitando altas temperaturas, oxidações, excesso de umidade e diminuindo o odor liberado no processo de fermentação, visto que é um processo de decomposição aeróbica.

Um dos materiais orgânicos de maior disponibilidade e mais comum entre os produtores é o esterco, que pode ser de diversas origens, visto que além de possuir características físico-químicas ideais ao desenvolvimento das mudas, tem se tornado uma boa alternativa do ponto de vista econômico e de acessibilidade. Sabe-se que o baixo custo de produção das mudas que torna a produção viável, e a utilização de materiais disponíveis e abundantes na região produtora reduz a necessidade de produtos externos e o custo de produção (SILVA, 2017).

#### **4.4 Lodo de esgoto na agricultura**

Além da produção diária de resíduos de matéria orgânica nas regiões rurais, observa-se o aumento da geração de resíduos urbanos devido ao acelerado crescimento populacional, questão que tem se tornado um problema ambiental, econômico e sanitário quando negligenciado (DELARMELINA *et al.*, 2013).

O lodo de esgoto é um resíduo produzido durante todo processo de tratamento de esgoto realizado pelas ETEs e que se acumula nos pátios das estações ou é disposto em aterros sanitários ou a céu aberto, sendo considerado uma ameaça ao meio ambiente caso não sejam encontradas alternativas viáveis do ponto de vista social, econômico e ambiental para seu uso (SONG, 2012).

A disposição do lodo no solo tem sido frequentemente utilizada em muitos países, como os EUA que aplica em atividades agrícolas e em áreas degradadas, a União Europeia, China, Alemanha e Japão (LIU *et al.*, 2014).

Quando aplicado ao solo além do fornecimento de matéria orgânica (MO), macro e micronutriente, a aplicação de LE pode reduzir ou até mesmo eliminar a utilização de corretivos e de fertilizantes minerais, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), sendo estes os nutrientes encontrados em maior concentração no LE (FIGUEIREDO *et al.*, 2018). Já o potássio (K),

apresenta-se em baixas concentrações no LE pois sua permanência não é tão eficiente durante o processo de tratamento de esgoto (KIRCHMANN *et al.*, 2016), tornando-o pobre em K.

A utilização do lodo de esgoto como fertilizante alternativo é bastante aceita devido ao resíduo possuir elevados teores de matéria orgânica, micro e macronutrientes, com isso podendo ser indicado para compor o substrato utilizado para produção de mudas (AMELOOT *et al.*, 2013). Entretanto, a utilização agrícola é recomendada apenas quando houver um tratamento deste material a fim de reduzir a presença de metais pesados e patógenos.

A quantidade de contaminantes presentes no LE pode limitar sua utilização na agricultura, sendo assim sua utilização para fins agrícolas depende de legislação específica e varia entre países (KIRCHMANN *et al.*, 2016). Em agosto de 2006, no Brasil, foi publicada a Resolução do CONAMA nº 375 que determina os critérios e procedimentos para o uso do LE, gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário, para fins agrícolas. A Resolução estabelece limites máximos de substâncias inorgânicas e de agentes patogênicos que determinam os requisitos mínimos de qualidade do LE.

Caso o LE não se enquadre dentro da legislação, devem ser encontrados meios alternativos para que seu uso não seja negligenciado, visto que pode afetar negativamente o desenvolvimento das plantas e a saúde dos consumidores (YUAN *et al.*, 2016).

Uma forma de solucionar o problema da presença de patógenos é o tratamento térmico do LE pelo processo de pirólise, promovendo a eliminação de patógenos e componentes orgânicos perigosos, tendo como produto principal o biochar de lodo de esgoto (BLE).

#### **4.5 Produção e uso do biochar**

O biochar é um produto sólido, rico em carbono, obtido pelo aquecimento de determinada biomassa ou matéria orgânica sob condições controladas de oxigenação. Este aquecimento termoquímico é denominado pirólise (SOHI, 2012), que além do BCH produz o bio-óleo e gases como subprodutos que possuem alto potencial econômico agregado e que podem ser utilizados para fins agrícolas (VIEIRA, 2012).

Essa transformação térmica gera um produto final com características adsorventes, fertilizantes e condicionadoras do solo, por ser um produto que promove a melhoria das propriedades do solo, podendo recuperar solos degradados ou nutricionalmente desequilibrados (SOHI, 2012).

Diversas matérias primas podem ser utilizadas na produção de BCH, como biomassa lenhosa de compostagem, resíduos de madeira de colheita florestal comercial, além

de resíduos urbanos como o lodo de esgoto. Esta diversidade de matéria-prima utilizada sob diferentes condições resulta em produtos com propriedades variadas (HARTLEY *et al.*, 2016).

O biochar é objeto de diversos estudos devido a sua capacidade de gerar benefícios agroambientais, tais como: redução da perda de nutrientes por lixiviação (YUAN *et al.*, 2016), adição de nutrientes disponíveis para as plantas (FARIA *et al.*, 2017) e calagem do solo (DEENIK e COONEY, 2016). A interferência do BLE sobre propriedades químicas do solo tem garantido respostas fisiológicas nas plantas, sendo explicado pelo fato de o BLE aumentar os teores disponíveis de P, K, Ca, Mg e C, como também a eficiência no uso dos nutrientes (CLOUGH *et al.*, 2013)

O BLE tem se destacado ainda por seu potencial no sequestro de carbono, como também seu efeito na redução das emissões de gases de efeito estufa do solo, especialmente do óxido nitroso (CAYUELA *et al.*, 2013), fato verificado em BCHs oriundos de diferentes matérias-primas.

Além dos benefícios já citados, pesquisas envolvendo o uso do BLE na área de fitopatologia vem crescendo nos últimos anos, sendo realizados estudos para avaliar sua capacidade no controle de doenças de plantas, principalmente as relacionadas com patógenos de solo. A efetividade no controle de tais doenças pelo BLE tem associado tal característica ao tipo de matéria-prima utilizada para sua produção, a temperatura de pirólise e concentração de BLE utilizado no experimento (JAISWAL *et al.*, 2015).

Estima-se que o BLE levaria centenas de anos para ser degradado totalmente, devido sua baixa taxa de degradação e por ser um material mais estável que o comum (CASTELLINI *et al.*, 2015), podendo apresentar influência no solo por um longo período de tempo.

#### **4.6 Qualidade de mudas**

A fim de definir um padrão de mudas que sejam consideradas para plantio, testes são utilizados para determinar ao máximo sua qualidade. A análise de crescimento é um método de grande importância para avaliar as diferentes respostas das plantas sob diferentes práticas agronômicas (PIAS *et al.*, 2015).

Constituído por parâmetros baseados em aspectos físicos e químicos das plantas, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) tem sido empregado com êxito ao avaliar o comportamento de mudas em campo (RUDEK *et al.*, 2013). O seu cálculo considera a

distribuição de biomassa da planta, incluindo parâmetros físicos na fórmula que determina o IQD, tornando o índice um bom indicador da qualidade das mudas.

A determinação do comprimento da parte aérea, do diâmetro do coleto, da relação entre parte aérea e o diâmetro do caule, bem como do peso de matéria seca da parte aérea e radicular são indicadores utilizados para a avaliação da qualidade de mudas produzidas em viveiro. Quando tais parâmetros são combinados na forma de índices, uma maior precisão é conferida à avaliação da qualidade.

As clorofilas são pigmentos naturais abundantes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Existem duas formas naturais de clorofila, sendo classificadas como *a* e *b*. Estas estruturas se diferem ligeiramente e são encontradas na proporção de 2,5 a 3,5 para 1. São compostos insolúveis em água e sua principal função é converter energia luminosa em energia química, processo que ocorre nos cloroplastos (ESKIN, 1990; STREIT, 2005).

A quantidade e a qualidade de clorofilas nas plantas indicam o estado nutricional das mesmas. Já os carotenoides juntamente com as vitaminas, são substâncias que agem como agentes antioxidantes em meios biológicos.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Obtenção e caracterização do biochar de lodo de esgoto

O biochar utilizado neste trabalho foi produzido a partir da biomassa de LE produzido em uma das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Caesb. Localizada a 34 km do centro de Brasília, na cidade do Gama, esta ETE utiliza o sistema de tratamento a nível terciário. Neste sistema, o processo se inicia na fase de gradeamento e desarenação do esgoto coletado para a remoção dos sólidos grosseiros e da areia, seguindo para o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) que estabiliza parte da matéria orgânica a partir de bactérias anaeróbias. Do RAFA, o material líquido é encaminhado para um reator biológico que remove a matéria orgânica e os materiais remanescentes e por fim passa por um clarificador, fase em que os microrganismos são separados do líquido tratado mediante processo de sedimentação. O lodo ativado gerado durante todo o processo é adensado por flotação e desidratado em centrífuga (CAESB, 2021).

O LE utilizado neste trabalho estava condicionado em pátio de secagem e apresentou umidade (65 °C) de 0,17 g g<sup>-1</sup>, 0,45 g g<sup>-1</sup> de sólidos solúveis e 0,54 g g<sup>-1</sup> de cinzas (ARAÚJO, 2018)

O BLE utilizado neste trabalho foi produzido em forno tubular elétrico (Linn Elektro Therm) a 500 °C (Figura 1), com taxa de aumento de temperatura igual a 11°C.m<sup>-1</sup> e tempo de residência de 30 min. Esta etapa do experimento foi realizada no Laboratório de Preservação da Qualidade da Madeira, situado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília.



**Figura 1** – LE in natura (A), forno tubular elétrico (B) e BLE 500 (C) (Fonte: Araújo, 2018).

As amostras de LE foram alocadas em um recipiente de metal adaptado ao espaço interno do forno que conta com um sistema de saída de gases e bio-óleo e um mecanismo que evita o fluxo de oxigênio. O controle de temperatura durante a pirólise foi realizado com o uso

de um termopar tipo K de penetração, modelo MTK-15, acoplado a um termômetro digital KT-160A.

## 5.2 Obtenção do composto orgânico

O composto orgânico foi produzido a partir de um composto de esterco de cavalo, feno, cavacos de madeira e alfafa. O material foi misturado e disposto em estrutura cilíndrica construída com rede de arame e amarração, tendo como base paletes de madeira coberto por uma rede malhada fina, inviabilizando uma possível contaminação do material com o solo. Localizada em pátio de compostagem, esta estrutura formou a leira ou monte de compostagem, onde abrigou os resíduos misturados (Figura 2).



**Figura 2** – Leiras de compostagem em pátio coberto (Fonte: Barros, 2021).

A temperatura foi monitorada a cada 3 dias utilizando um termômetro com escala de 0 a 100 °C numa profundidade de 50 cm a 1 m durante 5 minutos, avaliando a temperatura interna da leira. Nos 15 primeiros dias a leira ficou entre 60 e 70 °C, eliminando assim os patógenos causadores de doenças nas plantas. Após os 15 dias a temperatura da leira foi diminuindo e ficou na faixa de 45 a 55 °C. O material foi revirado três vezes para que houvesse injeção de ar no interior e melhor atividade dos microrganismos.

Avaliou-se também a umidade no interior da leira, que foi mantida em torno de 60%. A cada dois dias irrigou-se abundantemente a leira, monitorando a temperatura. Observou-se que à medida que o material foi sendo humificado, a temperatura foi permanecendo ambiente, começando a fase de estabilização do material. Após a estabilização a leira foi irrigada por mais 15 dias.

Passado esse período, o material foi transferido para uma caixa d'água de polietileno com capacidade para 500L e se manteve armazenado para utilização do composto



orgânico. O processo de compostagem levou 6 meses, desde a obtenção da matéria prima até a obtenção do composto próprio para uso agrícola.

### 5.3 Caracterização físico-química dos substratos

O solo disponibilizado para uso foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, profundo, de textura argilosa, estrutura granular a grumosa. Ele foi esterilizado por um processo de autoclavagem que submeteu o material a altas temperaturas durante o período de 2 horas em autoclave. Posteriormente o material esterilizado foi incorporado a areia e a um substrato comercial numa proporção de 2:1:1 de solo, areia e substrato, respectivamente.

Em laboratório particular, foram determinadas as características físicas e químicas dos materiais utilizados no presente trabalho, do lodo de esgoto produzido pela Caesb, do biochar produzido a partir do lodo de esgoto, do composto orgânico produzido a partir de compostagem e do solo que foi utilizado no experimento (Tabela 1).

**Tabela 1** – Características químicas e físicas do lodo de esgoto, do biochar, do composto orgânico e do solo utilizados neste experimento.

Variáveis	LE	BLE 500 °C	COM	Solo
CT (g kg <sup>-1</sup> )	21,0	27,0	32,0	29,0
NT (g kg <sup>-1</sup> )	3,0	5,01	6,07	-
C/N	7,00	5,39	5,27	-
Alumínio trocável (cmolc/dm <sup>3</sup> )	-	0,7	0,5	0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	-	5,84	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	-	169,3	-	-
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,80	6,4	6,8	6,0
P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	-	2,1	1,9	1,49
K <sup>+</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	0,80	3,5	3,7	0,25
Ca <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	6,6	7,4	2,5	7,1
Mg <sup>+2</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	0,8	1,7	0,7	1,2
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	-	0,6	0,8	105,8
B (mg kg <sup>-1</sup> )	-	0,347	0,25	-
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	56,37	0,5	0,7	27,1
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,11	0,78	0,56	0,063
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	-	0,755	0,45	12
AF (g kg <sup>-1</sup> )	-	4,3	-	-
AH (g kg <sup>-1</sup> )	-	1,1	-	-
Acidez potencial (Al+H)	-	-	-	5,1
CTC efetiva	-	-	-	8,6
CTC total	-	-	-	13,6
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	-	68,0	49,0	50,0
Sódio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	-	0,45	0,55	-
VP (ml/g)	-	0,053	-	-

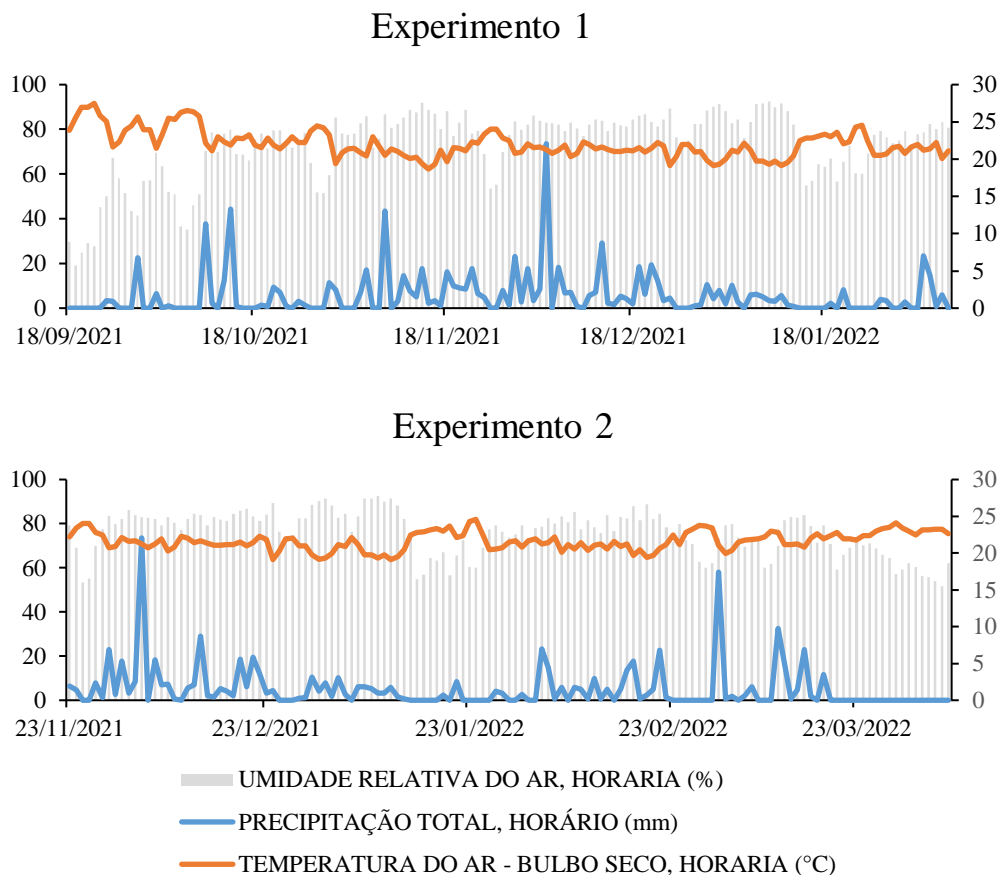
ASE (m <sup>2</sup> /g)	-	52,470	-	-
-------------------------	---	--------	---	---

CT: carbono total; NT: nitrogênio total; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: amônio; AF: ácido fúlvico; AH: ácido húmico; VP: volume de poros; ASE: área superficial específica; Limites máximos de metais pesados (mg kg<sup>-1</sup>) aceitos na legislação brasileira: Cr: 1.000; Cu: 1.500; Ni: 420; Pb:300; Zn: 2.800; CTC: capacidade de troca catiônica. Fonte: Faria et al., 2018; Figueiredo et al., 2018; Resolução CONAMA n° 375.

#### 5.4 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido entre os meses de setembro de 2021 e abril de 2022 na Estação Experimental do Instituto de Ciências Biológicas (EEB) da Universidade de Brasília (UnB).

Os dados de temperatura média, precipitação e umidade relativa do período experimental coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) estão dispostos na Figura 3. Foram realizadas produções de mudas nas mesmas concentrações das fontes de fertilizantes, chamadas aqui de experimentos 1 e 2. O experimento 1 foi realizado de setembro de 2021 a fevereiro de 2022, enquanto o experimento 2 foi realizado de novembro de 2021 a abril de 2022.



**Figura 3** – Dados de temperatura média, precipitação e umidade relativa nos experimentos 1 e 2, obtidos no INMET (<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>).

## 5.5 Instalação dos experimentos

Foram utilizados sacos de polietileno de medidas 20 x 25 cm, com volume total de 2,5 L. As sementes utilizadas foram da cultivar híbrida de maracujá azedo, a BRS Sol do Cerrado (BRS SC1), da Embrapa Cerrados. As sementes foram retiradas dos maracujás, secas e mantidas em estufa até o início do trabalho.

Para a instalação do experimento, cada saco recebeu as seguintes proporções de solos, BLE e COM (Tabela 2). Antes de compor os substratos de cada tratamento, o BLE e o COM foram secos ao ar e peneirados em malha de 2 mm.

Os conteúdos adicionados nos referidos sacos foram misturados homogeneamente.

**Tabela 2** – Discriminação da concentração de cada tratamento.

Resíduos	Trat.	Solo	BLE	COM	Solo	BLE	COM
		----- Concentração (%) -----			----- Peso (g) -----		
Testemunha	T1	100,0	0,0	0,0	1500,0	0,0	0,0
	T2	97,5	2,5	0,0	1462,5	37,5	0,0
Biochar 500 °C (BLE)	T3	95,0	5,0	0,0	1425,5	75,0	0,0
	T4	92,5	7,5	0,0	1387,5	112,5	0,0
	T5	90,0	10,0	0,0	1350,0	150,0	0,0
Composto orgânico (COM)	T7	97,5	0,0	2,5	1462,5	0,0	37,5
	T8	95,0	0,0	5,0	1425,5	0,0	75,0
	T9	92,5	0,0	7,5	1387,5	0,0	112,5
	T10	90,0	0,0	10,0	1350,0	0,0	150,0

Fonte: Matias, 2022.

Em seguida, três sementes na profundidade de 2 cm foram semeadas em cada saco, com substrato previamente úmido.

O experimento foi irrigado uma vez ao dia, exceto aos finais de semana, até o ponto em que as sementes começaram a germinar, passando a serem irrigadas a cada 2 dias.

Cerca de 50 dias após a semeadura foi definida a melhor plântula de cada saco e fez-se o desbaste das outras duas com o uso de uma tesoura de poda esterilizada. Passados 70 dias desde a semeadura começaram as avaliações.

## 5.6 Variáveis analisadas

Foram realizadas cinco avaliações do comprimento da parte aérea, diâmetro, número de folhas, clorofila a, b, total e carotenoides ao longo de cada um dos dois experimentos, e uma avaliação final em que foram estimadas a biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes das mudas.

Para determinar as características físicas das mudas foram avaliadas a cada 15 dias nos dois experimentos. Avaliou-se o comprimento da parte aérea das mudas do colo até o ápice com uso de uma régua, contabilizou-se a quantidade de folhas e o diâmetro do caule com o uso de um paquímetro de precisão.

Os pigmentos fotossintetizantes (clorofila a, b, total e carotenoides) foram determinados através do método de extração utilizando metanol 100% como descrito no trabalho de Morales *et al* (2002), obtidos a partir de amostras de discos coletados do limbo da terceira folha madura a partir do ápice de cada muda, totalizando 3 discos por linha. Os discos foram retirados com o auxílio de perfurador e colocados em tubetes previamente identificados e esterilizados, contendo 6 ml da solução metanol 100% e embalados com papel alumínio para inviabilizar o acesso à luz.

Os discos coletados foram mantidos em solução e sem acesso à luz por 12h. Após esse período, as leituras de absorvância foram determinadas por espectrofotômetro (GENESYS 10S, UV-VIS) nos comprimentos de onda de 470( $A_{470}$ ), 647( $A_{652}$ ) e 663 nm ( $A_{665}$ ), utilizando metanol 100% como branco (Figura 4).



**Figura**

Para quantificar os teores das clorofilas a  $Ca = 16,72A_{665} - 9,16A_{652}$  (1), b  $Cb = 16,72A_{665} - 9,16A_{652}$  (1), total  $Ca+b = 1,44A_{665} - 24,93A_{652}$  (3) e dos carotenoides  $Cc = 1000A_{470} - 1,63Ca - 104,96Cb$  (4), foram utilizadas as equações descritas por Lichtenthaler (1987):

$$C_a = 16,72A_{665} - 9,16A_{652} \quad (1)$$

$$C_b = 34,09A_{652} - 15,28A_{665} \quad (2)$$

$$C_{a+b} = 1,44A_{665} - 24,93A_{652} \quad (3)$$

$$C_c = 1000A_{470} - 1,63C_a - 104,96C_b \quad (4)$$

Ao



**Figura**

Em seguida, o material fresco foi levado ao Laboratório de Tecnologia de Sementes (LaTS) da UnB e pesado em balança de precisão, determinando-se assim a massa fresca das raízes e da parte aérea.

Após

Com os dados finais das mudas em mãos calculou-se o Índice de Qualidade de  $MST\ CPA\ DC + MSPA\ MSR$  (5) conforme Dickson *et al* (1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{CPA}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)} \quad (5)$$

Em que:

MST = massa seca total (g)

CPA = comprimento da parte aérea (cm)

DC = diâmetro do caule (mm)

MSPA = massa seca parte aérea (g)

MSR = massa seca das raízes (g)

## 5.7 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), sendo constituído por 4 concentrações de BLE (2,5; 5; 7,5 e 10% do v/v), 4 concentrações de COM (2,5; 5; 7,5 e 10% do v/v) e uma testemunha. Foram utilizados 5 blocos com 3 mudas por parcela, totalizando 135 unidades experimentais.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F', agrupando as médias das variáveis significativas pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 3, as interações entre os fatores estudados no Experimento 1 foram significativas ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) pelo teste “F” para todas as variáveis estudadas, exceto para as interações entre substrato e concentração para CRP, CLA, CLB, CLT e CAR.

**Tabela 3** – Análise de variância das características físico-químicas dos substratos (BLE e COM) no Experimento 1.

FV	GL	CPA	DIA	FOL	MSR	MST	MSPA	MFPA	MFR	CRP	IQD	CLA	CLB	CT	CAR
F1	1	51,8**	100,3**	160,8**	3,8**	23,2**	19,4**	95,4**	20,0**	118,5**	1,9**	4,1**	0,7**	8,7**	0,3**
F2	4	13,1**	15,6**	43,2**	0,5**	3,9**	3,4**	20,6**	2,4**	38,6**	0,2**	2,7**	0,4**	5,5**	0,2**
F1*F2	4	9,0**	9,0**	25,7**	0,4**	2,4**	2,0**	13,3**	2,2**	11,4 NS	0,2**	0,4 NS	0,1 NS	0,8 NS	0,02 NS
erro	40	1,1	1	2,4	0,03	0,2	0,2	0,9	0,2	7,7	0,01	0,2	0,04	0,5	0,02
CV		20,3	12,4	17,6	19,8	22,7	23,53	20,96	29,32	15,9	16,5	14,2	17,03	14,6	13,51
Média		29,7	8	8,8	1	6	4,9	24,8	2,9	17,5	0,7	3,4	1,1	4,6	0,9

GL: graus de liberdade; \* e \*\* significativo a 1 e 5% respectivamente; NS: não significativo; F1: substrato; F2: concentração; CPA: comprimento parte aérea; DIA: diâmetro caule; FOL: n° de folhas; MSR: massa seca raízes; MST: massa seca total; MSPA: massa seca parte aérea; MFPA: massa fresca parte aérea; MFR: massa fresca raízes; CRP: comprimento raízes; IQD: Índice de Qualidade de Dickson; CLA: clorofila a; CLB: clorofila B; CT: clorofila total; CAR: carotenoides.

A média das variáveis na Tabela 3 – *Análise de variância das características físico-químicas dos substratos (BLE e COM) no Experimento 1*. evidenciam que o COM teve um melhor resultado nas características físicas das mudas. Enquanto o BLE proporcionou melhores resultados na análise dos pigmentos fotossintetizantes. O comportamento se manteve igual nos experimentos 1 e 2 (Tabela 6 – *Média das análises de variância das características físico-químicas dos substratos no Experimento 2*.).

**Tabela 4** – Média das análises de variância das características físico-químicas dos substratos no Experimento 1.

	CPA	DIA	FOL	MSR	MST	MSPA	MFPA	MFR	CRP	IQD	CLA	CLB	CT	CAR
BIO	17,9 b	6,6 b	7,0 b	0,5 b	2,6 b	2,1 b	11,1 b	0,7 b	15,9 b	0,4 b	3,7 a	1,2 a	5,0 a	1,0 a
COM	41,4 a	9,5 a	10,6 a	1,6 a	9,4 a	7,7 a	38,5 a	5,1 a	19,0 a	1,0 a	3,1 b	1,0 b	4,2 b	0,8 b

BIO: biochar; COM: composto orgânico; CPA: comprimento parte aérea; DIA: diâmetro caule; FOL: n° de folhas; MSR: massa seca raízes; MST: massa seca total; MSPA: massa seca parte aérea; MFPA: massa fresca parte aérea; MFR: massa fresca raízes; CRP: comprimento raízes; IQD: Índice de Qualidade de Dickson; CLA: clorofila a; CLB: clorofila B; CT: clorofila total; CAR: carotenoides.

Como evidenciado na Tabela 5, no Experimento 2 o substrato não apresentou diferença significativa com FOL e a concentração não apresentou diferença significativa com

DIA, MSR, MFR, CRP e IQD. A interação substrato e concentração não apresentou diferença significativa para CRP e IQD.

**Tabela 5** – Análise de variância das características físico-químicas dos substratos no Experimento 2.

FV	GL	CPA	DIA	FOL	MSR	MST	MSPA	MFPA	MFR	CRP	IQD	CLA	CLB	CT	CAR
F1	1	20,3**	7,9**	7,1 NS	2,0**	7,3**	5,2**	10,6*	15,1**	18,6*	0,4**	9,5**	1,0**	17,6**	0,7**
F2	4	21,0**	0,6 NS	39,6**	0,2 NS	2,6**	2,7**	9,6**	1,1 NS	7,8 NS	0,03 NS	3,2**	0,3**	6,0**	0,2**
F1 *F2	4	26,5**	1,7**	14,3**	0,5**	3,8**	3,3**	10,2**	3,1**	4,6 NS	0,03 NS	1,0*	0,1*	1,7*	0,1**
erro	40	2,1	0,3	1,9	0,1	0,4	0,3	2,2	0,6	3,2	0,02	0,3	0,03	0,4	0,03
CV		21,4	15,8	12	25,03	21	21	26,4	25,3	8,5	22,4	18,1	18,9	17,9	19,21
Média		51,6	3,5	11,5	1,9	10,04	8,1	43,6	9,9	20,9	0,6	2,8	0,9	3,7	0,8

GL: graus de liberdade; \* e \*\* significativo a 1 e 5% respectivamente; NS: não significativo; F1: substrato; F2: concentração; CPA: comprimento parte aérea; DIA: diâmetro caule; FOL: n° de folhas; MSR: massa seca raízes; MST: massa seca total; MSPA: massa seca parte aérea; MFPA: massa fresca parte aérea; MFR: massa fresca raízes; CRP: comprimento raízes; IQD: Índice de Qualidade de Dickson; CLA: clorofila a; CLB: clorofila B; CT: clorofila total; CAR: carotenoides.

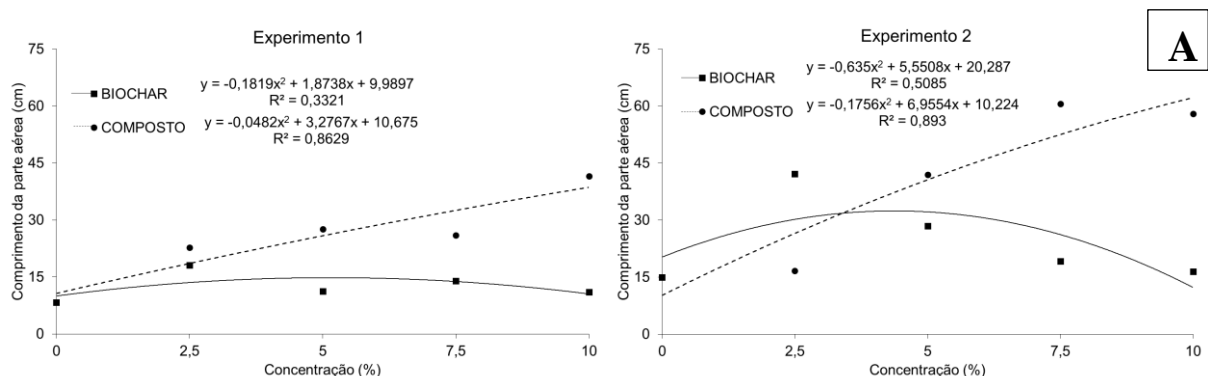
**Tabela 6** – Média das análises de variância das características físico-químicas dos substratos no Experimento 2.

	CPA	DIA	FOL	MSR	MST	MSPA	MFPA	MFR	CRP	IQD	CLA	CLB	CT	CAR
BIO	41,6 b	3,1 b	11,1 a	1,4 b	7,6 b	6,2 b	28,4 b	6,7 b	20,3 b	0,4 b	3,2 a	1,0 a	4,3 a	1,0 a
COM	61,7 a	3,9 a	11,9 a	2,4 a	12,5 a	10,0 a	40,7 a	13,1 a	21,5 a	0,7 a	2,4 b	0,7 b	3,2 b	0,7 b

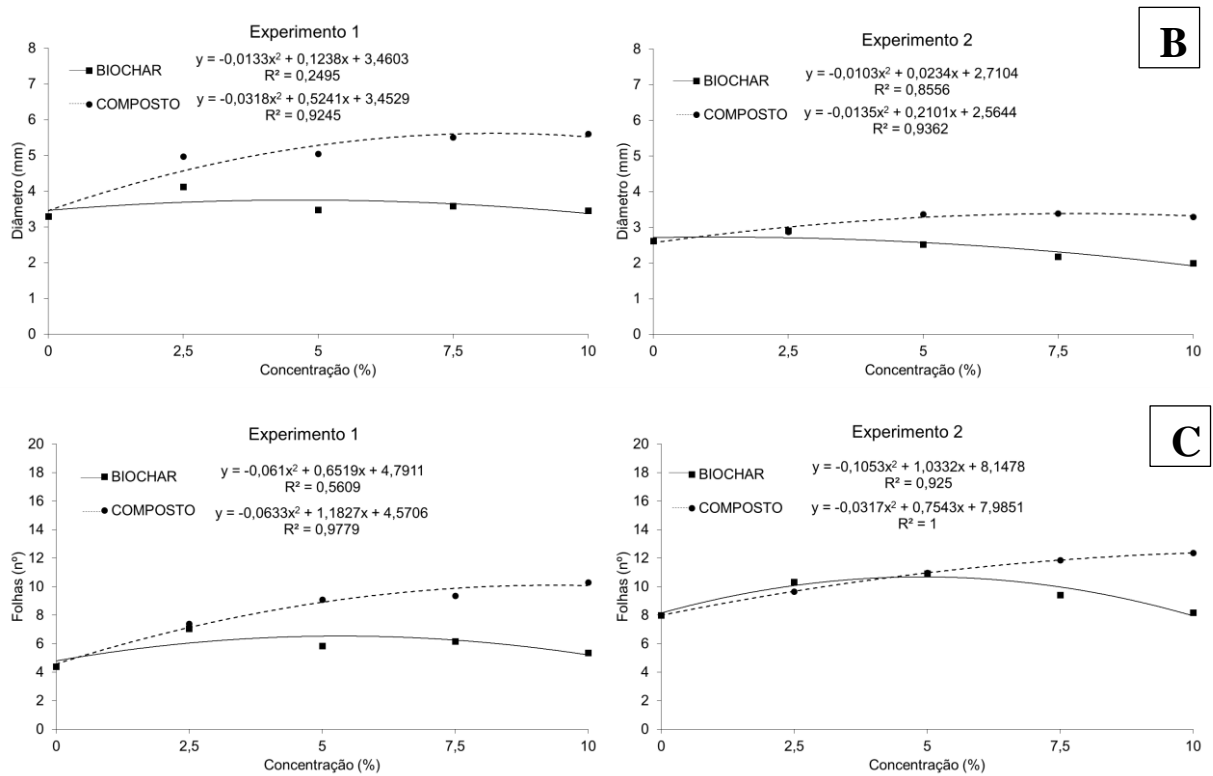
BIO: biochar; COM: composto orgânico; CPA: comprimento parte aérea; DIA: diâmetro caule; FOL: n° de folhas; MSR: massa seca raízes; MST: massa seca total; MSPA: massa seca parte aérea; MFPA: massa fresca parte aérea; MFR: massa fresca raízes; CRP: comprimento raízes; IQD: Índice de Qualidade de Dickson; CLA: clorofila a; CLB: clorofila B; CT: clorofila total; CAR: carotenoides.

Conforme a Figura 6, observou-se que o COM apresentou resultado superior ao BLE em todas as características físicas das mudas. O comprimento da parte aérea, o diâmetro do caule e o número de folhas tiveram melhor desempenho com o uso do COM.

Comparando entre os tratamentos nos dois experimentos, observou-se que o BLE a 2,5% teve um melhor resultado e o COM a 7,5% e 10,0% tiveram desempenho similar e superior aos demais tratamentos.



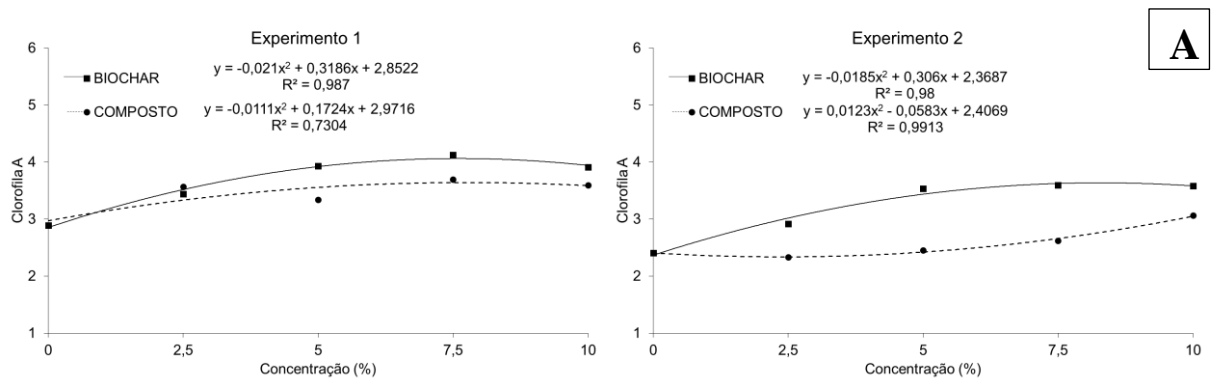


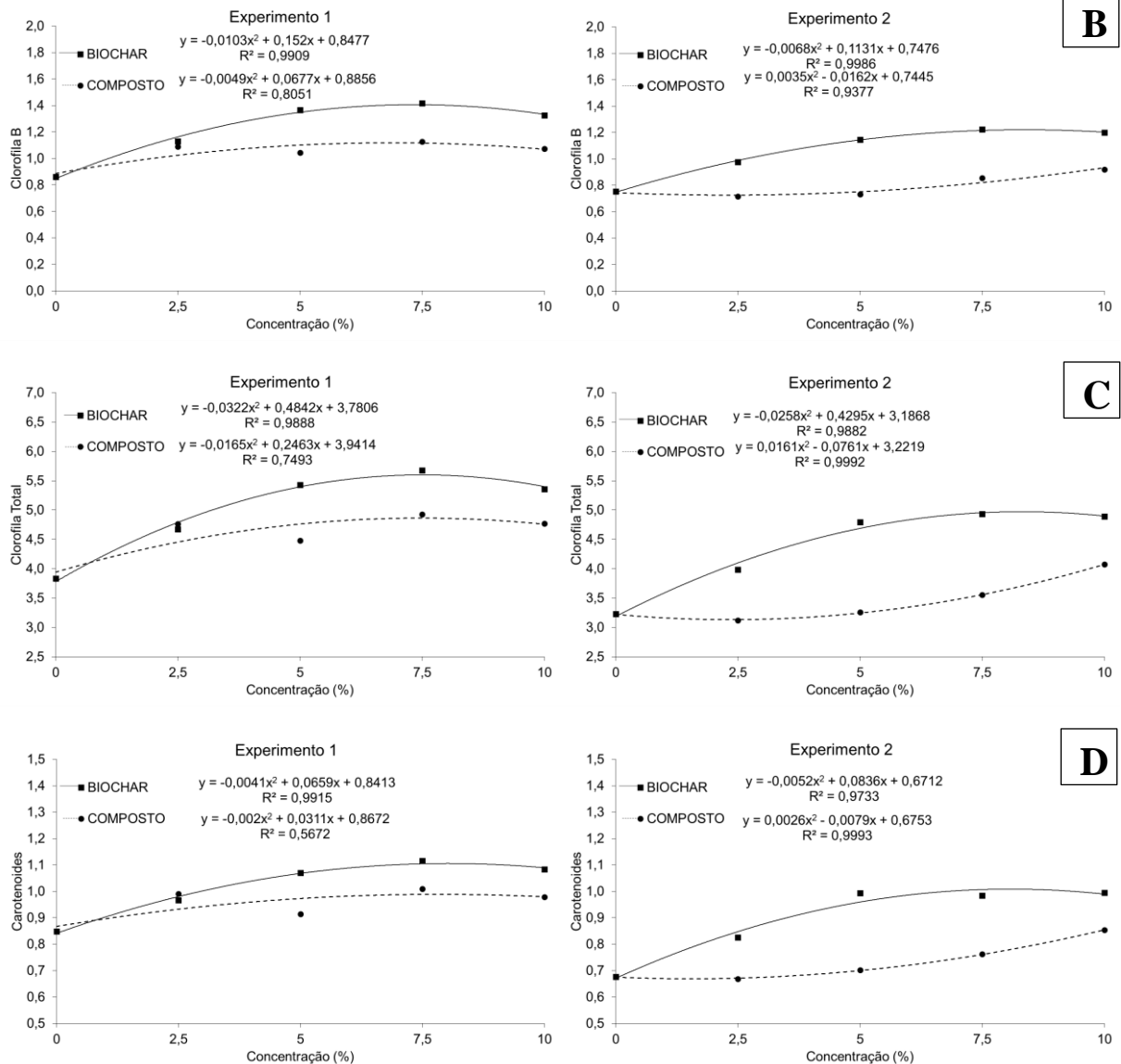


**Figura 6** – Média do comprimento da parte aérea das mudas (A), do diâmetro do caule (B) e do número de folhas (C) dos dois experimentos sob as concentrações dos cinco tratamentos.

Conforme a Figura 7, comparando os substratos nos dois experimentos observou-se que o BLE gerou resultado superior ao COM em todos os pigmentos fotossintetizantes.

Comparando os resultados entre os tratamentos observou-se que o BLE a 7,5% apresenta um desempenho superior, porém bem próximo ao das mudas com tratamentos a 5,0 e 10,0%. Enquanto o tratamento do COM que gerou melhor desempenho em todos os pigmentos fotossintetizantes foi a 10,0%.





**Figura 7** – Média dos teores de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) das mudas dos dois experimentos sob as cinco concentrações.

Quanto às características físicas finais que definem os parâmetros para determinar o IQD, foi observado que em todos os dados o COM apresentou melhor resultado quando comparado ao BLE. A massa fresca e seca das raízes e da parte aérea, o comprimento das raízes e o IQD tiveram uma diferença considerável entre os dois substratos.

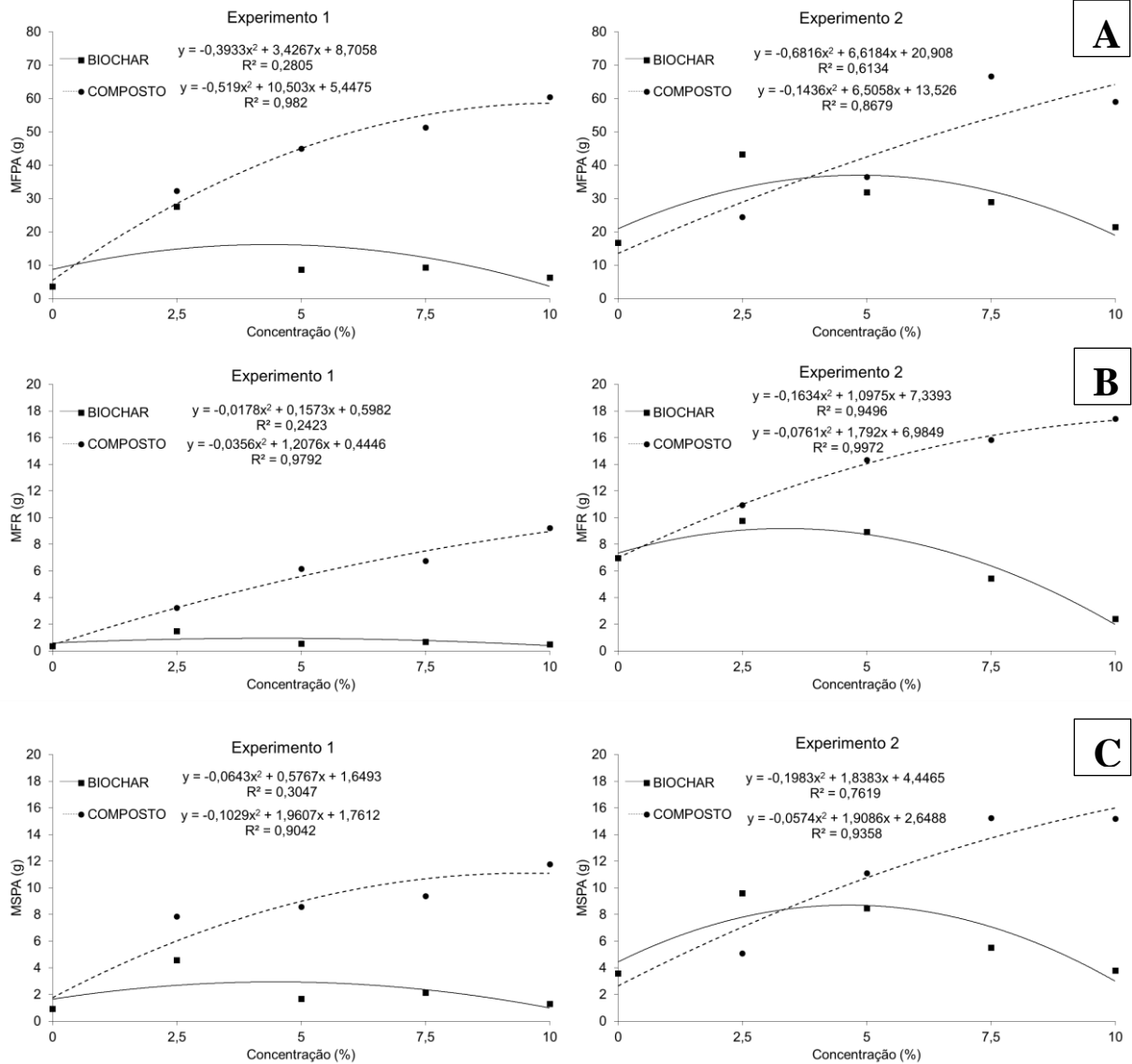
Conforme nas Figura 8, observou-se que o COM tem um resultado semelhantes com as concentrações 7,5 e 10,0%, enquanto o BLE tem desempenho superior em todos os critérios na concentração 2,5%.

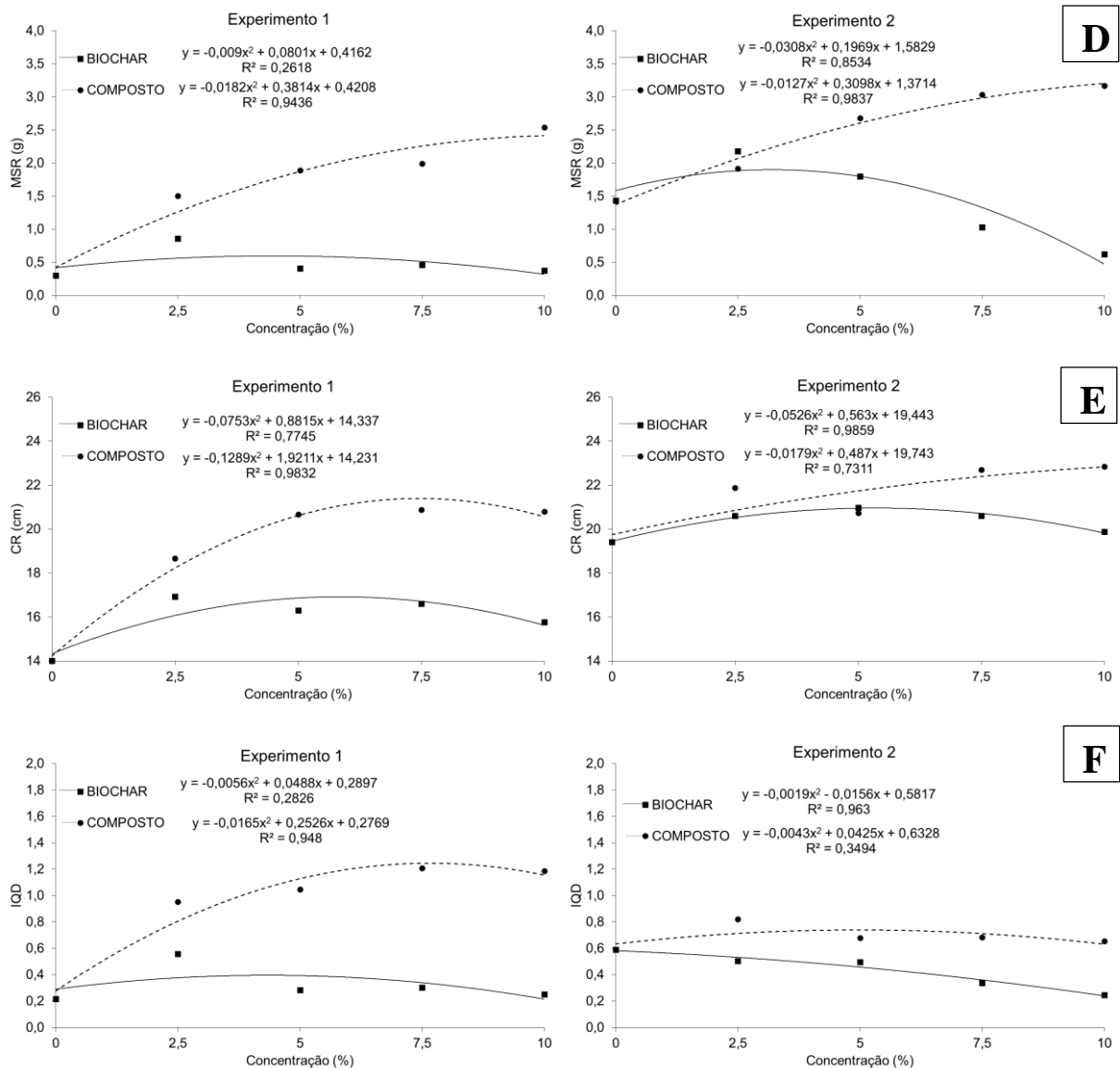
Segundo o Índice de Qualidade de Dickson, verificou-se que o COM apresentou diferença considerável do BLE, mas seus tratamentos não apresentam diferença quantitativa

significativa para se estipular qual a concentração com melhor desempenho em cada um dos dois experimentos.

Na literatura não há um intervalo que seja considerado como ideal para os possíveis resultados do Índice de Qualidade de Dickson, possibilitando inferir a qualidade das mudas e realizar o comparativo entre elas. O IQD pode variar em função da espécie, do manejo em viveiro, tipo e proporção do substrato, volume do recipiente, idade em que a muda é avaliada (CALDEIRA *et al.*, 2012).

O IQD é um parâmetro eficiente para se determinar a qualidade de uma determinada espécie, avaliada sob condições semelhantes, sendo impossível realizar o comparativo entre espécies.





**Figura 8** – Média da massa fresca da parte aérea (A), da massa fresca das raízes (B), da massa seca da parte aérea (C), da massa seca das raízes (D), do comprimento das raízes (E) e Índice de Qualidade de Dickson das mudas dos dois experimentos sob as cinco concentrações.

Nos gráficos estudados acima foi possível observar uma diferença visível entre os dados dos dois experimentos, fato justificado pelas condições climáticas iniciais durante o Experimento 1. O clima estava quente e seco, como demonstrado na Figura 3 – *Dados de temperatura média, precipitação e umidade relativa no*, fato que prejudicou o desenvolvimento inicial das mudas.

## 6.1 Análise de agrupamento e componentes principais

### 6.1.1 Experimento 1

De acordo com a Tabela 7, as características físicas das mudas apresentaram correlação positiva apenas com o componente principal 1. Enquanto as características bioquímicas apresentaram correlação negativa com o componente principal 2. O componente principal 1 apresentou variância total de 72% enquanto o componente principal 2 de 25%, totalizando variância acumulada de aproximadamente 98%.

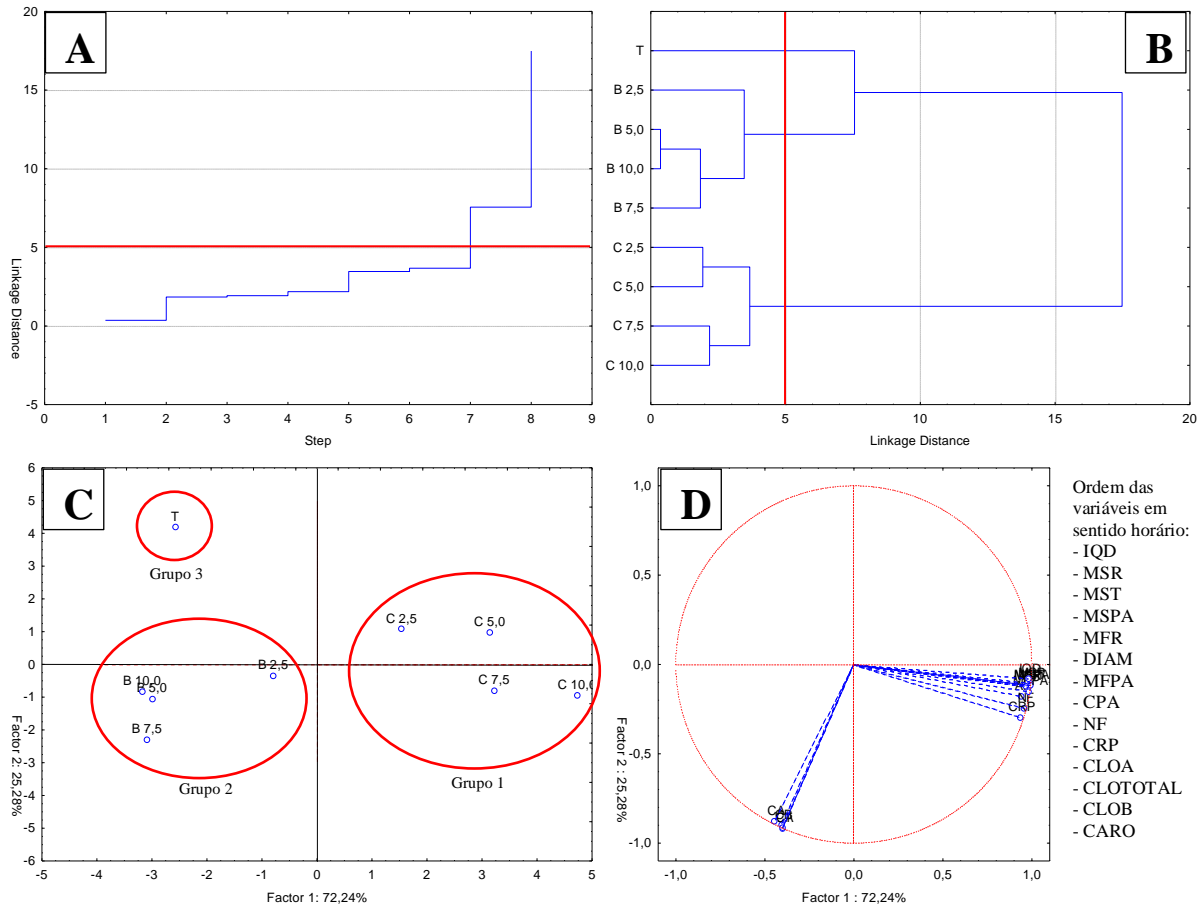
**Tabela 7** – Componentes principais e a variância das características das mudas do Experimento 1.

Qualidade das mudas	Variáveis	Componentes principais	
		1	2
Características físicas das mudas	Comprimento de parte aérea	0,938	-0,177
	Comprimento de raiz principal	0,933	-0,296
	Diâmetro do caule	0,979	-0,128
	Número de folhas	0,957	-0,247
	Massa fresca de parte aérea	0,982	-0,153
	Massa fresca de raízes	0,968	-0,123
	Massa seca de parte aérea	0,989	-0,117
	Massa seca de raízes	0,992	-0,106
	Massa seca total	0,990	-0,115
	IQD	0,980	-0,082
Características bioquímicas das mudas	Clorofila A	-0,399	-0,916
	Clorofila B	-0,404	-0,900
	Clorofila total	-0,402	-0,915
	Carotenoides	-0,446	-0,879
Autovalores		10,113	3,539
Variância Total (%)		72,237	25,278
Variância Acumulada (%)		97,515	

Na análise multivariada na Figura 9 – *Análises multivariadas do Experimento 1*, observou-se maior distância entre 4 e 7 (Figura 9A), dessa forma determinou-se a distância de 5, assim ocorreu a formação de três grupos (Figura 9B). No Grupo 1 ficaram todos os tratamentos com BLE, no Grupo 2 ficaram todos com COM e no Grupo 3 ficou apenas a testemunha.

Na Figura 9C observa-se a formação dos grupos e o que cada grupo representa. O Grupo 1 está localizado no componente principal direito e possui as melhores características físicas, o Grupo 2 está basicamente no componente principal esquerdo inferior e possui as

melhores características bioquímicas e o Grupo 3 está no componente principal superior apresentou os menores resultados das variáveis analisadas.



**Figura 9** – Análises multivariadas do Experimento 1.

### 6.1.2 Experimento 2

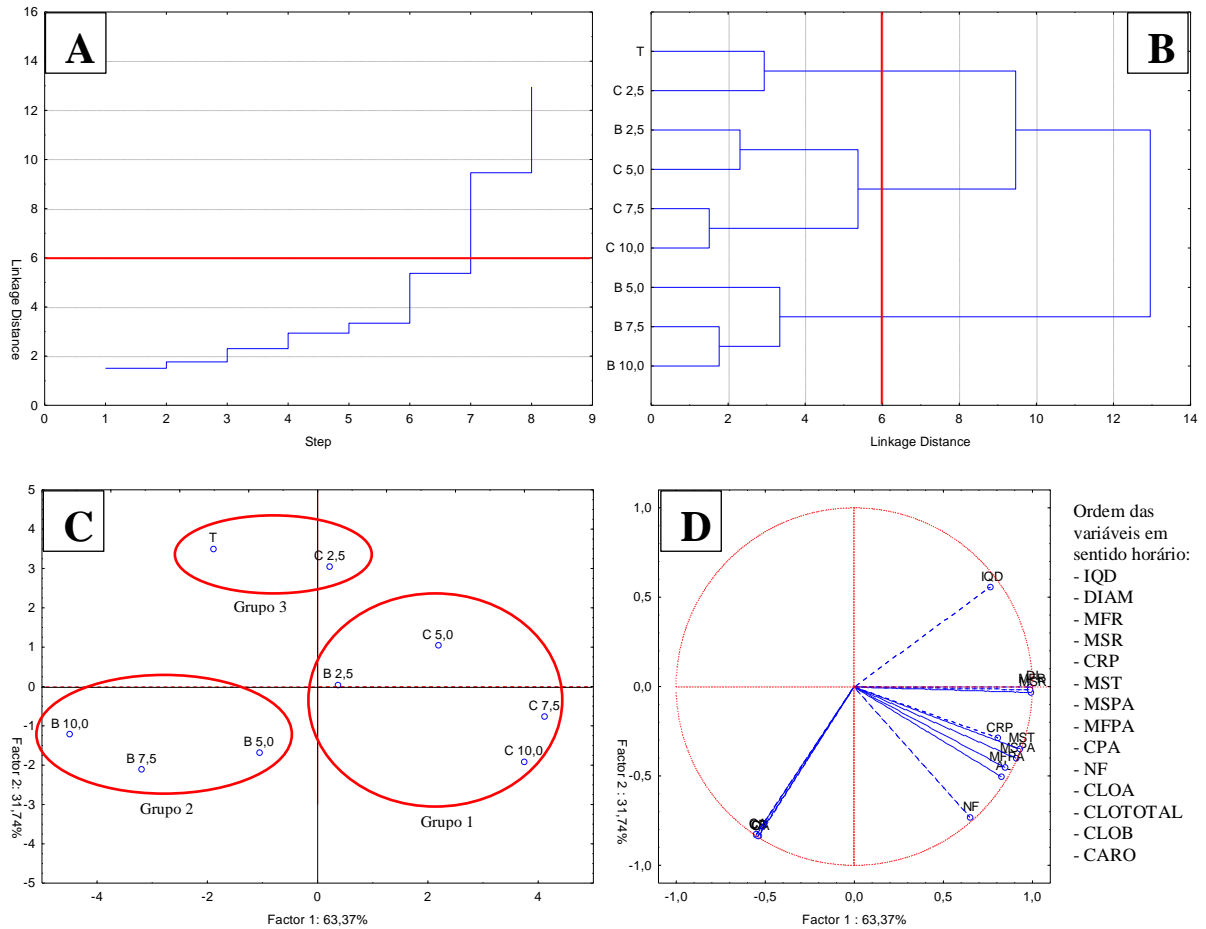
Conforme Tabela 8, as características físicas das mudas apresentaram correlação positiva com o componente principal 1. A variável “comprimento de raiz principal” apresentou correlação negativa com o componente principal 2. Enquanto as características bioquímicas apresentaram correlação negativa com o componente principal 2 e não apresentaram correlação com o componente principal 1. O componente principal 1 apresentou variância total de 63% enquanto o componente principal 2 de 32%, totalizando variância acumulada de aproximadamente 95%.

**Tabela 8** – Componentes principais e a variância das características das mudas do Experimento 2.

Qualidade das mudas	Variáveis	Componentes principais	
		1	2
Características físicas das mudas	Comprimento de parte aérea	0,827	-0,503
	Comprimento de raiz principal	0,807	-0,288
	Diâmetro do caule	0,988	0,001
	Número de folhas	0,648	-0,732
	Massa fresca de parte aérea	0,847	-0,452
	Massa fresca de raízes	0,988	-0,015
	Massa seca de parte aérea	0,907	-0,402
	Massa seca de raízes	0,994	-0,032
	Massa seca total	0,931	-0,346
	IQD	0,764	-0,556
Características bioquímicas das mudas	Clorofila A	-0,537	-0,836
	Clorofila B	-0,550	-0,831
	Clorofila total	-0,541	-0,836
	Carotenoides	-0,551	-0,827
Autovalores		8,872	4,444
Variância Total (%)		63,369	31,744
Variância Acumulada (%)		95,113	

Na análise multivariada na Figura 10, observou-se maior distância entre os valores 4 e 7 (Figura 10A), traçou-se uma linha na distância 6 e três grupos foram formados (Figura 10B). No Grupo 1 ficaram os tratamentos com COM a 5,0%; 7,5% e 10,0%, e o BLE a 2,5%, no Grupo 2 ficaram os tratamentos com BLE a 5,0%; 7,5% e 10,0%, e no Grupo 3 ficou a testemunha e o COM a 2,5%.

Na Figura 10C observa-se a formação dos grupos e o que cada grupo representa. O Grupo 1 está localizado no componente principal direito e possui as melhores características físicas, o Grupo 2 está basicamente no componente principal esquerdo inferior e possui as melhores características bioquímicas e o Grupo 3 está no componente principal superior e não possui resultados adequados das variáveis analisadas.



**Figura 10** – Análises multivariadas do Experimento 2.

Os resultados mostram que os tratamentos com COM tiveram resultado superior nas características físicas das mudas, conseqüentemente mudas de melhor qualidade, segundo o Índice de Qualidade de Dickson. Observa-se que o tratamento com maior concentração de COM apresenta melhor desempenho. Faz-se necessário o desenvolvimento de outros estudos para corroborar com a hipótese e estimar um valor máximo de concentração para melhor desenvolvimento das mudas.

Os tratamentos com o BLE demonstraram uma superioridade nos teores fotossintetizantes das mudas. Um dos efeitos residuais do BLE é o aumento da disponibilidade de Cu, Mn e Zn, elementos essenciais e deficientes em solos tropicais intemperizados (CHAGAS, 2021). Sabe-se que o Manganês (Mn) desempenha diversas funções, dentre elas o auxílio no funcionamento dos cloroplastos e no processo de fotossíntese, podendo justificar o desempenho superior nas avaliações de clorofilas e carotenoides no BLE no presente trabalho.

Estudos comprovam que tratamentos realizados com BLE em conjunto com nitrogênio e potássio possuem melhor desempenho do que o fertilizante orgânico NPK, pois além de disponibilizar fósforo para as plantas, o BLE possui forte poder residual



(FIGUEIREDO *et al.*, 2020). Uma excelente alternativa para o uso do BLE é como condicionador do solo para correção de solos pobres em P e suas contribuições para o aumento de produtividade (CHAGAS, 2021).

## 7. CONCLUSÕES

- 1) As características físicas das mudas apresentam resultados superiores com o uso das fontes de fertilizantes orgânicos biochar e composto orgânico em comparação com a testemunha. O tratamento com composto orgânico a 10,0% apresenta os melhores resultados para as variáveis descritas.
- 2) O biochar de lodo de esgoto a 7,5% proporciona melhores resultados dos teores foliares de clorofila e carotenoides em relação as demais concentrações de biochar e de todos os tratamentos do composto orgânico.
- 3) De acordo com Índice de Qualidade de Dickson, as mudas de melhor qualidade são produzidas com composto orgânico.
- 4) As duas fontes de fertilizantes orgânicos são eficientes para produção de mudas de maracujá azedo em relação a testemunha (sem fonte de fertilizante orgânico), entretanto recomenda-se a utilização do composto orgânico devido ao seu desempenho, acessibilidade e sua facilidade de produção quando comparado ao biochar de lodo de esgoto.

## REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS , 2018. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/>>. Acesso em: 2022.
- ALMEIDA, M. O. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de maracujazeiro-amarelo em substratos orgânicos e comercial e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 180-185, 2014.
- AMELOOT, N.; GRABER, E.; VERHEIJEN, F. N. S. D. Interactions between biochar stability and soil organisms: review and research needs. **European Journal of Soil Science**, n. 64, p. 379-390, 2013.
- ARAÚJO, A. S. Dissertação de mestrado em agronomia. **Biochar e Trichoderma harzianum no controle de Macrophomina phaseolina**, Brasília, 2018. 71.
- ARAÚJO, D. D. Dissertação de mestrado em ciências florestais (UnB). **Efeito do biochar de lodo de esgoto no crescimento inicial de mudas de Erythrina velutina willd**, Brasília-DF, Jun 2016. 79.
- BARBOSA, N. C. S. TCC (Bacharelado em Ciências Biológicas). **Anatomia foliar comparada de quatro espécies de Passiflora L. (Passifloraceae) infectadas pelo vírus do endurecimento dos frutos do maracujazeiro**, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. 48 f. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18802/1/Anatomia%20foliar%20de%20Passiflora%20%28TCC%29.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- BARROS, J. Trabalho de conclusão de curso. **Biochar de lodo de esgoto e composto orgânico na produção de mudas de maracujá azedo**, 2022.
- BOLDT, R. H. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Acre. **Formação de mudas e produção de rúcula em função dos substratos**, Rio Branco, 2014. 40 f.
- CAESB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2021. Disponível em: <<https://caesb.df.gov.br/empresa/legislacao1/resolucoes/3-portal/esgoto.html>>. Acesso em: Maio 2022.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Diferentes proporções de bio sólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.
- CASTELLINI, M. et al. Impact of biochar addition on the physical and hydraulic properties of a clay soil. **Soil & Tillage Research**, p. 1-13, 2015. ISSN 154.
- CASTRO, A. L. F. G.; SILVA, O. R.; SCALIZE, P. S. Cenário da disposição do lodo de esgoto: uma revisão das publicações ocorridas no Brasil de 2004 a 2014. **Multi-Science Journal**, p. 66-73, 2015.
- CAVALCANTE, A. G. et al. Production of yellow passion fruit seedlings on substrates with different organic compounds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 12, p. 1086-1091, 2016.

CAVALCANTE, L. S. **Descritivo dos Sistemas de Tratamentos de Esgotos das ETEs da POE/DP/CAESB – 2020**. SEPE. Brasília, p. 17. 2020.

CAYUELA, M. L. et al. Biochar and denitrification in soils: when, how much and why does biochar reduce N<sub>2</sub>O emissions? **Scientific Reports**, v. 3, p. 1-7, 2013.

CHAGAS, J. K. M. Dissertação de Mestrado em Agronomia (UnB). **Efeito Temporal do Biochar de Lodo de Esgoto nos Indicadores de Fertilidade e Ambientais do Solo**, Brasília-DF, Jan 2021. 122.

CLOUGH, T. et al. A review of biochar and soil nitrogen dynamics. **Agronomy**, v. 3, p. 275-203, 2013.

CONAMA. **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. CONAMA. Brasília, DF. 2006.

COSTA, F. M. et al. Produção de mudas de maracujá amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 138-146, 2018.

DEENIK, J. L.; COONEY, M. J. The Potential Benefits and Limitations of Corn Cob and Sewage Sludge Biochars in an Infertile Oxisol. **Sustainability**, v. 8, n. 131, p. 1-18, 2016.

DELARMELINA, W. M. et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013.

EMBRAPA. **Embrapa Cerrados**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1038/maracuja-azedo-brs-sol-do-cerrado-brs-sc1>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa**, Brasília, DF, 2016.

FAO , 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 2022.

FARIA, W. M. et al. Is sewage sludge biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from a two-year field experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, p. 1-15, 2017.

FARIA, W. M. et al. Is sewage biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from a two – year field experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38, 2014. 109-112.

FIGUEIREDO, C. C. et al. Influence of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of biochar from sewage sludge. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 2018.

FIGUEIREDO, C. C. et al. Direct and residual effect of biochar derived from biosolids on soil phosphorus pools: A four-year field assessment. **Science of the Total Environment**, v. 739, 2020.

FRISTÀK, V.; PIPÍSKA, M.; SOJA, G. Pyrolysis treatment of sewage sludge: a promising way to produce phosphorus fertilizer. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

GONTIJO, G. M. **Cultivo do Maracujá**: informações básicas. Brasília: Emater-DF: Coleção Emater, v. 26, 2017. 40 p.

HARTLEY, W.; RIBY, P.; WATERSON, J. Effects of three different biochars on aggregate stability, organic carbon mobility and micronutrient bioavailability. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 1-9, 2016.

HARTLEY, W.; RIBY, P.; WATERSON, J. Effects of three different biochars on aggregate stability, organic carbon mobility and micronutrient bioavailability. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 1-9, 2016.

IBGE , 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2022.

IBGE , 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2022.

JAISWAL, A. K. et al. Non-monotonic influence of biochar dose on bean seedling growth and susceptibility to *Rhizoctonia solani*: the “Shifted Rmax-Effect”. **Plant and Soil**, v. 395, p. 125-140, 2015.

KATAYAMA, V. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo**: uma análise crítica. 4. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 20, 2015. 559-569 p.

KEHERWALD, G. U. Monografia de Graduação em Agronomia (UnB). **Biochar de lodo de esgoto como fonte de fósforo para o milho: uma abordagem inicial**, Brasília - DF, 2021. 44.

KIRCHMANN, H. et al. From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook. **Ambio**, 2016. 143-154.

KLEEMANN, R. et al. Comparison of phosphorus recovery from incinerated sewage sludge ash (ISSA) and pyrolysed sewage sludge char (PSSC). **Waste Management**, v. 60, p. 201-210, 2017.

LEITE, R. C. et al. Influência de substratos e recipientes no desenvolvimento de mudas de pepino. In: ENCONTRO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Gurupi-TO, p. 140-150, 2014.

LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. In: \_\_\_\_\_ **Biochemical Society Transactions**. 603. ed. [S.l.]: [s.n.], 1983. p. 591-592.

LIMA, I. M. O. et al. Diferentes substratos e ambientes protegidos para o crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo doce. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 39-47, 2016.

LIMA, S. R. E. A. Produção de mudas de maracujazeiro cultivada com diferentes doses de calcário dolomítico. **Revista Agroecossistemas**, Paraíba, v. 5, n. 2, p. 24-33, junho 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/1795>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

LIU, T.; LIU, B.; ZHANG, W. Nutrients and heavy metals in biochar produced by sewage sludge pyrolysis: its application in soil amendment. **Polish Journal of Environmental Studies**, Poland, v. 23, n. 1, p. 271-275, 2014.

MATIAS, L. D. L. Trabalho de conclusão de curso. **Biochar de lodo de esgoto e composto orgânico na produção de mudas de maracujá azedo**, Brasília, 2022.

MEDEIROS, W. J. F. D. Biofertilizante bovino via água de irrigação: ação no crescimento, produção e qualidade dos frutos de maracujazeiro amarelo. **TCC (Graduação em Agronomia)**, Universidade Federal da Paraíba, 2013. 81 f. Disponível em: <<http://rei.biblioteca.ufpb.br:8080/jspui/handle/123456789/731>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

MELO JUNIOR, H. B. E. A. Produção do maracujazeiro amarelo sob diferentes sistemas de condução. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 14-31, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/producao%20do%20maracujazeiro.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

MINUTA – PDSB. **Plano Distrital de Saneamento Básico**, Governo de Brasília, 2017.

NASCIMENTO, E. S. E. A. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo na produção demudas de maracujazeiro irrigadas com águas salinas e biofertilizantes de esterco bovino. **Revista Agropecuária Técnica**, Paraíba, v. 38, n. 1, p. 12-24, 2017. Disponível em: <[periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/download/28090/17512](http://periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/download/28090/17512)>. Acesso em: 24 jul. 2022.

OLIVEIRA, K. S. E. A. Influencia de substratos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em condições de casa de vegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 354-382, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622012000600008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000600008)>. Acesso em: 24 jul. 2022.

PIAS, O. H. C. et al. Produção de mudas de cedro em função de tipos de recipiente e fontes de fertilizante. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 153-158, 2015.

PIRES, A.; ANDRADE, C. **Recomendação de dose de lodo de esgoto: a questão do nitrogênio**. Comunicado técnico, EMBRAPA. [S.l.], p. 7. 2014.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. O.; BANDEIRA, F. S. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3775-3787, 2013.

SANTOS, A. C. M. et al. Produção de mudas de tomateiro cv. Drica sob substratos alternativos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 1-12, 2015.

SANTOS, V. A. D. et al. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas de diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.

SHENBAGAVALLI, S.; MAHIMAIRAJA, S. Characterization and effect of biochar on nitrogen and. **International Journal of Advanced Biological Research**, v. 2, p. 249-255, 2012.

SILVA, F. O. R. E. A. Efeito do resíduo de tanque de piscicultura na produção de mudas de maracujazeiro. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 78, n. 1, p. 87-98, jun. 2017.

SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020, Brasília, DF, 2020. 212.

SOHI, S. P. Carbon storage with benefits. **Science**, v. 338, p. 1034-1035, 2012.

SONG, W. & G. M. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, n. 94, p. 138-145, 2012.

SOUSA, A. A. T. C. & F. C. C. Sewage sludge biochar: effects on soil fertility and growth of radish. **Biological Agriculture & Horticulture**, 2015.

UNICEF; WHO. World Health Organization. **Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment**, 2020. 81.

VIEIRA, N. D. Estudo da pirólise de lodo sanitário visando, sua valorização energética. **(Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química**, 2012. 95.

YUAN, H. et al. Sewage sludge biochar: Nutrient composition and its effect on the leaching of soil nutrients. **Geoderma**, v. 267, p. 17-23, 2016.