

**LARISSA LEITE BARBOSA**

**USO DE SUBSTRATO DE BIOCÁRVÃO DE COCO VERDE NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO  
(*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*)**

São Cristóvão – SE

Abril - 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

**USO DE SUBSTRATO DE BIOCARVÃO DE COCO VERDE NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO  
(*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*)**

Monografia apresentada ao Departamento de  
Engenharia Agrônômica – Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO em:

ORIENTADO:

Documento assinado digitalmente  
 MARIA ISIDORIA SILVA GONZAGA  
Data: 11/04/2024 09:14:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dra. Maria Isidória Silva Gonzaga**

**(Orientadora)**

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO ROBERTO ALMEIDA VIEGAS  
Data: 10/04/2024 15:58:07-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 AIRON JOSE DA SILVA  
Data: 11/04/2024 07:25:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Pedro Roberto Almeida Viégas**

**(Coorientador)**

**Prof. Dr. Airon José da Silva**

**(Banca examinadora)**

Pelo carinho, paciência e apoio incondicionais, dedico  
este trabalho aos meus amigos e familiares.  
Sem vocês, alcançar esse sonho seria impossível.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Hélio e Aline, meus exemplos desde criança. Agradeço pelo incentivo para alcançar meus sonhos, por priorizarem minha educação e por todo o amor e harmonia existentes no meu lar. À minha irmã, Heloísa, por toda a admiração e descontração durante essa jornada.

Sou eternamente grata aos meus orientadores, Maria Isidória e Pedro Viégas, por terem guiado meu aprendizado com tanto acolhimento e paciência.

À toda a equipe do LAS: Danielle, Adriely, Cilene, Andreza, Kelianna, José Carlos, Marcus e Marcos Henrique. Agradeço também à equipe do LRS, em especial a Airon, Idamar e Kairon, por todo o apoio durante a elaboração dessa pesquisa.

Toda a minha gratidão ao Agrishoro, meu grupo de amigas que me acompanhou e cresceu comigo a cada passo. Muito obrigada pelas risadas e lágrimas compartilhadas! Me sinto honrada de terminar esse ciclo com vocês. Quem tem vocês como amigas, tem tudo!

Por fim, agradeço à minha companheira, Amanda. Você sempre acreditou no meu potencial e sonhou junto comigo. Obrigada por compreender minhas ausências e me cuidar com tanto carinho. Seu apoio foi fundamental para manter o equilíbrio emocional necessário para chegar até aqui.

## SUMÁRIO

Lista de figuras.....	V
Lista de tabelas.....	VII
Resumo.....	VIII
1. Introdução .....	10
2. Referencial teórico.....	12
2.1 A cultura do maracujá.....	12
2.1.1 Taxonomia e centro de origem.....	12
2.1.2 Características morfológicas.....	13
2.1.3 Exigências edafoclimáticas.....	13
2.1.4 Propagação.....	14
2.1.5 Produção brasileira do fruto.....	15
2.2 A cultura do coco.....	15
2.2.1 Produção do coco verde.....	15
2.2.2 Resíduos do coco verde.....	15
2.3 Biocarvão.....	16
2.3.1 Biochar para a produção de mudas de maracujá-amarelo.....	18
2.3.2 Biochar de coco.....	18
3. Material e métodos.....	19
3.1 Coleta do solo e caracterização.....	19
3.2 Obtenção dos resíduos e produção de biochar.....	20
3.3 Incubação do biocarvão.....	21
3.4 Histórico do experimento.....	22
3.5 Delineamento experimental e condução do ensaio em estufa agrícola.....	22
3.6 Variáveis avaliadas.....	24
3.7 Análise estatística.....	25
4. Resultados e discussão.....	25
5. Conclusões .....	36
6. Referências .....	37

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Corte longitudinal do fruto do coqueiro.....	pg 15
<b>Figura 2:</b> Descarte de resíduos de coco verde em região litorânea.....	pg 16
<b>Figura 3:</b> Reator artesanal do tipo TLUD (top lid up draft) em funcionamento, utilizado para produção de biocarvão das fibras de coco verde.....	pg 20
<b>Figura 4:</b> Aspecto inicial das plântulas de maracujá. Imagem obtida por meio do software Groundeye®.....	pg 23
<b>Figura 5:</b> Altura (a), diâmetro à altura do coleto (b), número de folhas (c) e relação altura:diâmetro do coleto (d) de plantas jovens de maracujá-amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> ) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.....	pg 30
<b>Figura 6:</b> Percentagem de crescimento em relação ao tamanho inicial (a), Percentagem de crescimento em relação ao controle (b) de plantas jovens de maracujá-amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> ) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe.....	pg 30
<b>Figura 7:</b> Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão + Esterco de frango + Biofertilizante Artesanal.....	pg 31
<b>Figura 8:</b> Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão .....	pg 32
<b>Figura 9:</b> Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão + Esterco + Biofertilizante Comercial.....	pg 32
<b>Figura 10:</b> Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), relação massa seca da parte aérea e da raiz (c) e Índice de Qualidade de Dickson (IQI) (d) de plantas jovens de maracujá-amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> ) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.....	pg 36

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1:** A caracterização dos nutrientes no biocarvão de coco verde e no esterco de frango. \*: concentração total; \*\*: Concentração solúvel em água..... pg 21
- Tabela 2:** Caracterização química do biofertilizante comercial. Informação fornecida pelo rótulo..... pg 21
- Tabela 3:** Proporção entre quantidades de biocarvão de coco verde e demais componentes dos tratamentos para incubação pré incorporação no solo..... pg 22
- Tabela 4:** Condutividade elétrica (CE), relação Ca:Mg e concentrações disponíveis de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) em um Argissolo Vermelho Amarelo após a adição de biocarvão de resíduos de coco verde e variações. São Cristóvão, SE. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância..... pg 26

## RESUMO

O biocarvão, produto da pirólise de biomassa, tem sido usado para melhorar aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, sendo estudado aqui como substrato para produção vegetal. A pesquisa teve por objetivo analisar o potencial reaproveitamento das fibras de coco verde, na forma de biocarvão, para a produção de mudas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). Os tratamentos incluíram a utilização de biocarvão bem como combinações de biocarvão, esterco de frango e biofertilizantes líquidos, todos incubados por 21 dias antes da aplicação ao solo. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, 7 tratamentos (T0: controle, T1: Biocarvão (B), T2: B+esterco (B+E), T3: B+E+biofertilizante líquido artesanal (B+E+BFA), T4: B+BFA, T5: B+E+biofertilizante líquido comercial (B+E+BFC) e T6: B+BFC), com 4 repetições. As plantas foram mantidas em estufa agrícola por 45 dias. Amostras de solo de cada tratamento foram analisadas antes do cultivo das mudas para a determinação da condutividade elétrica e concentrações disponíveis de Ca, Mg, P, K e Na. Nas plantas, foram avaliados aspectos indicadores de qualidade de mudas: altura, diâmetro do coleto, massa seca de parte aérea e de raiz. O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi então calculado. Observou-se que o enriquecimento do biocarvão com esterco e biofertilizantes aumentou os níveis de Ca, Mg, P e K no solo, porém, o biocarvão aplicado isoladamente no solo é fonte importante de K. Os tratamentos B, B+E+BFA e B+E+BFC produziram mudas mais altas, mas o mesmo padrão não foi observado para a produção de massa seca, embora aumentos significativos foram observados para B+E, B+E+BFC e B+BFC. Dessa forma, a aplicação do IQD mostrou que os tratamentos que resultaram nas melhores mudas foram B+BFC e B+E, com aumentos de 35% e 15% no índice, respectivamente, enquanto o biocarvão sozinho ou com BFA reduziram significativamente a qualidade das mudas em quase 50%. Portanto, usado de forma correta, o biocarvão de resíduos de coco verde é uma alternativa sustentável como condicionador de solo para a produção de mudas de boa qualidade de maracujazeiro amarelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocarvão; Biofertilizantes; nutrição de plantas; Reaproveitamento de resíduos orgânicos.

## ABSTRACT

Biochar, derived from the pyrolysis of biomass, has been utilized to enhance chemical, physical, and biological aspects of soil, and is being investigated here as a substrate for plant production. This study aimed to assess the potential reuse of green coconut fibers, in the form of biochar, for yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) seedling production. Treatments included biochar alone and combinations of biochar, chicken manure, and liquid biofertilizers, all incubated for 21 days before soil application. A randomized complete block design with 7 treatments (T0: control, T1: Biochar (B), T2: B+manure (B+E), T3: B+E+artisanal liquid biofertilizer (B+E+BFA), T4: B+BFA, T5: B+E+commercial liquid biofertilizer (B+E+BFC), and T6: B+BFC), with 4 replications, was employed. Plants were maintained in a greenhouse for 45 days. Soil samples from each treatment were analyzed before seedling cultivation to determine electrical conductivity and available concentrations of Ca, Mg, P, K, and Na. Plant indicators of seedling quality—height, stem diameter, shoot dry mass, and root dry mass—were evaluated. The Dickson quality index (DQI) was then calculated. Enrichment of biochar with manure and biofertilizers increased Ca, Mg, P, and K levels in the soil; however, biochar applied alone acted as a significant source of K. Treatments B, B+E+BFA, and B+E+BFC produced taller seedlings, but the same trend was not observed for dry mass production, although significant increases were noted for B+E, B+E+BFC, and B+BFC. Thus, the DQI application indicated that treatments resulting in the best seedlings were B+BFC and B+E, with increases of 35% and 15%, respectively, while biochar alone or with BFA significantly reduced seedling quality by nearly 50%. Therefore, when used appropriately, biochar from green coconut waste represents a sustainable alternative as a soil conditioner for producing high-quality yellow passion fruit seedlings.

Key words: Biochar; Biofertilizer; Plant nutrition; Reuse of organic waste

## 1. INTRODUÇÃO

*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*, conhecida popularmente como maracujá-amarelo, é uma espécie frutífera pertencente à família *Passifloraceae* (Oliveira *et al.*, 2017). Seus frutos são consumidos tanto *in natura* quanto na forma de suco, além de serem utilizados como fonte de pectinas na agroindústria e apreciados por seus benefícios à saúde humana na indústria farmacêutica e de cosméticos (Landau e da Silva, 2020; Faleiro *et al.*, 2016; Cobra *et al.*, 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial do fruto do maracujazeiro. Segundo o censo agropecuário de 2022, o país produziu 697.859 toneladas do fruto em cerca de 45.602 hectares, sendo a Bahia o principal produtor nacional. Em Sergipe, nesse mesmo ano, foram produzidas 12.808 toneladas de maracujá. Essa elevada produtividade do maracujazeiro se deve, em parte, à qualidade da muda utilizada. Por exemplo, para cultivos comerciais, normalmente são utilizadas mudas propagadas por sementes, que aumentam em até 60% o sucesso da lavoura. Normalmente são germinadas em substratos comerciais que se adequem à cultivar escolhida (Cabral *et al.*, 2023; Junghans, 2017).

Outra cultura com grande destaque econômico no Brasil é o coqueiro, cultivado principalmente para o consumo *in natura* do coco verde. Segundo o IBGE, em 2022 foram produzidos 1.829.612 mil frutos em todo o país. A maior demanda nacional é a água de coco, consumida como bebida energética natural, embora o fruto possa ser consumido em outros produtos como leite de coco ou coco ralado (Brainer, 2021). A grande quantidade de frutos produzida conseqüentemente gera um enorme volume de resíduos, pois as cascas de coco representam 80% do peso do fruto. Esses resíduos volumosos são um desafio para a limpeza urbana, que muitas vezes não é capaz de direcionar todo montante produzido para os aterros, com conseqüente descarte de parte do coco verde em praias e terrenos baldios. Essa prática gera impactos negativos ao meio ambiente, tornando importante a busca de alternativas para a destinação do resíduo (Rocha *et al.*, 2015).

A transformação de materiais diversos em biocarvão tem sido utilizada mundialmente como estratégia ambientalmente sustentável para o aproveitamento de resíduos orgânicos, industriais ou urbanos, pois além de reduzir o volume, aumenta a estabilidade do carbono (de Barros *et al.*, 2019; Novotny *et al.*, 2015). O termo biocarvão, ou biocarvão, é usado para denominar o produto sólido da pirólise de biomassa de resíduos, produzido com o intuito final de condicionar o solo e aumentar sua fertilidade (Mukherjee *et al.*, 2011).

Nesse sentido, os resíduos de coco verde podem potencialmente ser usados para a produção de biocarvão, visto que biomassas ricas desse composto produzem biocarvão com maior rendimento e poder calorífico em função do elevado teor em lignina (Rocha et al., 2015; Novotny, 2015).

Uma vez que a qualidade das mudas é crucial para o sucesso da lavoura de maracujá e o substrato comercial muito oneroso, o biocarvão vem sendo testado como possível alternativa (Costa et al., 2018; Rezende et al., 2015). Por exemplo, o biocarvão de casca de arroz promoveu bom crescimento e qualidade das mudas de maracujá-amarelo, se mostrando mais eficiente e barato quando comparado ao substrato comercial (Rezende et al., 2015). Maia (2018) concluiu que o biocarvão tem efeito equiparado ao do substrato comercial na produção de mudas da mesma espécie quando aplicado em conjunto com esterco de frango na proporção 2;1. O próprio biocarvão das fibras de coco verde vem sendo utilizado como componente do substrato para produção de mudas de espécies como *Corymbia citriodora* e *Carica papaya L.*, proporcionando melhores resultados nos parâmetro de crescimento, morfologia e qualidade final da muda (Reis et al., 2022; Souza, 2020).

A grande maioria dos estudos aplicam o biocarvão diretamente à mistura para o preparo de substratos para a produção de mudas, sem a preocupação de uma ativação prévia que melhore a interação do biocarvão com o solo e demais ingredientes. Esse pré-tratamento é importante para mitigar partes hidrofóbicas e excessivamente hidrofílicas do biocarvão, bem como proporcionar melhor desenvolvimento da microbiota, uma vez que o biocarvão, sendo produzido a elevadas temperaturas, se torna inicialmente inerte. No presente estudo, vários ingredientes foram utilizados para o pré-tratamento do biocarvão antes da mistura com o substrato e contato com as plantas.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar o potencial reaproveitamento das fibras de coco verde pirolisadas, com ativação prévia, como substrato agrícola para produção de mudas de qualidade de *Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A CULTURA DO MARACUJÁ

#### 2.1.1. TAXONOMIA E CENTRO DE ORIGEM

*Passiflora* é o gênero que engloba as cerca de 500 espécies, sendo cerca de 70 frutíferas produtoras dos frutos conhecidos popularmente como maracujá, pertencentes à família *Passifloraceae*, cujo centro de origem está situado na América Tropical, sendo também nativa no Brasil (Landau e da Silva, 2020; Faleiro et al, 2016).

No Brasil, existem cerca de 140 espécies nativas do gênero, sendo a *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* a principal e mais difundida entre os produtores brasileiros (Baeta, 2018). *P. edulis* possui boa aceitação pelos consumidores e bom retorno econômico, sendo principalmente consumida *in natura* ou na indústria de sucos no próprio país, bem como utilizada como fonte de pectinas para a agroindústria (Faleiro et al, 2016; Cobra et al, 2015). Além disso, é um produto apreciado pelos benefícios à saúde humana, amplamente utilizado para controle de ansiedade devido ao seu efeito calmante em decorrência da presença de passiflorina, além do uso das sementes trituradas como vermífugo (Sarrico et al., 2022; Teixeira 2020).

Apesar da existência de muitas espécies, existe um grande número de híbridos artificiais desenvolvidos com o objetivo de aumentar a produtividade, promover resistência a pragas e doenças, ou mesmo uso para fins ornamentais (Ulmer e Macdougall, 2004; Grisi, 2021). Dentre as cultivares geneticamente melhoradas, existe o BRS Gigante Amarelo, que apresenta alta produtividade e qualidade ideal para consumo *in natura* (Andrade Neto et al., 2015; Braga et al., 2008). O BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do cerrado, ambos com alta produtividade e, respectivamente, apresentando frutos de coloração amarela e arroxeadada (Brito et al., 2022; Andrade Neto et al., 2015).

Brito (2022) realizou um levantamento das cultivares de maracujá-amarelo existentes no Brasil, caracterizando resistências às principais doenças, finalidade do genótipo na indústria e rendimento de sua polpa. Neste trabalho, são descritas as cultivares registradas pela Embrapa, IAC, entre outros. Para escolher a cultivar ideal, é importante definir o destino dos frutos (consumo *in natura*, processamento, mercado farmacêutico, entre outros), bem como as condições edafoclimáticas de plantio para escolher cultivares adaptadas à região e garantir um bom volume e qualidade de produção (Junghans, 2017).

### 2.1.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

As espécies do gênero *Passiflora* são trepadeiras, podendo atingir de 5 a 10 metros de comprimento, apresentando sistema radicular pivotante pouco profundo e folhas que variam em forma, cor e tamanho. Suas folhas são lobadas e verdes e os pecíolos apresentam um par de nectários e possuem entre 2 e 3 cm de comprimento. Após algum tempo de desenvolvimento, a planta emite gavinhas na região de inserção das folhas (Beraldo e Miyake, 2010).

As flores são hermafroditas e vistosas, ocorrendo durante quase todo o ano nas regiões onde o período claro se estende por mais de 11 horas (Faleiro et al., 2017; de Oliveira e Samuelsson, 2022). A planta é alógama obrigatória, ou seja, depende da polinização cruzada para frutificar e se reproduzir. Do contrário, as flores murcham e caem (Bruckner e Silva, 2002). Porém, uma vez que os grãos de pólen dessa espécie são muito grandes para transporte pelo vento, são necessários insetos para realizar a polinização (de Oliveira e Samuelsson, 2022). Os principais agentes são as abelhas mamangavas, pertencentes ao gênero *Xylocopa* spp. Além da natural, realiza-se em alguns pomares a polinização artificial, feita manualmente em cada flor caso haja escassez de polinizadores (Santos e Bezerra, 2023; Vieira et al., 2010).

Os frutos do gênero variam em cor e formato, podendo apresentar coloração amarela, roxa, esverdeada ou alaranjada em formatos globosos, piriforme ou ovóides. Cada fruto apresenta polpa amarelada com número de sementes que varia entre 200 a 300 (Pereira et al., 2018).

### 2.1.3. EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

As condições climáticas ideais para o cultivo de maracujá azedo são as encontradas nas regiões de clima tropical e subtropical, como de seu centro de origem, com temperaturas médias em torno dos 30°C (Faleiro et al., 2017). Caso as precipitações sejam inferiores a 800mm anuais, os pomares devem ser irrigados, sendo a disponibilidade hídrica um fator decisivo para a qualidade do fruto e uma produção ao longo de todo o ano (De Souza, 2001).

Para melhor desenvolvimento da cultura, o solo deve ser profundo, de textura média, bem drenado e rico em matéria orgânica (Borges, 2021). Idealmente, o relevo deve ser plano ou levemente inclinado. Com relação à nutrição, é sabido que cada nutriente desempenha uma função no desenvolvimento vegetal. Por meio da adubação, os nutrientes

devem ser fornecidos de acordo com a demanda da cultura e a disponibilidade pré-existente no solo (Junghans, 2017). Recomenda-se a realização de adubação de plantio contendo NPK e micronutrientes posterior à análise do solo, seguida de adubação de formação rica em nitrogênio e potássio até os 180 dias de plantio e, por fim, a realização de adubação de produção, que garantirá maior qualidade de frutos e aumento da produtividade (Borges, 2021).

Os macronutrientes mais extraídos pela cultura são N>K>Ca>S>P>Mg (Rolim et al., 2019). O nitrogênio, por exemplo, tem papel importante na composição de proteínas e componentes estruturais, além de atuar em processos fisiológicos vitais para a planta como fotossíntese, respiração e diferenciação celular (Taiz e Zeiger, 2007). É essencial no crescimento vegetativo como também na indução das gemas floríferas (Malavolta et al., 1997). Dessa forma, no caso de deficiência nutricional, a planta apresentará baixa estatura e crescimento lento, além de produtividade reduzida (Coelho et al., 2020).

O potássio, além das muitas funções no metabolismo vegetal, de forma prática afeta diretamente a qualidade dos frutos, uma vez que sua deficiência reduz o tamanho e doçura. Também diminui produtividade pois provoca atraso na floração e diminuição da área foliar (de Souza et al., 2023). Sua deficiência pode causar queda dos frutos ou a chamada mumificação (Rolim et al., 2019). O fósforo contribui para o crescimento vegetativo e emissão de raízes, afetando consequentemente a produtividade. Já o cálcio é um importante constituinte da parede celular e, quando ausente, causa deformações nas folhas e consequentemente queda na produtividade, além de morte da gema apical (Borges, 2021).

#### **2.1.4. PROPAGAÇÃO**

O maracujazeiro pode ser propagado de forma sexuada, por meio das sementes, ou de forma vegetativa, por meio de estaquia e enxertia. De forma geral, para cultivos comerciais no Brasil, essa propagação é feita por meio de sementes (Junghans, 2017). Para cultivos comerciais de maracujá, normalmente são utilizadas mudas, que aumentam em até 60% o sucesso da lavoura, aumentando produtividade e precocidade da primeira produção (Cabral et al., 2023; Junghans, 2017). Para tanto, as mudas são produzidas em tubetes ou saquinhos, utilizando variados tipos de substratos, que devem ser escolhidos com base na semente utilizada e suas exigências quanto à umidade, sensibilidade à luz e às demais necessidades fisiológicas para se desenvolver (Junghans, 2017; Guerra et al., 2017).

Substratos comerciais, como o Plantmax®, apresentam boas características para o desenvolvimento dessas plantas, sobretudo quando associados à esterco e vermiculita (Lima et al., 2016). Entretanto, estes apresentam elevado custo, fato que estimula a busca por substratos alternativos para baratear o custo de produção e aumentar o lucro (Costa et al., 2018).

### **2.1.5. PRODUÇÃO BRASILEIRA DO FRUTO**

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá. Segundo o censo agropecuário de 2022, o país produziu 697.859 toneladas do fruto em cerca de 45.602 hectares destinados aos pomares da cultura. A Bahia foi o principal produtor nacional, produzindo 227.867 toneladas em 18.574 hectares. Sergipe, cujo principal produtor é Lagarto, produziu 12.808 toneladas de maracujá (IBGE, 2022).

## **2.2. A CULTURA DO COCO**

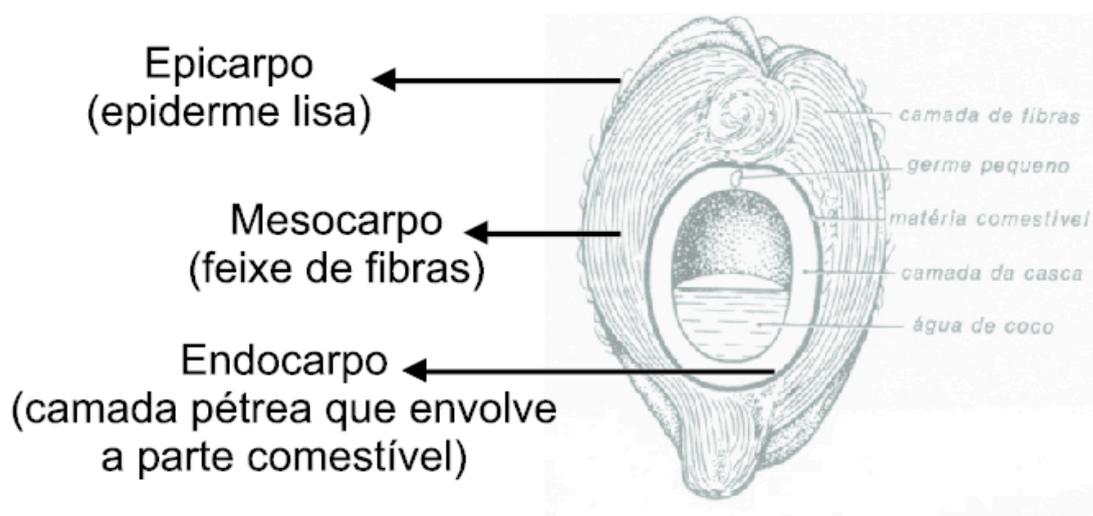
### **2.2.1. PRODUÇÃO DO COCO VERDE**

No Brasil, um dos produtos com destaque econômico é o coco. Segundo o IBGE, em 2022 foram produzidos 1.829.612 mil frutos em todo o país, sendo o Ceará o maior produtor com 572.328 mil frutos. Em Sergipe, essa cultura também é importante, tendo produzido 140.245 mil frutos, equivalentes a 8% da produtividade nacional.

### **2.2.2. RESÍDUOS DO COCO VERDE**

Esse fruto do gênero *Cocos* é constituído pela espécie *Cocos nucifera* L., que apresenta diversas variedades como o coqueiro anão verde, o vermelho de camarões, entre outros (Souza, 2020). Seu fruto é do tipo drupa e apresenta-se recoberto por fibras, envoltas por uma camada verde ou amarelada na fase imatura (Montoya, 2015) (Figura 1).

**Figura 1.** Corte longitudinal do fruto do coqueiro.



Fonte: Ferreira et al. (1998)

No Brasil, a maior demanda é pelo denominado coqueiro anão verde, interessante para produção de água de coco, consumida como bebida energética natural, embora o fruto possa ser consumido em outros produtos como leite de coco ou coco ralado (Brainer, 2021). Entretanto, apesar dos vários produtos oriundos da cultura, as cascas do coco não são consumidas, sendo descartadas em praias ou aterros, compreendendo impactos negativos ao meio ambiente (Rocha et al., 2015) (Figura 2). Essas cascas representam em torno de 80% do peso dos frutos, sendo portanto um grande desafio destiná-las a um novo uso.

Atualmente, já existem empregos para aproveitar esse resíduo na indústria, produzindo sacarias, estofados ou colchões (Zampoli, 2017). No ramo da agricultura, é utilizado como xaxim e substrato agrícola na forma de pó de coco, interessante por ser inerte e conferir boa porosidade e retenção de água, convenientes para plantio em vasos ou produção de mudas (Abad et al, 2002). Mais recentemente, a transformação de resíduos de coco verde em biocarvão para uso como condicionador de solos aponta uma forma eficiente e sustentável para o aproveitamento desse material (Padilla, 2023).

**Figura 2.** Descarte de resíduos de coco verde em região litorânea.



Fonte: Site Instituto Ecoação (Acesso em 25/03/2024).

### 2.3. BIOCARVÃO

Pirólise é o nome dado à decomposição térmica de biomassa orgânica em ambiente com baixo ou nenhum oxigênio, em temperaturas na faixa dos 300 a 1000°C. Seus produtos finais são uma fração gasosa, líquida e sólida (Lopes, 2022). A fração sólida é o biocarvão, produzido com o intuito final de condicionar o solo e aumentar sua fertilidade (Mukherjee et al., 2011). Este pode ser produzido a partir do aproveitamento de resíduos orgânicos, industriais ou mesmo urbanos, sendo uma boa alternativa para promover sustentabilidade no meio ambiente (Novotny et al., 2015).

As características químicas do biocarvão dependem do resíduo orgânico utilizado, do tipo de pirólise, do tempo de produção e da temperatura (Conz, 2015). Independente dos fatores de variação, o biocarvão resultante apresenta alto teor de carbono estável e recalcitrante. Esse material tem sido usado para melhorar propriedades químicas, biológicas e físicas do solo, apresentando diversos benefícios (Pereira et al., 2016; Nanda et al., 2016).

O biocarvão tem o poder de promover aumento da CTC, pH e carbono orgânico, a adsorção e fixação biológica de nutrientes (Stroher et al., 2023). Além disso, por ser poroso, pode melhorar a retenção de água no solo e disponibilizar potássio e fósforo, presentes nas cinzas também resultantes da pirólise (Sohi et al, 2010). Outra função interessante desse material é a adsorção de elementos poluentes, como herbicidas, inseticidas e demais agrotóxicos prejudiciais à saúde humana, resultando em uma menor lixiviação e absorção dos químicos pelas plantas (Agante, 2021).

Atualmente, a quantidade de estudos avaliando diferentes tipos de biocarvão na produção de mudas tem crescido. Boa parte das pesquisas é realizada com espécies florestais. O trabalho desenvolvido por Basílio et al. (2020), por exemplo, avaliou a adição de biocarvão de casca de pequi ao substrato comercial Bioplant®, com objetivo de produzir mudas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Concluiu-se que o tratamento promoveu melhoria nos parâmetros fisiológicos das plantas, gerando mudas de qualidade superior (Basílio et al., 2020).

Espécies como mamoeiro e meloeiro também obtiveram efeitos positivos no crescimento inicial quando cultivadas em substrato enriquecido com biocarvão de esterco de frango. As doses de 8 e 12 toneladas por hectare do insumo proporcionaram os melhores resultados com relação ao crescimento em altura e absorção dos nutrientes pelas plantas (Laurentino, 2021).

O lodo de esgoto é outro resíduo com potencial reaproveitamento para a produção de biocarvão. Estudos o avaliaram positivamente na produção de mudas de espécies florestais como *Erythrina velutina* willd; *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou mesmo olerícolas, como tomateiro e alface (Araujo, 2016; Gonzaga et al., 2018; Monteiro et al., 2017; Andrade, 2021).

Para além das funções citadas anteriormente, o biocarvão possui um grande potencial para sequestro de carbono em razão da sua estrutura interna inerte, que preserva o carbono de maneira recalcitrante, isto é, por longos períodos no solo (Pereira et al., 2016; Novotny et al., 2015). Devido às mudanças climáticas provocadas pela emissão de dióxido de carbono e outros gases, é importante procurar alternativas para diminuir a sua concentração na atmosfera, uma vez que o aquecimento global tem impacto direto nas atividades agrícolas (Farias, 2019).

### **2.3.1. BIOCARVÃO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ-AMARELO**

Uma vez que a qualidade das mudas é crucial para o sucesso da lavoura e o substrato comercial muito oneroso, o biocarvão vem sendo testado como possível alternativa (Costa et al., 2018; Rezende et al., 2015). A produção de rúcula (Crispim et al., 2020), alface (Pinto, 2016) e hortaliças do gênero *solanum* (Pirovani, 2022) são exemplos de uso experimental do biocarvão como enriquecedor do substrato, indicando seu potencial na agricultura.

Biocarvão de casca de arroz, por exemplo, já vem sendo testado como substrato para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Considerando crescimento e qualidade das mudas, o biocarvão ativado com vapor de água durante a pirólise se mostrou mais eficiente e barato quando comparado ao substrato comercial ou uso de biocarvão sem ativação (Rezende et al., 2015). Os resíduos da indústria madeireira também foram usados como matéria prima para produção de biocarvão na pesquisa de Rezende et al. (2015), proporcionando resultados satisfatórios de índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de maracujá.

Barros et al. (2017) avaliou o IQD de mudas de maracujá com o uso de biocarvão de serragem. Os melhores resultados foram observados a partir da aplicação da dosagem de 25% de biocarvão, indicando que o reaproveitamento desse resíduo é interessante para a agricultura e para a utilização na produção de mudas de *P edulis* Sims.

### **2.3.2. BIOCARVÃO DE COCO**

Por serem bastante lignificadas, as fibras de coco são interessantes para a produção de biocarvão, visto que biomassas ricas desse composto produzem carvão com maior rendimento e poder calorífico (Novotny, 2015; Rocha et al., 2015; Padilla, 2023). Além disso, biomassa com maior teor em lignina resulta em biocarvão com maior concentração de carbono e maior longevidade.

A utilização de biocarvão de resíduos de coco seco como componente do substrato para produção de mudas de *Corymbia citriodora* apresentou melhores resultados quando comparado ao biocarvão de bagaço de laranja, tendo apresentado excelente desempenho no crescimento e morfologia da espécie (Reis et al., 2022). Da mesma forma, experimento conduzido por Souza (2020) concluiu que a adição de biocarvão de coco verde em todos os tratamentos promoveu melhoria em todas as variáveis analisadas, produzindo mudas de mamoeiro de maior qualidade.

Um dos pontos interessantes a serem observados a respeito do biocarvão de resíduos de coco é a elevada concentração de potássio (K), o que o torna uma fonte importante desse nutriente (Padilla, 2018). Dessa forma, o produto da pirólise das fibras de coco verde apresenta grande potencial de uso agrícola, sendo necessárias pesquisas acerca de seus benefícios em espécies vegetais específicas, como o maracujá.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. COLETA DO SOLO E CARACTERIZAÇÃO**

O solo utilizado no experimento foi o Argissolo Vermelho Amarelo, coletado na camada de 0-20 cm, no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe. Esse tipo de solo apresenta horizonte A arenoso e B textural, com acumulação de argila de coloração vermelha-amarelada em consequência aos óxidos de ferro hematita e goethita. São solos profundos, bem estruturados e drenados, entretanto, possuem baixa fertilidade natural (Ferreira, 2017).

Após coletado, o solo foi armazenado em sacos e posteriormente seco ao ar e destorroado com rolo de madeira. Em seguida, foi peneirado com uso de peneira de 2mm. Depois do beneficiamento, foi incorporado à ele o biocarvão composto referente aos tratamentos, deixando por sete dias em incubação estando umedecido a 70% da capacidade de campo. Após caracterização, o solo apresentou pH: 4.33, Carbono orgânico total: 10.8 g kg<sup>-1</sup>, Condutividade elétrica: 0.102 dS m<sup>-1</sup>, Mehlich P: 2.62 mg kg<sup>-1</sup>, Areia: 77.4%, Argila 10.7%, silte:11.8%.

### **3.2. OBTENÇÃO DOS RESÍDUOS E PRODUÇÃO DE BIOCARVÃO**

Os cocos verdes foram adquiridos no CEASA de Aracaju - SE, triturados em moinho específico, prensados em prensa hidráulica e espalhados em bancada para secagem.

Para o processo de pirólise desses materiais, foi utilizado um reator artesanal do tipo TLUD (top lid up draft), indicado pela IBI (Iniciativa Internacional de Biocarvão). As temperaturas variam entre 550 e 600°C e o tempo de permanência no reator foi de 1,5 hora para a produção do biocarvão (Figura 3).

**Figura 3.** Reator artesanal do tipo TLUD (top lid up draft) em funcionamento, utilizado para produção de biocarvão das fibras de coco verde.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Foram adquiridos dois tipos de biofertilizantes em concentrações diferentes, o que implicou em diferentes diluições para cada um. O biofertilizante artesanal, adquirido no Mosqueiro - SE, era menos concentrado e foi diluído na proporção 1:5. O esterco de frango foi adquirido de um comerciante local em Sergipe. A caracterização dos nutrientes no biocarvão de coco verde e no esterco de galinha está disposta na Tabela 1.

**Tabela 1.** A caracterização dos nutrientes no biocarvão de coco verde e no esterco de frango. \*: concentração total; \*\*: Concentração solúvel em água

Ingrediente	Concentração de nutrientes								
	Ca	Mg	P	K**	Na**	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----%-----				-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
BCV*	0,46	0,32	0,38	1,68	0,35	680	31,0	91,0	12,1
E. frango**	0,14	0,18	0,33	2,08	0,33	418	20,0	46,3	121

\*E: esterco de galinha; BCV: biocarvão de coco verde

Já o biofertilizante comercial foi adquirido em loja de produtos agropecuários e foi diluído na proporção 1:100. A caracterização química deste produto está disposta na Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização química do biofertilizante comercial. Informação fornecida pelo rótulo.

Tratamentos	C	N	P2O5	K2O	B	Zn	pH
	%						
BFC	6.00	3.00	1.00	1.00	0.10	0,20	5.00

\*BFC: biofertilizante comercial

### 3.3. INCUBAÇÃO DO BIOCARVÃO

O biocarvão de coco verde, passado em peneira de 2mm, foi tratado com biofertilizantes (esterco de frango, biofertilizante líquido artesanal e comercial) na dosagem de 50T/ha e incubado antes de ser incorporado ao solo. Para cada tratamento foram usados 3 kg de solo, 240g de biocarvão e 48g de esterco ou 500ml de biofertilizantes referentes aos tratamentos. Um tratamento controle onde o biocarvão foi tratado apenas com água para a incubação foi adicionado como referência. os tratamentos foram incubados por 21 dias. A proporção para incubação dos tratamentos está disposta na Tabela 3.

**Tabela 3.** Proporção entre quantidades de biocarvão de coco verde e demais componentes dos tratamentos para incubação pré incorporação no solo.

Tratamentos	BCV(g)	Esterco(g)	Biofertilizante lq.Artesanal (1:5)	Biofertilizante lq. Comercial (1:100)
T1. BCV+água	240	-	-	-
T2. BCV+E+água	240	48	-	-
T3. BCV+E+BFA	240	48	500 ml	-
T4. BCV+BFA	240	-	500 ml	-
T5. BCV+E+BFC	240	48	-	500 ml
T6. BCV+BFC	240	-	-	500 ml
T0. Controle	240	-	-	-

\*E: esterco de galinha; BFLA: biofertilizante líquido artesanal; BFC: biofertilizante líquido comercial; BCV: biocarvão de coco verde

### 3.4. HISTÓRICO DO EXPERIMENTO

Após incubação do biocarvão como descrito, foi realizada a incorporação do material ao solo. Antes da realização do experimento com maracujá, avaliado no presente trabalho, foi implantado um experimento com milho, mantido por 40 dias.

Após a colheita das plantas de milho, foi feita coleta de uma amostra de solo por vaso para a análise química. O restante do solo foi mantido e reutilizado sem adição de adubação orgânico ou químico no momento do plantio do maracujá.

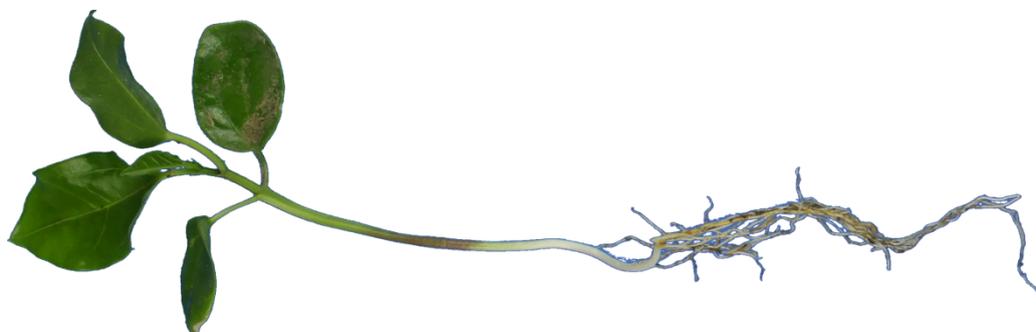
### 3.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DO ENSAIO EM ESTUFA AGRÍCOLA

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições por tratamento e 7 tratamentos, sendo o T0 o controle, utilizando solo sem biocarvão e os demais tratamentos utilizando combinações entre biocarvão de coco verde previamente incubado com fertilizantes orgânicos ou água destilada. O biocarvão foi aplicado na dosagem equivalente a 50 toneladas por hectare.

As mudas de *Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa foram adquiridas com produtor no município de Lagarto - SE. Cada recipiente possuía de 2 a 4 plântulas, selecionadas no mesmo estágio de desenvolvimento, com 5 cm de altura da parte aérea e em média de 4 a 6

folhas não diferenciadas. Seu transplântio foi realizado no dia 03/08/2023 para os vasos com os tratamentos avaliados.

**Figura 4.** Aspecto inicial das plântulas de maracujá. Imagem obtida por meio do software Groundeye®.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizada no município de São Cristóvão, onde foi montada estrutura com plástico sobre as bancadas onde ficaram dispostos os vasos experimentais com os tratamentos, para controlar a umidade do solo e evitar interferência da precipitação pluviométrica no desenvolvimento vegetal.

A irrigação foi realizada diariamente de acordo com a demanda hídrica das plantas, sendo o volume de água aplicado controlado com auxílio de uma proveta, a fim de evitar estresse hídrico tanto por falta quanto por excesso de água. Após dois dias de transplântio, foram identificados sintomas semelhantes aos de cladosporiose, mas que apresentaram redução significativa após dez dias do sintoma inicial, mesmo sem qualquer tipo de controle. Nesse mesmo período, houve ocorrência de larva minadora em uma folha do tratamento contendo biocarvão + esterco, que foi removida para evitar ocorrência nas demais.

A única adubação realizada foi a nitrogenada, aplicada na forma diluída na proporção de 2,5 g de uréia para 25 ml de água por vaso, aos 18 e aos 33 dias de plantio.

Após o 19º dia de plantio, observou-se o sintoma de murcha verde nos tratamentos 12R4 (BC + biofertilizante Jardim Bonito), 3R3 (BC + 20% de esterco) e 6R1 (BC + biofertilizante líquido), condizentes com os sintomas de murcha bacteriana causada pela bactéria *Ralstonia solanacearum*. Não foi realizado nenhum tipo de controle, os

tratamentos afetados foram afastados dos demais para evitar contaminações. O aparecimento desses eventos foi aleatório, sem um padrão para relação com um tratamento específico.

### 3.6. VARIÁVEIS AVALIADAS

Aos 30 dias de plantio, foram avaliados parâmetros de desenvolvimento da planta de maneira não destrutiva. O diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital, na base do caule da planta, bem rente ao solo. A altura da planta foi medida com auxílio de trena métrica, desde a inserção do caule no solo até o último par de folhas. Nessa mesma data, foram contabilizados o número de folhas por planta e verificadas a diferenciação dessas folhas ou a emissão de gavinhas.

Aos 45 dias de transplantio, foi realizada a colheita dos materiais vegetais, que foram divididos em parte aérea e sistema radicular, lavados em água corrente e depois em água destilada e, então, após secagem com papel toalha, foram pesados para obter massa fresca. Em seguida, as plantas foram secas em estufa a 60°C até o peso constante, quando foi registrada a massa seca.

Para calcular o índice de Dickson (IQD), foram utilizadas a massa seca total (g), resultado da soma das massas secas da parte aérea e raiz; a razão entre altura (cm) e diâmetro do caule (mm) e a razão entre a massa seca da parte aérea e da raiz (Dickinson et al., 1960). Os valores foram aplicados na seguinte fórmula:

$$IQD = MST / ((H/D) + (MSPA/MSR))$$

\*IQD: Índice de qualidade de Dickson; MST: Massa seca total; H: altura (cm); D: diâmetro do caule (mm); MSPA: Massa seca da parte aérea (g); MSR: Massa seca da raiz (g)

Amostras de solo foram coletadas em cada vaso experimental no mesmo dia da colheita das plantas, secas ao ar e igualmente armazenadas para posterior avaliação. Porém, para correlação com o presente estudo, as amostras de solo utilizadas para avaliação das características nutricionais foram coletadas antes do início do cultivo das plantas de maracujá. As concentrações extraíveis de P, K e Na foram determinadas após a extração em solução de Mehlich 1 (1978). O fósforo foi determinado nos extratos pelo

método do azul de molibdênio e leitura em espectrofotômetro do laboratório de Remediação de Solos da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Já o potássio e o sódio foram enviados para leitura no fotômetro de chama no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe - ITPS. As concentrações trocáveis de Ca e Mg foram determinadas após extração com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e titulação com EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. O teor de Mg foi determinado pela diferença entre a concentração de (Ca+Mg) e Ca.

A condutividade elétrica foi determinada em suspensão de 5g de solo e 50ml de água destilada após agitação por 1h e repouso de 30 min, utilizando-se um condutivímetro de bancada (Singh, 2017).

### 3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos fatores referentes à planta e solo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para realização das análises, foi utilizado o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011) e para a construção dos gráficos foi utilizado o Software SigmaPlot.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. EFEITO DO BIOCÁRVÃO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

O efeito dos tratamentos em importantes parâmetros químicos do solo (Condutividade elétrica (CE), relação Ca:Mg e concentrações trocáveis de Ca, Mg, P disponível, K e Na) está apresentado na Tabela 4. Foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para todas as variáveis avaliadas. A avaliação da qualidade do solo após a aplicação de biocarvão é bastante relevante uma vez que o produto interage com todos os componentes do solo, minerais e orgânicos, modificando a disponibilidade de nutrientes, seja pela própria oferta, pois o biocarvão possui nutrientes em sua composição, seja através das reações diversas que promove no solo. Dessa forma, alterações nas propriedades do solo consequentemente influenciarão o desempenho das culturas ali cultivadas.

Considerando que valores de condutividade elétrica acima de 4dS.m<sup>-1</sup> (ou 4000µS.cm<sup>-1</sup>) indicam salinidade e toxicidade para o desenvolvimento de algumas espécies vegetais, incluindo o maracujá em seu desenvolvimento inicial (Klar, 1988; Cavalcante et al., 2002), a aplicação de biocarvão não promoveu impactos negativos na salinidade do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Condutividade elétrica (CE), relação Ca:Mg e concentrações trocáveis de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) e concentração disponível de fósforo (P) em um Argissolo Vermelho Amarelo após a adição de biocarvão de resíduos de coco verde e variações. São Cristóvão, SE.

Tratamentos	CE ( $\mu\text{S m}^{-1}$ )	Ca:Mg	Ca	Mg	P	K	Na
			----- Cmolc $\text{dm}^{-3}$ -----		----- mg $\text{dm}^{-3}$ -----		
T0. Controle	118 b**	1,88 d	1,39 cd	0,55 c	56,8 e	15,1 e	24,6 d
T1. Biocarvão	107 c	2,00 d	1,27 d	0,71 bc	66,5 d	124 a	110 b
T2. B+E*	104 c	2,84 b	1,90 b	0,91 a	102 b	34,0 d	81,5 c
T3. B+E+BFA	126 a	2,54 bc	1,67 bc	0,86 ab	99,2 b	98,5 b	103 b
T4. B+BFA	118 b	3,35 a	2,43 a	0,82 ab	85,9 c	51,5 c	88,4 c
T5. B+E+BFC	92,9 d	2,46 c	1,48 cd	0,89 ab	111a	105 b	105 b
T6. B+BFC	126 a	2,42 c	1,51 cd	0,79 ab	103 b	103 b	124 a

\*E: esterco de galinha; BFA: biofertilizante líquido artesanal; BFC: biofertilizante líquido comercial; B: biocarvão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Para o desenvolvimento da espécie em estudo, recomenda-se que a CE esteja entre 1500 e 2240 $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (Carmelo, 1995). Os resíduos da casca do coco comumente apresentam valores altos de CE devido às altas concentrações de sódio e potássio (Rosa, 2002). Entretanto, todos os tratamentos apresentaram valores baixos de condutividade elétrica, evidenciando que o processo de prensagem e pirólise das fibras do coco reduziram significativamente as concentrações de sais, tendo alguns dos tratamentos apresentados valores ainda mais baixos que o controle (Tabela 4). Portanto, a prensagem dos resíduos de coco verde é uma estratégia eficiente, pois remove o líquido da casca de coco verde, o LCCV, onde se concentra boa parte dos sais.

A análise da concentração de cálcio trocável no solo mostra que o biocarvão de coco verde não é uma fonte significativa deste elemento para as plantas, pois sua presença, na maioria dos tratamentos, não alterou essa variável. Porém, os tratamentos contendo esterco de galinha ou o biofertilizante artesanal, combinados ou independentes, promoveram incrementos significativos de cálcio no solo quando comparados ao Controle T0. A faixa ótima de concentração de cálcio para a cultura do maracujá está entre 1,6 e 4 Cmolc. $\text{dm}^{-3}$  (Costa et al., 2008). Dessa forma, os tratamentos B+E, B+E+BFA e B+BFA são os únicos dentro dessa faixa, fornecendo as quantidades de cálcio adequadas para a cultura (Tabela 4).

Com relação ao magnésio, a faixa ótima para a cultura do maracujá corresponde aos valores de 0,6 a 1  $\text{Cmolc.dm}^{-3}$  (Costa, 2008), indicando que os tratamentos com biocarvão (0,71 a 0,91  $\text{Cmolc.dm}^{-3}$ ) elevaram os níveis de Mg para valores adequados. Houve aumento significativo da concentração de Mg no solo em todos os tratamentos onde o biocarvão foi enriquecido, sem que houvesse diferença entre eles. Isso sugere que o biocarvão também não é fonte significativa de Mg no solo, mas sua interação com fertilizantes orgânicos contribuiu positivamente em todos os tratamentos, sendo aqueles com esterco novamente os mais ricos nos teores do nutriente (Tabela 4).

A relação cálcio e magnésio recomendada para a cultura do maracujá está entre 2,66 e 4, de acordo com as Recomendações Técnicas para Cultivo de Maracujazeiro (Costa et al., 2008). Esses valores são importantes para potencializar a absorção dos dois nutrientes, bem como do potássio, importantes para a estrutura das mudas (Malavolta et al., 1997; Manica, 1981). Dessa forma, observa-se que, embora os tratamentos com biocarvão enriquecido tenham elevado significativamente o valor dessa relação Ca:Mg, apenas as combinações B+E (2,84) e B+BFA (3,35) colocaram os valores dentro da faixa adequada para a cultura.

Os valores da relação Ca:Mg dependem, sobretudo, da proporção entre os nutrientes no solo. Quanto maiores os teores de Ca e menores os teores de Mg, maiores serão os valores da razão. É evidente que os fertilizantes serviram como maior fonte de cálcio e magnésio nos tratamentos, mas o uso do biocarvão tem a função de reter os nutrientes em sua superfície, tornando-os disponíveis para as plantas por mais tempo, dificultando sua lixiviação (Maia e Rauen, 2014). Por esse motivo, a forma de aplicação se torna importante para potencializar os efeitos. Neste trabalho, o biocarvão foi incubado previamente antes da aplicação no solo. Aplicar matéria orgânica “tradicional” diretamente no solo arenoso resulta em menor retenção, em decorrência da baixa CTC do solo e da rápida decomposição dos resíduos (Centeno et al., 2017). Dessa forma, a incorporação do esterco e biofertilizantes líquidos ao biocarvão, antes da incorporação no solo, garante que essa matéria orgânica ficará retida nos poros do biocarvão e em grupos funcionais de superfície, tendendo a ser menos lixiviada e mais lentamente decomposta (Abad et al, 2002).

O pequeno aumento, embora significativo, da concentração de P no solo no tratamento com biocarvão sem aditivos, em comparação ao tratamento controle, mostra que o biocarvão de coco verde não é uma fonte interessante de P. Porém, é possível observar aumento significativo nos teores em todos os tratamentos (Tabela 4). O tratamento contendo apenas biocarvão de coco promoveu um incremento de 17,07% no

teor de P quando comparado ao controle. Isso ocorre principalmente em razão da disponibilização de fósforo, presente nas cinzas resultantes da pirólise na produção do biocarvão (Sohi et al, 2010). Porém, os demais tratamentos promoveram aumentos de aproximadamente 80% na disponibilidade de P no solo.

Zhang et al (2016) afirmam que a difusão de P para os poros do biocarvão ocorre apenas quando os sítios superficiais de adsorção estão saturados. Provavelmente, a incubação prévia do material proporcionou que a adsorção do nutriente ocorresse dessa maneira, tornando o fósforo disponível para as plantas por mais tempo. Esse mesmo trabalho determinou que solos tratados com biocarvão retêm até 16% a mais de P (Zhang et al., 2016). Fujimoto (2019) avaliou a aplicação de biocarvão em diferentes momentos para potencialização da adubação fosfatada. Os melhores resultados foram obtidos quando a aplicação do biocarvão foi feita simultaneamente ao P, proporcionando maior disponibilidade e absorção e conseqüente crescimento vegetal (Fujimoto, 2019).

Como observado até aqui, o biocarvão de coco verde, por si só, não é fonte significativa de Ca, Mg e P no solo, porém, os resultados indicam que a adubação com fontes minerais de K pode ser consideravelmente reduzida com a aplicação desse biocarvão, pelo menos nos primeiros ciclos de cultivo. Houve aumento de oito vezes na disponibilidade de K no solo no tratamento apenas com biocarvão. Porém, todos os tratamentos com biocarvão aumentaram significativamente as concentrações trocáveis de K e Na no solo (Tabela 4), reflexo da concentração elevada desses dois elementos no biocarvão de coco verde (Tabela 1).

Considerando os incrementos paralelos de P, Mg e K no solo, os melhores tratamentos foram aqueles com adição de biofertilizante comercial. Além deste, novamente destacaram-se os tratamentos enriquecidos com esterco e biofertilizante. É importante ressaltar que o cultivo do maracujá foi realizado posteriormente ao cultivo de milho, sem qualquer tipo de adubação além da nitrogenada. Portanto, os nutrientes avaliados foram incorporados por meio dos biofertilizantes apenas antes do primeiro ciclo. Apesar disso, a maioria dos tratamentos ainda apresentam bons níveis para o desenvolvimento das mudas. Isso demonstra que a presença de biocarvão no solo assegura maior retenção e disponibilidade de nutrientes, cujo efeito residual pode ser aproveitado em vários ciclos de cultura. Dessa forma, é possível inferir que a incorporação do biocarvão ativado nos substratos teve a função de prolongar a duração do efeito da adubação, podendo proporcionar diminuição a longo prazo no capital investido em fertilizantes, sendo também uma forma eficiente de mitigar os efeitos do descarte incorreto dos resíduos do coco no meio ambiente.

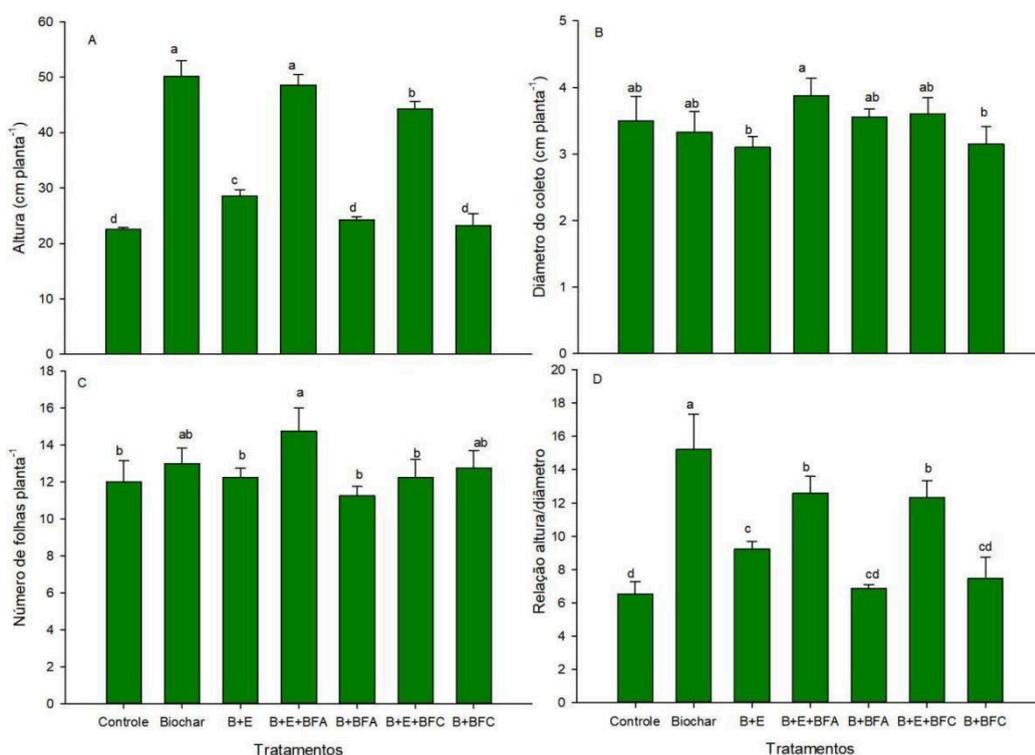
Para manter o teor de matéria orgânica e produtividade do solo ao longo do tempo, recomenda-se a aplicação de biofertilizantes líquidos ou esterco a cada ciclo de cultivo, dependendo da cultura (Henz e Resende, 2007). Já o uso de biocarvão, de maneira geral, promove um aumento no teor de carbono recalcitrante, mais duradouro no solo (Verheijen et al, 2010).

Considerando seus efeitos benéficos, o biocarvão se mostra como uma alternativa interessante para reaproveitamento das fibras do coco, reduzindo os impactos ambientais causados pelo seu descarte na natureza (Rosa et al, 2001). Por ser bastante lignificado, o material é interessante para a produção de biocarvão, gerando biocarvão com maior rendimento e poder calorífico (Novotny, 2015; Rocha et al., 2015; Padilla, 2023).

#### **4.2. EFEITO DO BIOCARVÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MARACUJÁ-AMARELO**

A Figura 5 apresenta os resultados da avaliação do crescimento das plantas de maracujá (altura (H) diâmetro do coleto (D), número de folhas e relação H/D) aos 45 dias do transplantio. A altura das plantas (Figura 5A) e o diâmetro do coleto (Figura 5B) foram avaliadas como parâmetros de crescimento em função de sua importância na composição do IQD (Índice de Qualidade de Dickson). Com exceção dos tratamentos B+BFA e B+BFC, os demais aumentaram significativamente a altura das plantas quando comparadas ao controle, porém, a maior contribuição foi observada no solo tratado com biocarvão sem enriquecimento > biocarvão enriquecido com esterco + biofertilizante líquido artesanal > biocarvão enriquecido com esterco e biofertilizante comercial. Para facilitar a compreensão do crescimento em altura das plantas, foi calculada a contribuição percentual de cada tratamento, como apresentado na Figura 6 A e B.

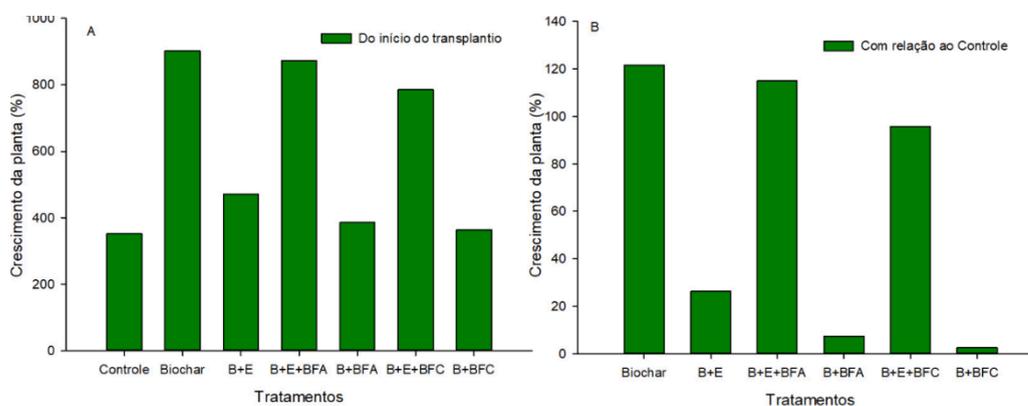
**Figura 5.** Altura (a), diâmetro à altura do coleto (b), número de folhas (c) e relação altura:diâmetro do coleto (d) de plantas jovens de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Figura 6.** Percentagem de crescimento em relação ao tamanho inicial (a), Percentagem de crescimento em relação ao controle (b) de plantas jovens de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe.



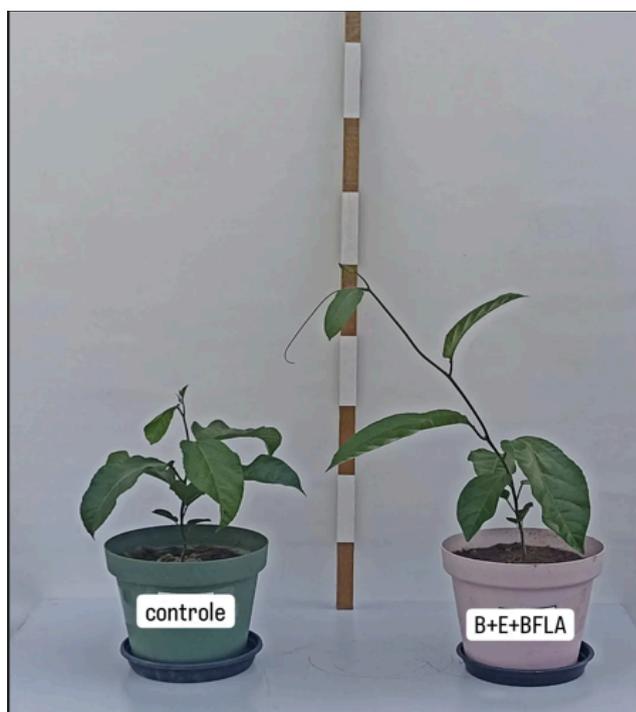
Fonte: Elaborada pela autora (2024).

É importante ressaltar que as plantas tinham altura média de 5cm quando foram transplantadas para os vasos do experimento (Figura 4).

O tratamento B+E+BFA foi o segundo tratamento com maior crescimento em altura. As plantas cresceram em média oito vezes mais em relação ao tamanho inicial, e mais do que dobraram sua altura em relação ao controle. Junto com o tratamento biocarvão, foi o único a promover um crescimento maior que o dobro das plantas controle. Na Figura 7, é possível observar que a planta do tratamento B+E+BFA está tombando, isso se deve ao fato da espécie ser uma trepadeira (Beraldo e Miyake, 2010). Quando realizado o plantio de plantas de maracujá, é necessária a instalação de espaldeira ou treliças verticais, com arames para fixação das gavinhas (Celestrino et al., 2020).

O Tratamento B+E+BFC também teve efeito bastante positivo no crescimento das plantas, promovendo um aumento de quase duas vezes quando comparado com o controle (Figura 8). Ou seja, os tratamentos que combinaram fertilizantes líquidos e esterco (B+E+BFA e B+E+BFC) apresentaram melhores resultados em comparação aos demais, contendo apenas um dos fertilizantes para ativação do biocarvão (Figura 6).

**Figura 7.** Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão + Esterco de frango + Biofertilizante Artesanal.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

**Figura 8.** Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão .



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

**Figura 9.** Comparação visual do crescimento em altura da parte aérea entre tratamento controle e tratamento composto por biocarvão + Esterco + Biofertilizante Comercial.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Os tratamentos B+E, B+BFA e B+BFC foram os que promoveram menor taxa de crescimento, não diferindo significativamente do controle. Esses foram os tratamentos contendo somente um tipo de fertilizante na composição.

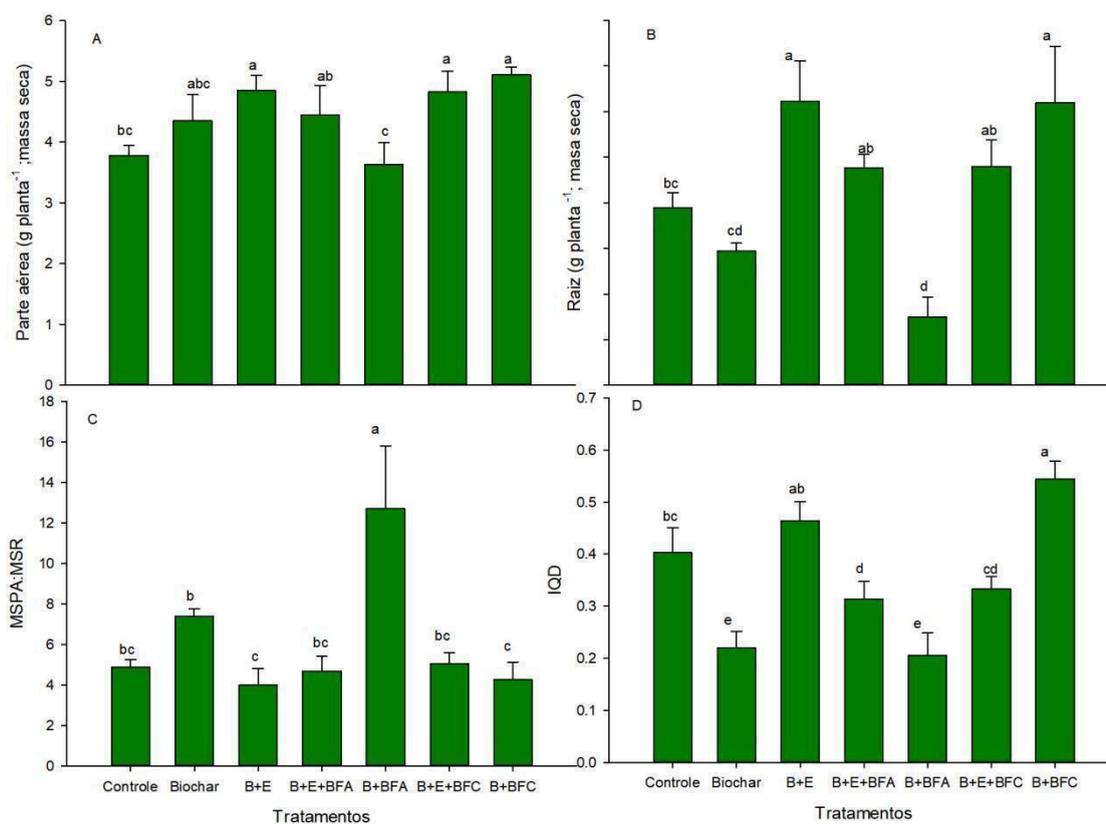
Já o diâmetro e o número de folhas por planta variou muito pouco entre os tratamentos, sendo o B+E+BFA o único a diferir estatisticamente, apresentando uma média de 3,9 mm de diâmetro. A razão entre a altura e o diâmetro das plantas (H/D) é um parâmetro de qualidade das mudas. Valores acima de 10 indicam mudas com menores chances de mortalidade após transplante em campo (Rossa et al., 2013). Os tratamentos biocarvão, B+E+BFA e B+E+BFC foram os únicos que se enquadraram nesse padrão. O T3 chegou próximo, com média de 9,2. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do controle, não alcançando o valor de referência.

Mais uma vez, o tratamento combinado entre biofertilizante artesanal, esterco e biocarvão foi o que promoveu melhor proporção entre o crescimento em altura e diâmetro do coleto, além de ter estimulado a emissão de folhas. Este fator é importante pois as folhas são os principais órgãos responsáveis pela fotossíntese, além de atuarem como

armazenamento de reservas e produção de hormônios de crescimento, contribuindo para o desenvolvimento de novos tecidos (Moraes et al., 2016).

Na Figura 10, pode-se observar o resultado das avaliações da massa seca da parte aérea (A), massa seca da raiz (B), relação parte aérea: raiz (C) e o Índice de Qualidade de Dickson (D). A adição de biocarvão + esterco, B+E+BFC e B+BFC aumentaram significativamente a massa seca da parte aérea das plantas, em torno de 30% com relação ao controle. Já os demais tratamentos não diferiram do controle. Já a massa seca da raiz foi beneficiada significativamente com a presença de B+E e B+BFC. Dessa forma, conclui-se que o enriquecimento do biocarvão com o biofertilizante comercial e B+E aumentaram tanto a biomassa da parte aérea quanto do sistema radicular. Logo, considerando essas variáveis isoladamente, o uso de esterco para ativação do biocarvão promoveu o melhor resultado, gerando menor custo.

**Figura 10.** Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), relação massa seca da parte aérea e da raiz (c) e Índice de Qualidade de Dickson (IQI) (d) de plantas jovens de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) cultivadas em Argissolo vermelho Amarelo tratado com biocarvão de resíduos do coco verde. São Cristóvão, Sergipe.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

De uma forma geral, a MSPA:MSR da maioria dos tratamentos ficou entre 4 e 5, mas o tratamento B+BFA aumentou esse valor para 12, significando que para cada unidade de raiz foram alocados recursos para 12 partes de parte aérea. Quaresma et al. (2020) obteve maiores razões entre MSPA:MSR quanto maiores as doses de adubação NPK. Baixos índices dessa razão indicam, portanto, alguma deficiência nutricional, favorecendo a emissão de raízes para potencializar a absorção dos nutrientes (Costa et al., 2019).

Para avaliar a qualidade geral das mudas em função dos tratamentos aplicados, foi calculado o IQD (Figura 11D). O índice de qualidade de Dickson é outro parâmetro de qualidade para mudas, considerando a razão entre a massa seca total, a soma das razões altura/diâmetro e massa seca da parte aérea/massa seca das raízes. Quanto maiores os índices, maior a probabilidade de sobrevivência após o plantio em campo (Saraiva et al., 2014). No presente trabalho, o IQD variou de 0,22 a 0,54. Maia (2018) e Resende et al. (2015), avaliando mudas de maracujá em função do uso de biocarvão, alcançaram médias entre 0,18 e 0,23 de IQD.

Em função de avaliar conjuntamente os parâmetros de crescimento das plantas, IQD é mais eficiente para discriminar o efeito dos tratamentos. Assim, a Figura 11D indica que as melhores mudas de maracujá-amarelo foram produzidas no tratamento B+BFC (0,54). Embora os outros tipos de enriquecimento do biocarvão tenham promovido aumento da altura das plantas (B, B+E+BFA e B+E+BFC), aumento do número de folhas (B+E+BFA), aumento da massa seca da parte aérea ( B+E, B+E+BFC e B+BFC) e aumento da biomassa seca da raiz (B+E e B+BFC), apenas o B+BFC foi eficiente em produzir mudas de melhor qualidade quando comparado ao tratamento controle. Considerando que nem sempre é possível a aquisição de biofertilizante líquido comercial em pequenas propriedades rurais, a outra alternativa para o enriquecimento do biocarvão de coco verde, de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, é a adição de esterco de frango na proporção de 20%, já que este tratamento não diferenciou significativamente do B+BFC. Observa-se também a importância do sistema radicular das mudas para o resultado do IQD, sendo os tratamentos B+E e B+BFC os que melhor proporcionaram o desenvolvimento das raízes. Isso é compreensível uma vez que o vigor de uma muda deve estar relacionado sobretudo ao robusto sistema radicular.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados aqui indicaram que a produção de biocarvão é uma alternativa sustentável para reaproveitamento de resíduos provenientes da cultura e

consumo do coco verde, principalmente como forma de aumentar a concentração de carbono no solo e a disponibilidade de potássio para as plantas.

Quando enriquecido com fertilizantes orgânicos, como os biofertilizantes líquidos artesanais comumente produzidos nas propriedades rurais, os similares comerciais e até mesmo os esterco, o biocarvão de coco verde pode ser um bom ingrediente para compor substratos para promover o crescimento das mudas de maracujá-amarelo.

Porém, considerando todos os parâmetros de crescimento através do IQD, a composição do substrato utilizando-se biocarvão de coco verde + biofertilizante líquido comercial incubados por 20 dias antes da aplicação ao solo produziu mudas de maracujá com maior qualidade, e, portanto, com maior potencial para desenvolvimento robusto em campo e maior produtividade. Alternativamente, pode-se usar o biocarvão enriquecido com esterco de frango na proporção de 20% de esterco, pois produziu mudas de similar qualidade, gerando uma menor despesa.

## 6. REFERÊNCIAS

ABAD, M. et al. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. **Bioresource technology**, v. 82, n. 3, p. 241–245, 2002.

ANDRADE, D. V. N. Uso do biochar de lodo de esgoto e de *Trichoderma afroharzianum* no controle de *Sclerotium rolfsii* in vitro e em mudas de tomateiro. 2021.

ANDRADE NETO, R. DE C. et al. Híbrido de maracujazeiro azedo BRS Gigante Amarelo: recomendações básicas de cultivo. 2015.

ARAÚJO, D. D. DE. Efeito do biochar de lodo de esgoto no crescimento inicial de mudas de *Erythrina velutina* willd. 2016.

BAETA, D. DOS S. Investigação da polpa de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa Deg.) e seus híbridos sobre o potencial antioxidante e implicação no nível de colesterol plasmático de coelhos. 2018.

BARROS, D. L. et al. Biochar of sawdust origin in passion fruit seedling production. 2017.

BASÍLIO, J. J. N. et al. Biochar de casca de pequi como componente de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* ST. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1–10, 2020.

BERALDO, J.; KATO, E. T. M. Morfoanatomia de folhas e caules de *Passiflora edulis* Sims, *Passifloraceae*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 233–239, 2010.

BORGES, A. L. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2021.

BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V; FALEIRO, F. G. BRS Gigante Amarelo: híbrido de maracujazeiro-azedo de alta produtividade. **Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, 2008.

BRAINER, M. S. DE C. P. Coco: produção e mercado. 2021.

CABRAL, R. G. et al. Efeitos de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de maracujá. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 9, n. 2, p. 5, 2023.

CAVALCANTE, L. F. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 748–751, 2002.

CENTENO, L. N. et al. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31–37, 2017.

COBRA, S. S. DE O. et al. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 54–62, 2015.

COELHO, V. A. T. et al. Deficiências nutricionais múltiplas em maracujazeiro azedo: sintomas de deficiências, crescimento e nutrição mineral das folhas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e389107584–e389107584, 2020.

COSTA, A. et al. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. 2014.

COSTA, F. M. et al. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138–146, 2018.

COSTA, T. P. D. et al. Avaliação do crescimento de plantas jovens de milho cultivadas em diferentes tipos de solo Evaluation of the growth of young corn plants grown in different types of soil. 2019.

CRISPIM, J. F. et al. **Aspecto nutricional do biocarvão na produção de mudas de rúculas em condições semiáridas**. Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215. **Anais...**2020.

DANTAS DOS SANTOS, J.; SANTOS BEZERRA, K. A importância da abelha mamangava (*Xylocopa*) para a polinização da flor do maracujá-amarelo. **Diversitas Journal**, v. 8, n. 3, 2023.

DE BARROS, D. L.; DE REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T. Production of *Eucalyptus urograndis* plants cultivated with activated biochar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1–6, 2019.

DE BRITO, R. S.; NETO, R. DE C. A.; ANDRADE, R. A. Survey of sour passion fruit cultivars commercialized in Brazil. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 10, 2022.

DE OLIVEIRA, A. R.; SAMUELSSON, E. POLINIZAÇÃO DO MARACUJÁ. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 13, n. edespmulti, 2022.

DE REZENDE, F. A. et al. Uso do biochar na composição de substratos para produção de mudas de maracujá. 2015.

DE SOUSA, V. F. et al. Irrigação e fertirrigação do maracujazeiro. 2001.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.

DOS SANTOS TEIXEIRA, N. et al. ELABORAÇÃO, ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITO NUTRITIVO COM POLPA DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*). **Global Science & Technology**, v. 13, n. 1, 2020.

FALEIRO, F. G. et al. Maracujá. 2017.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V; COSTA, A. M. Importância socioeconômica e cultural do maracujá. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa**, p. 16–21, 2016.

FARIAS, R. B. DE. Impactos das mudanças climáticas nos estoques de carbono no cultivo de milho em Canindé de São Francisco-SE. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039–1042, 2011.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. [s.l.] EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Serviço de Produção de ..., 1998.

FERREIRA, M. N. Sensibilidade ambiental a hidrocarbonetos para rodovias: estudo de caso em trecho da Rodovia Anhanguera (SP-330). 2017.

FUJIMOTO, F. T. S. Localização de uma fonte de fósforo para o cultivo da cenoura e efeito da aplicação de Biochar sobre a disponibilidade de fósforo no solo. 2019.

GONZAGA, M. I. S. et al. BIOCARVÃO DE LODO DE ESGOTO E SEU EFEITO NO CRESCIMENTO E NAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE MUDAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). **Ciência Florestal**, v. 28, p. 687–695, 2018.

GRISI, M. C. DE M. Resistência a doenças, produtividade e características físicas de híbridos multiespecíficos de maracujá azedo. 2021.

- GUERRA, M. S. et al. Recipiente biodegradável e substratos para mudas de maracujazeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 50–54, 2017.
- HENZ, G. P.; DE ALCANTARA, F. A.; RESENDE, F. V. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. [s.l.] Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, 2007., 2007.
- JUNGHANS, T. G.; ROSA, R. C. C.; GIRARDI, E. A. Produção de mudas de maracujazeiro. **JUNGHANS, TG; JESUS, ON Maracujá: do cultivo à comercialização. Brasília, DF: Embrapa**, p. 101–114, 2017.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. [s.l.] Nobel, 1984.
- LANDAU, E. C.; DA SILVA, G. A. Evolução da produção de maracujá (*Passiflora edulis*, *Passifloraceae*). 2020.
- LAURENTINO, L. G. DE S. Influência do biocarvão na fertilidade do substrato, emergência e crescimento inicial de mudas de mamão e melão. 2021.
- LIMA, I. M. DE O. et al. Diferentes substratos e ambientes protegidos para o crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo doce. 2016.
- MAIA, O. V. Efeito do biocarvão no desenvolvimento de mudas do maracujazeiro amarelo. 2018.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. 1989.
- MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá**. [s.l.: s.n.].
- MONTEIRO, A. B. et al. Substratos a base de lodo de esgoto solarizado e pirolizado para produção de mudas de alface. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2571–2583, 2017.

MONTOYA, S. G. et al. Registro da presença e danos causados por coleópteros em macaúba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 159–162, 2015.

MORAES, E. et al. Produção de mudas de pingo-de-ouro sob diferentes tamanhos de estacas e quantidades de folhas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.

MUKHERJEE, A.; ZIMMERMAN, A. R.; HARRIS, W. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. **Geoderma**, v. 163, n. 3–4, p. 247–255, 2011.

NANDA, S. et al. Biochar as an exceptional bioresource for energy, agronomy, carbon sequestration, activated carbon and specialty materials. **Waste and Biomass Valorization**, v. 7, p. 201–235, 2016.

NOGUEIRA, L. A. H. et al. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. [s.l.] Interciência Rio de Janeiro, 2003. v. 199

NOVOTNY, E. H. et al. Biochar: carbono pirogênico para uso agrícola-uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 321–344, 2015.

OLIVEIRA, J. DA S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Importância dos maracujás (*Passiflora L. spp.*) e seu uso comercial. 2017.

PADILHA, K. DE M. Biochar e carvão ativado do endocarpo do coco utilizados como condicionadores de um solo cultivado com alface (*lactuca sativa*). 2018.

PADILLA, E. R. D. Biochar produzido a partir de casca de coco: aplicações como fonte de carbono nos altos-fornos. 2023.

PEREIRA, L. D. et al. Caracterização de frutos de diferentes espécies de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 21–28, 2018.

PEREIRA, L. L. et al. Produção de biochar a partir da pirólise de resíduos agroindustriais. **Anais do VIII SIMPROD**, 2016.

- PINTO, G. J. Biocarvão e vermiculita na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.). 2016.
- PIROVANI, C. H. D. Produção de substratos a base de lodo de curtume e biocarvão de palha de café em mudas e na produtividade de hortaliças do gênero *Solanum*. 2022.
- QUARESMA, J. P. et al. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) em resposta a calagem, NPK e micronutrientes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e817986372–e817986372, 2020.
- REIS, A. M. F. et al. Efeito do uso do biocarvão de casca de coco e bagaço de laranja no desenvolvimento de mudas de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson. **Biomassa: recursos, aplicações e tecnologias em pesquisa**. Guarujá, SP: Editora Científica Digital Ltd. <https://doi.org/10.37885/220809800> , 2022.
- ROCHA, A. M. et al. Aproveitamento de fibra de coco para fins energéticos: revisão e perspectivas. **Anais do**, 2015.
- ROLIM, G. G. et al. Morfologia, nutrição e principais pragas do maracujazeiro doce (*Passiflora*). **Revista de Agroecologia no Semiárido (RAS)(Sousa-PB)**, v. 3, n. 1, p. 1–13, 2019.
- ROSA, M. DE F. et al. Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde. 2001.
- ROSA, M. DE F. et al. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. 2002.
- ROSSA, U. B. et al. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 227–234, 2013.
- SARAIVA, G. F. R.; SOUZA, G. M.; RODRIGUES, J. D. **Aclimação e fisiologia de mudas de guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras**. Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215. **Anais...**2014.

SARRICO, L. D. et al. Um estudo do uso de chás da hortelã (*Mentha x Villosa Huds*), folha de Maracujá (*Passiflora Edulis*), Camomila-vulgar (*Matricaria Chamomilla L.*) E de Erva-cidreira (*Melissa Officinalis*) no auxílio ao tratamento e prevenção à ansiedade: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 9, p. 61985–62005, 2022.

SASS, A. L.; MAIA, C. M. B. DE F.; RAUEN, C. C. M. Lixiviação de nutrientes em substrato enriquecido com biochar. 2014.

SINGH, B. et al. Biochar pH, electrical conductivity and liming potential. **Biochar: A guide to analytical methods**, v. 23, 2017.

SOHI, S. P. et al. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in agronomy**, v. 105, p. 47–82, 2010.

SOUZA, F. E. C. DE. Produção de mudas de mamoeiro cultivadas em substratos provenientes de resíduos orgânicos. 2020a.

SOUZA, E. A. D. Tipos e níveis de cobertura de solo e seu efeito na eficiência da irrigação localizada de coqueiro-anão (*Cocos nucifera L.*). 2020b.

STROHER, B. et al. Influências Da Temperatura De Pirólise No Ph, Condutividade E Ctc Nos Produtos Da Pirólise De Agro Resíduos. **Revista Foco**, v. 16, n. 02, p. e999–e999, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. [s.l.] Universitat Jaume I, 2007. v. 10

VERHEIJEN, F. et al. Biochar application to soils. **A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions**. **EUR**, v. 24099, n. 162, p. 2183–2207, 2010.

VIEIRA, P. F. DA S. P. et al. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, p. 43–53, 2010.

ZAMPOLI, I. G. Conservação têxtil em museus. 2017.

ZHANG, D. et al. Is current biochar research addressing global soil constraints for sustainable agriculture? **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 226, p. 25–32, 2016a.

ZHANG, H. et al. Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. **Geoderma**, v. 276, p. 1–6, 2016b.

**ANEXOS**