



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



LAYSA GABRYELLA DE SOUZA LAURENTINO

**INFLUÊNCIA DO BIOCARVÃO NA FERTILIDADE DO SUBSTRATO,
EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MELÃO E MAMÃO**

Campina Grande - PB
2021

LAYSA GABRYELLA DE SOUZA LAURENTINO

**INFLUÊNCIA DO BIOCARVÃO NA FERTILIDADE DO SUBSTRATO,
EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MAMÃO E MELÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a. Lúcia Helena Garófalo Chaves – UAEEA/CTRN/UFPG

Campina Grande – PB

2021

L383i

Laurentino, Laysa Gabryella de Souza.

Influência do biocarvão na fertilidade do substrato, emergência e crescimento inicial de mudas de mamão e melão / Laysa Gabryella de Souza Laurentino. – Campina Grande, 2021.

94 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais 2021.

“Orientação: Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves”.

Referências.

1. Adubo Orgânico. 2. Biocarvão. 3. Mamão e Melão – Produção de Mudas. 4. Irrigação e Drenagem. 5. Melão (*Cucumis melo L.*) 6. Mamão (*Carica papaya L.*). I. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. II. Título.

CDU 631.86(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

LAYSA GABRYELLA DE SOUZA LAURENTINO

INFLUÊNCIA DO BIOCARVÃO NA
FERTILIDADE DO SUBSTRATO, EMERGÊNCIA
E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
MELÃO E MAMÃO

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
como pré-requisito para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 23/08/2021

Lucia Helena Garofalo Chaves – Orientadora – UAEA/CTRN/UFCG

Hugo Orlando Carvalho Guerra – Examinador Interno - PPGEA/CTRN/UFCG

Josely Dantas Fernandes - Examinador Externo - UEPB



Documento assinado eletronicamente por **Josely Dantas Fernandes, Usuário Externo**, em 30/08/2021, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUCIA HELENA GAROFALO CHAVES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2021, às 15:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/09/2021, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1737495** e o código CRC **3781D523**.



Referência: Processo nº 23096.049109/2021-61

SEI nº 1737495

DEDICATÓRIA

A minha família e, em especial, ao meu avô, Geraldo Souza (*in memoriam*), que está ao lado de Deus assistindo e vibrando com minha conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, a Deus, por tudo e principalmente, pelo dom da vida. Por toda oportunidade, por me acompanhar e me abençoar ao longo desse caminho, por me mostrar que sou mais forte do que penso, por me dar saúde e coragem para nunca desistir da realização dos meus sonhos, cuidando e provendo tudo o que foi necessário para a conclusão deste projeto. A Virgem Maria, minha mãezinha e a minha fiel intercessão entre meu coração e o Divino, que sempre me cobriu com seu manto livrando-me do mal;

Agradeço a minha amada mãe, Genilza, por estar ao meu lado em todos os momentos, por demonstrar seu amor incondicional, pelos conselhos que me guiaram e continuarão a guiar minha vida, por todas as vezes que eu estive em prantos e ela sempre com as melhores palavras de força e calma. Hoje tudo que sou é resultado do seu amor e carinho. Essa vitória é nossa;

A minha família, que torce pelo meu sucesso pessoal e acadêmico e são incentivadores da minha caminhada, obrigada por todo cuidado e carinho, tem um pouquinho de vocês em cada parte da minha história;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo para realização da pesquisa científica. A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), por todo o conhecimento adquirido;

A Dr^a Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela confiança em me orientar, pelo acolhimento, ensinamentos, paciência e amizade durante todo processo de desenvolvimento e conclusão da pesquisa. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos e a minha profunda admiração;

Esse trabalho não poderia ter sido concretizado sem o apoio, o incentivo, a compreensão e disponibilidade das pessoas que contribuíram para sua realização. Por isso, meus mais sinceros agradecimentos àqueles que estiveram ao meu lado dia-a-dia. Aos amigos do Laboratório de Irrigação e Salinidade, Felipe Guedes e Washington Benevenuto, que nunca mediram esforços para me ajudar no desenvolvimento dessa pesquisa, auxiliando nas avaliações a campo e no laboratório. Em especial, agradeço a Antônio Ramos, sua amizade fiel e honesta eu vou levar para o resto da vida. Aos técnicos, Jacqueline, Sergiana e Wilson, no imprescindível apoio durante as análises no laboratório e tempo dedicado a este trabalho;

Agradeço a todos os meus amigos, verdadeiros refúgios fieis, que estiveram comigo nessa caminhada. Em especial, Alícia Nayana, amizade que ganhei na graduação e foi fortalecida ainda mais durante esses dois anos e meio de mestrado, agradeço pelo companheirismo diário, compartilhando momentos de tristeza e de felicidade, me incentivando sempre, me ajudando das mais diversas maneiras, me dando a amizade e palavras de incentivo. A Rosa e Nardiele, pela amizade de uma vida inteira, pelos conselhos compartilhados, pelo carinho que têm comigo e por tudo que a amizade de vocês representa para mim;

A Jean Guimarães, por todo o apoio que me deu nessa caminhada. Você me impulsiona a crescer e transborda minha vida de momentos maravilhosos;

Aos membros da banca de defesa, Dr. Josely Fernandes Dantas e professor Dr. Hugo Orlando Carvalho, por toda ajuda na condução do experimento, por aceitarem o convite e pelas contribuições ao trabalho;

Agradeço a Valéria Borges, minha orientadora da graduação pela qual nutro profunda gratidão, admiração e respeito. Obrigada por todos os ensinamentos, toda assistência prestada sempre que precisei, pelas conversas, pelo incentivo e pela confiança;

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MEU MUITO OBRIGADA!

“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto não tem condições melhores
para fazer melhor ainda!”

(Mário Sérgio Cortella)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Culturas frutíferas	17
3.1.1 Meloeiro	17
3.1.2 Mamoeiro	19
3.2 Biocarvão	20
3.2.1 Produção e propriedades do biocarvão.....	22
3.2.2 Biocarvão de cama de aviário	25
3.2.3 Biocarvão na produção de mudas.....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Localização e caracterização da área	29
4.5 Análise dos dados	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Análise do solo	35
5.2 Meloeiro	39
5.2.1 Emergência.....	39
5.2.2 Variáveis biométricas	42
5.2.2 Variáveis de fitomassa	53
5.3 Mamoeiro.....	60
5.3.1 Emergência.....	60
5.3.2 Variáveis biométricas	61
5.2.3 Variáveis de fitomassa	73
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de pirólise proposto por Lehmann (2007).	23
Figura 2. Unidades experimentais.	30
Figura 3. pH (A), condutividade elétrica (B), magnésio (C), sódio (D), potássio (E), matéria orgânica (F) e fósforo (G) após o período de incubação para os tratamentos de biocarvão.	36
Figura 4. Índice de velocidade de emergência em função do efeito isolado de dose de biocarvão.	40
Figura 5. Altura da planta aos 15 (A), 23 (B) e 31 DAS (C), taxa de crescimento absoluto da altura da planta de 15-23 DAS em função do efeito isolado de doses de biocarvão (D) e taxa de crescimento absoluto da altura da planta de 23-31DAS (E) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.	44
Figura 6. Diâmetro caulinar em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo) aos 15 DAS (A), do efeito isolado de dose de biocarvão aos 23 e 31 DAS (B) e do efeito isolado de variedade (C); taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar 23-31 DAS em função do efeito isolado de variedades (D). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.	46
Figura 7. Número de folhas aos 15 (A), 23 (B), 31 DAS (C) e TCANf 23-31 DAS em função da combinação tratamentos vs variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.	49
Figura 8. Área foliar aos 15 (A), 23 (B) e 31 DAS (C) em função da combinação tratamentos vs variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.	50
Figura 9. Taxa de crescimento absoluto da área foliar nos períodos de 15 a 23 DAS (A) e de 23 a 31DAS (B) em função das doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas (A). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose (B).	51
Figura 10. Fitomassa fresca da folha (A), fitomassa fresca do caule (B), fitomassa fresca da parte aérea (C), fitomassa fresca da raiz (D) fitomassa seca total (E) em função de doses de biocarvão e variedade de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.	54
Figura 11. Fitomassa seca da folha (A), fitomassa seca do caule fitomassa seca do caule em função do efeito isolado de dose de biocarvão (B) e do efeito isolado de variedade (C), fitomassa seca da raiz (D), fitomassa seca total (E), Índice de Qualidade de Dickson (F), fitomassa seca da parte aérea (G) e comprimento da raiz (H) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2	

= Hales Best Jumbo). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 12. Índice de Velocidade de Emergência (A) e porcentagem de germinação (B) em função da combinação tratamentos vs variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.....	61
Figura 13. Altura da planta aos 30 DAS em função do efeito isolado de doses de biocarvão (A), altura da planta aos 60 (B) e 90 (C) DAS e taxa de crescimento absoluto da altura da planta aos 30-60 (D, E) e 60-90 (F, G) DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão e do efeito isolado de variedade de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.	63
Figura 14. Diâmetro do caule aos 30 DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), diâmetro do caule aos 60 (C) e 90 (D) DAS, taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule aos 30-60 (E) e 60-90 (F) DAS em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.....	67
Figura 15. Número de folhas aos 30 (A, B), 60 (C, D) e 90 (E, F) DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão e do efeito isolado de variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.....	69
Figura 16. Área foliar aos 30 DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), área foliar aos 60 (C) e 90 (D) DAS em função do efeito isolado de doses de biocarvão e taxa de crescimento absoluto da área foliar aos 30-60 DAS em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.....	72
Figura 17. Fitomassa fresca da folha em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), fitomassa fresca do caule (C), fitomassa fresca da parte aérea (D), fitomassa fresca da raiz (E) fitomassa seca total (F) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.	74
Figura 18. Fitomassa seca da folha em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), fitomassa seca do caule (C), fitomassa seca da parte aérea (D), fitomassa seca da raiz (E), fitomassa seca total (F) e Índice de Qualidade de Dickson (G) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo utilizado nos experimentos e composição química do biocarvão.	29
Tabela 2. Análise de variância para pH, condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), matéria orgânica (MO) e fósforo (P) no solo após a incubação de 90 dias com biocarvão.	35
Tabela 3. Análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.	39
Tabela 4. Análise de variância das características altura da planta (AP) e taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.	42
Tabela 5. Análise de variância das características diâmetro caulinar (DC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCADc), taxa de crescimento absoluto do número de folhas (TCANf) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAf) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.	45
Tabela 6. Análise de variância das características fitomassa fresca da folha (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa fresca da raiz (FFR) e fitomassa fresca total (FFT) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.	53
Tabela 7. Análise de variância das características fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca total (FST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.	56
Tabela 8. Análise de variância das características altura da planta (AP) e taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	61
Tabela 9. Análise de variância das características diâmetro do caule (DC) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADc) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	65
Tabela 10. Análise de variância do número de folhas (NF) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	67
Tabela 11. Análise de variância das características área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAf) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	70
Tabela 12. Análise de variância das características fitomassa fresca da folha (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa fresca da raiz (FFR), fitomassa fresca total (FFT) e comprimento da raiz das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	73
Tabela 13. Análise de variância das características fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.	75

INFLUÊNCIA DO BIOCARVÃO NA FERTILIDADE DO SUBSTRATO, EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MAMÃO E MELÃO

RESUMO: O aproveitamento de resíduos orgânicos oriundos da atividade agropecuária na forma de biocarvão pode ser uma alternativa viável tanto no processo de gestão das biomassas geradas, quanto na reciclagem dos nutrientes contidos nestes resíduos. Com o intuito de produzir mudas de boa qualidade, levando em consideração a composição e disponibilidade de substratos da região objetivou-se com o presente estudo, avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de biocarvão, produzido a partir de cama de aviário como condicionador de substrato para a produção de mudas frutíferas. O trabalho ocorreu em ambiente protegido e em laboratório, ambos pertencentes a Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. O experimento passou por duas etapas: a primeira consistiu na incubação do solo e sua caracterização química e na segunda instalou-se dois experimentos, o primeiro com melão e o segundo com mamão, ambos realizados em ambiente protegido. Para cada experimento, o delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, constituído de 6 doses de biocarvão (4, 8, 12, 16 e 20 t ha⁻¹ e a testemunha) e duas variedades de cada cultura com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Para então, avaliar as variáveis de altura da planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar, bem como as respectivas taxas de crescimento absoluto. Também foram analisadas as fitomassas fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular e o Índice de Qualidade de Dickson. Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias (Cochran e Bartlett), e de verificação da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e, em caso de não atenderem os requisitos, foram transformados. Atendidos os pressupostos da análise de variância, os dados seguiram para análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo foram conduzidas a análise de regressão polinomial para doses de biocarvão e a comparação entre médias para variedades pelo teste de T-student, utilizando-se o software estatístico SISVAR. Conclui-se que, o uso do biocarvão proveniente da cama de aviário não afetou a porcentagem de emergência de sementes de melão e de mamão; no entanto, favoreceu as suas características químicas, como também proporcionou um crescimento satisfatório das mudas de melão e de mamão, sendo as doses de 8 e 12 t ha⁻¹ as que proporcionaram melhores resultados.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L.; *Carica papaya* L.; produção de mudas; adubo orgânico.

NUTRITIONAL POTENTIAL OF POULTRY BED BIOCHAR IN THE PRODUCTION OF FRUIT SEEDLINGS

ABSTRACT: The use of organic residues from agricultural activities in the form of biochar can be a viable alternative both in the process of managing the generated biomass and in recycling the nutrients contained in these residues. In order to produce good quality seedlings, taking into account the composition and availability of substrates in the region, the aim of this study was to evaluate the influence of the application of different doses of biochar, produced from poultry litter as a conditioner for substrate for the production of fruit seedlings. The work took place in a protected environment and in a laboratory, both belonging to the Federal University of Campina Grande - UFCG. The experiment went through two stages: the first consisted of soil incubation and its chemical characterization, and the second consisted of two experiments, the first with melon and the second with papaya, both carried out in a protected environment. For each experiment, the statistical design used was completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme, consisting of 6 doses of biochar (4, 8, 12, 16 and 20 t ha⁻¹ and the control) and two varieties of each crop with 4 repetitions, totaling 48 experimental units. Then, evaluate the plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area variables, as well as the respective absolute growth rates. The fresh and dry phytomass of the aerial part and root system and the Dickson Quality Index were also analyzed. The data were submitted to the variance homogeneity test (Cochran and Bartlett), and the verification of the normality of the residues (Shapiro-Wilk) and, in case they did not meet the requirements, they were transformed. Once the assumptions of the analysis of variance were met, the data were followed for analysis of variance by the F test at 1 and 5% probability. When a significant effect was verified, the polynomial regression analysis for biochar doses and the comparison between means for varieties were carried out using the Student's T test, using the SISVAR statistical software. It is concluded that the use of biochar from poultry litter did not affect the emergence percentage of melon and papaya seeds; however, it favored its chemical characteristics, as well as providing a satisfactory growth of melon and papaya seedlings, with the doses of 8 and 12 t ha⁻¹ being the ones that provided the best results.

Key words: biochar; *Cucumis melo* L.; *Carica papaya* L.; pyrolysis; nutrition; organic fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

O setor da fruticultura no Brasil se fortalece cada vez mais como um dos principais segmentos da produção agrícola que contribui para aumento na economia brasileira, graças ao seu poder no setor social, pois auxilia na geração de renda, emprego e no desenvolvimento rural do agronegócio nacional. De norte a sul do país, uma grande variedade de espécies de frutas temperadas e tropicais são cultivadas, produzindo ao todo 44 milhões de toneladas ao longo do ano (ECONOMIA E FINANÇAS, 2018).

Para atender a demanda, os fruticultores precisam investir em melhorias visando aumentar a eficiência do sistema produtivo e a produção, e esse aumento pode ser alcançado com pesquisas, com a adoção de novas tecnologias, boas práticas agrícolas e investimento em logística (SCOGNAMIGLIO, 2018).

A produção de mudas de qualidade é um critério essencial frente ao mercado, pois o torna mais competitivo e melhora o sistema de cultivo. De acordo com Silva et al. (2019a), as mudas de boa qualidade se desenvolvem melhor e conseqüentemente, propiciam boa formação do sistema radicular, com melhor capacidade de adaptação ao novo local após o transplante, afetando de maneira positiva a sua produção.

Nesse contexto, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas no sentido de aperfeiçoar a qualidade e reduzir os custos na produção das mudas. Dentre os fatores que influenciam o desempenho da produção está o substrato, que tem por finalidade dar sustentação a muda e fornecer água e nutrientes necessários para o desenvolvimento inicial da planta. Os materiais usados para a composição do substrato desempenham um papel importante no seu desenvolvimento e na garantia da boa qualidade. Entretanto, o uso de substratos comerciais possui um elevado custo, com isso, o uso de substratos alternativos se torna uma opção para minimizar os custos da produção.

Uma opção alternativa de substrato é o biocarvão. De origem orgânica, ele pode ser descrito como um produto carbonáceo produzido através do processo de pirólise que pode ser produzido a partir de uma gama de materiais orgânicos, sendo eles vegetais, animais ou urbanos. A origem do material orgânico e a forma com que a matéria prima é pirolisada altera as propriedades físicas e químicas do biocarvão e os teores de nutrientes disponíveis (ZHANG et al, 2016).

A incorporação do biocarvão no solo promove melhorias na fertilidade dos solos e crescimento de cultivos, retenção de água, e também no controle da poluição no solo (NOVOTNY et al., 2015). São observados efeitos como redução da densidade, aumento

da porosidade e retenção de água no solo, formação de agregados e promoção da absorção de compostos orgânicos solúveis devido às suas estruturas aromáticas policíclicas quando há a incorporação do biocarvão no solo, além de fornecer mudanças nas comunidades microbianas do solo, aumentando biodiversidade e também a produtividade agrícola (BARROS et al., 2017).

No Brasil, a agropecuária desempenha um papel de grande importância no cenário da economia nacional. A avicultura nacional desenvolveu-se rapidamente nos últimos anos, gerando uma significativa quantidade de resíduos, como por exemplo, a cama de aviário. Em razão da alta geração da cama de aviário e seus impactos ambientais, a biomassa gerada no processo de criação de frango pode ser utilizada como matéria-prima para fabricação de biocarvão, representando uma alternativa viável para sua disposição e reutilização.

Diante o exposto, torna-se imprescindível estudos que avaliem o biocarvão na forma de componentes de substrato para a produção de mudas. Além de representar uma nova opção de uso da expressiva quantidade de resíduos gerados na atividade agrícola, sendo também mais uma alternativa econômica para os produtores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de biocarvão produzido a partir de cama de aviário como condicionador de substrato para a produção de mudas de mamão e melão.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de doses de biocarvão sobre os atributos químicos de um solo (influência na fertilidade dos solos);
- Investigar a influência de doses crescentes de biocarvão na emergência de sementes de melão e mamão;
- Avaliar o crescimento de mudas de meloeiro e mamoeiro em função de doses de biocarvão;
- Identificar as doses de biocarvão que promovem melhor crescimento das mudas de mamão e melão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Culturas frutíferas

3.1.1 Meloeiro

O melão (*Cucumis melo* L.) do gênero *Cucumis*, pertencente à família das Cucurbitáceas, é uma das culturas hortícolas com a maior expressão econômica e social, com uma produção de cerca de 31 milhões de toneladas em todo o mundo e área colhida de 1,3 milhão de ha (FAO, 2018). A China é responsável pela maior produção do mundo, com 53% de todo melão produzido em 2019, seguido da Turquia, Irã, Índia e Estados Unidos (FAO, 2018; SALVIANO et al, 2017).

O meloeiro originou-se na África, contudo, foi na Ásia, mais precisamente na Índia e nos países tropicais, que o seu cultivo se difundiu com algumas variedades e cultivares, a exemplo do Amarelo, o Pele de Sapo, o Cantaloupe, Orange Flesh e o Gália (MANSOURI et al., 2017). No Brasil, o seu cultivo aconteceu a partir da década de 1960, período em que a produção nacional se estabelecia, em um primeiro momento, basicamente nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, no entanto, as condições edafoclimáticas eram limitantes (NUNES et al., 2018). Com isso, a consolidação da cultura deu-se apenas na região Nordeste, área em que o melão encontrou condições de solo e clima favoráveis ao seu cultivo.

No Brasil, a região Nordeste é a responsável pela maior produção do país por suas condições edafoclimáticas adequadas ao cultivo, alcançando uma produção de 95% da totalidade nacional, produzindo 555.411 toneladas com valor estimado em 545,7 milhões de reais (IBGE, 2018), com os estados do Rio Grande do Norte e Ceará como os maiores produtores. As regiões produtoras de melão têm características semiáridas, que proporcionam as melhores condições climáticas para a produção, que são baixa umidade do ar e altas temperaturas, além de precipitação pluviométrica que normalmente ocorre durante apenas três meses do ano, tornando possível até três ciclos de melão por ano, entretanto, estão sujeitos à escassez de recursos hídricos (ARAGÃO et al., 2020; CAMPELO et al., 2014; PEREIRA et al., 2003).

Além de ser uma cultura rentável e de rápido retorno econômico, o meloeiro possui um papel socioeconômico importante pois, contribui bastante para a mudança da qualidade social das famílias que dependam da agricultura (NUNES, 2018), em especial, das áreas semiáridas, as quais são consideradas uma das mais pobres do país.

O melão é considerado uma hortaliça do tipo fruto por apresentar característica herbácea do tipo rasteiro, de ciclo curto e com tratos culturais intensivos (BARRETO, 2018). As folhas são alternadas, simples, palmadas, pentalobuladas, angulosas quando jovens e subcordiformes quando completamente desenvolvidas; possuem grandes gavinhas, que são órgãos de sustentação da planta que nascem nas axilas das folhas (PEDROSA, 1995). Geralmente, são plantas andromonóicas, ou seja, possuem flores masculinas e hermafroditas na mesma planta, porém é possível observar indivíduos monoicos ou ginóicos (NASCIMENTO, 2018).

Segundo Salviano et al. (2017), a cultura do melão apresenta maiores exigências quando comparada com outras cucurbitáceas, sendo as condições ideais para o seu cultivo as temperaturas elevadas no intervalo entre 25°C e 35°C, exposição solar na faixa entre 2 mil a 3 mil horas por ano, umidade do ar compreendida entre 65% a 75% (se for acima promove a formação de frutos de baixa qualidade e propiciam a presença de doenças fúngicas na cultura); implantação da cultura em solos férteis, profundos, de textura média ou arenosa, boa porosidade, bem drenados visto que a drenagem deficiente favorece o desenvolvimento de doenças no sistema radicular, pH em torno de 6,0 a 6,5 e baixos níveis de salinidade, tanto no solo quanto na água utilizada para a irrigação.

Os nutrientes mais exigidos no meloeiro são o nitrogênio e o potássio, e devem ser aplicados de forma e quantidade adequadas e na época correta, pois de acordo com Giracca e Nunes (2015), com a aplicação de adubação adequada, as plantas respondem com maior produtividade, e frutos com maior rendimento e qualidade. O meloeiro deficiente em nitrogênio apresentará aparência atrofiada, além de frutos pequenos, de casca fina e alteração na coloração, promovendo o surgimento de cores claras, enquanto que, doses elevadas de nitrogênio proporcionam aumento do comprimento e massa dos frutos (STEFANELLI et al., 2010), já o potássio afeta a concentração de açúcares do fruto e relacionam o nutriente com a maturação e a qualidade do fruto (MARREIROS & PAQUETE, 1995).

Para Vendruscolo et al. (2019), em função do custo elevado das sementes de melão, grande parte dos produtores opta pelo plantio através de mudas e não a semeadura direta como em outras culturas, então a obtenção de mudas de qualidade superior torna-se uma etapa de extrema importância por se tratar da fase inicial da lavoura, afetando bastante o desenvolvimento vegetativo e a produção final. A formação de mudas de qualidade é um dos fatores responsáveis pelo bom desempenho da cultura após transplantada.

3.1.2 Mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence à classe Eudicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae, com seis gêneros: *Jacaratia*, *Vasconcelea*, *Horovitzia*, *Jarrila*, *Cilycomorpha* e *Carica* que contém cerca de 35 espécies (RAMOS et al., 2012). É originário das planícies do leste da América Central, do México ao Panamá, as suas sementes foram distribuídas para o Caribe e o sul da Ásia durante a exploração espanhola no século XVI, de onde se espalhou para a Índia, Pacífico e África (RIGOTTI, 2009).

No Brasil, há mais de 27.300 ha de áreas cultivadas destinadas a produção do mamoeiro, a maioria localizada no Nordeste do país, com mais de 15.200 ha na região. Em 2018, a produção total do país fechou em 1.060.392 toneladas de frutos, sendo o Nordeste, o maior produtor, principalmente, os estados Bahia e Espírito Santo, seguido pelo Ceará e Rio Grande do Norte, com 565.517 toneladas produzidas (IBGE, 2018). Estes dois primeiros estados correspondem a 64,3% da produção total brasileira (EMBRAPA, 2018).

O mamoeiro é descrito como uma planta de sistema radicular pivotante com uma raiz principal muito desenvolvida; o caule é herbáceo lenhoso de 3 a 6 m de altura, ereto, podendo atingir até 8 metros, encimado por uma coroa de folhas que são dispostas de maneira alternada; são grandes com 20 a 60 cm de comprimento e são formadas por grande limbo foliar (LORENZI et al., 2006).

Pode apresentar flor pistilada ou feminina típica, flor hermafrodita e flor estaminada ou masculina típica nas suas inflorescências e o fruto é uma baga de forma variável que são determinados pelo tipo de flor podendo ser arredondado, oblongo, alongado, cilíndrico ou piriforme, com tamanho variável, podendo chegar a 3,0 kg. Sua casca fina e lisa, de coloração entre o amarelo-claro e o alaranjado, protegendo uma polpa com 2,5 a 5 cm de espessura e de coloração que pode variar de amarela, rosada a vermelho-alaranjada, com 200 a 600 sementes pretas, redondas, rugosas e cobertas por uma mucilagem ou sarcotesta (SANTOS et al., 2009).

O seu cultivo é tipicamente tropical, se desenvolve adequadamente em ambientes com temperatura média de 25 °C, limites de 21 °C e 33 °C, e índice pluviométrico de 1500 mm que favorece um rápido desenvolvimento vegetativo, a precocidade de florescimento e a colheita dos primeiros frutos, os quais apresentam excelente sabor, altos teores de sólidos solúveis e produtividades elevadas (MANICA et al., 2006). O mamoeiro é uma

espécie que para o seu cultivo, o solo precisa de permeabilidade do perfil e uma localização no relevo que permita a drenagem (SOUZA et al., 2016).

Dentre os macronutrientes, o potássio (K), o nitrogênio (N) e o cálcio (Ca) são os mais absorvidos pelo mamoeiro enquanto que, o fósforo (P) é o menos extraído pela cultura. Já entre os micronutrientes, o ferro (Fe), o manganês (Mn) e o boro estão entre os mais absorvidos, sendo o molibdênio (Mo) o menos absorvido (OLIVEIRA et al., 2004).

As principais cultivares comercializadas no Brasil são classificadas em dois grupos, o ‘Solo’ e ‘Formosa’, que são diferenciadas de acordo com o tipo de fruto produzido (DANTAS et al., 2012). As variedades do grupo ‘Formosa’ possuem polpa laranja avermelhada e tamanho médio de 1.000 a 1.300 g, e são formadas, em sua maioria, por híbridos comerciais, sendo o híbrido Tainung nº 1, o mais cultivado no Brasil. Os do grupo ‘Solo’ são os frutos preferidos para exportação, por apresentarem polpa avermelhada e tamanho pequeno, com peso variável de 300 a 650 g (FARIA, et al, 2009; DIAS et al., 2011).

A produção de mamão no país sofre alguns entraves pelas dificuldades encontradas nos processos de obtenção de mudas de qualidade (FRANCISCO et al., 2010). Dentre os fatores que podem afetar a produção de boa qualidade estão: a qualidade da semente, do substrato e do adubo utilizado, pois contribuem para melhor crescimento e sanidade das mudas (ARAÚJO et al., 2010). Nesse sentido, deve-se implementar estudos que possam fornecer tecnologias capazes de maximizar a produção da cultura sem que haja problemas quanto à qualidade e elevação de custos.

3.2 Biocarvão

Atualmente e também para as gerações futuras, a demanda mundial por alimentos é uma das principais dificuldades enfrentadas, por causa acelerado crescimento populacional. Visando suprir de imediato às necessidades desta crescente demanda, o setor agrícola acaba gerando graves danos ambientais, como a poluição de mananciais e dos solos, pelo uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos que acarreta problemas como salinização e, posteriormente, desertificação. Além do mais, com a economia em desenvolvimento, o Brasil enfrenta uma outra problemática ambiental relevante que é a geração de resíduos sólidos.

Diante dessa situação ambiental cada vez mais visível, surge a necessidade de buscar por fontes alternativas de manejo de solo que visem aumentar a produtividade e

melhorar a qualidade na produção sem o uso de fertilizantes. Neste cenário, o uso de compostagem, adubação verde e fertilizantes naturais estão sendo cada vez mais comuns. O biocarvão, por exemplo, funciona como uma tecnologia viável e ambiental para o melhoramento das características do solo, atua no sequestro de carbono, e pode também ser usado como absorvente de baixo custo e de grande eficiência na remoção de poluentes (COLEN et al., 2020).

O interesse na produção de biocarvão surgiu quando, na década de 1870, pesquisadores viajaram pela Amazônia e notaram manchas profundas de solo escuro, muito fértil, diferentes dos solos existentes na região que, em sua grande maioria, são altamente intemperizados, ácidos, com baixa CTC e baixa fertilidade natural (VIEIRA & SANTOS, 1987). Os solos escuros denominados de Terra Preta de Índio (TPI), são de origem antrópica, originados da carbonização dos resíduos produzidos por tribos indígenas há centenas de anos atrás, e garantem um solo de alta fertilidade que se mantém mesmo após séculos de cultivo. São encontrados, principalmente, em áreas da região Amazônica, em outras regiões da América do Sul e até mesmo da África.

As propriedades das TPI incluem elevada fertilidade, conseqüentemente, alto conteúdo de carbono estável de origem pirogênica, gerando assim, um modelo de solo adequado ao sequestro de carbono (REZENDE et al., 2011). Também apresenta alta capacidade de troca de cátions e teores de matéria orgânica que chegam a ser três vezes maior do que nos solos adjacentes e a presença de nutrientes como nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio (TRAZZI et al., 2018). Além disso, dispõe de intensa atividade biológica oriundas, sobretudo, da adição de lixo doméstico, ossos de animais e humanos, carvão, cinzas, compostos orgânicos e outros materiais que eram depositados ao solo.

A partir disso, pesquisadores do Brasil e do exterior tiveram interesse em estudar e buscar a produção de um fertilizante orgânico que reproduzisse benefícios das Terras Pretas de Índio. Com o objetivo de reproduzir esse solo com alta fertilidade, surgiu então a ideia de adicionar carvão ao solo. O biocarvão, termo traduzido do inglês *biochar*, pode ser descrito para designar um material sólido de cor negra, com alta proporção de carbono estável (30 a 70%), originado a partir da queima de materiais biológicos em elevada temperatura e condições de baixo ou na ausência de oxigênio (HONG et al., 2020).

A utilização do biocarvão no meio agrícola cresce nos últimos anos por desempenhar um papel significativo como adubo orgânico, proporcionando benefícios agrônômicos, ambientais e econômicos (SHAABAN et al., 2018). Seu uso está voltado em aumentar a fertilidade e melhorar a retenção de água no solo, inativar moléculas de

pesticidas (biorremediação) e diminuir a emissão de gases do efeito estufa (REN et al., 2016).

3.2.1 Produção e propriedades do biocarvão

O processo endotérmico de conversão termoquímica da biomassa é denominado pirólise e pode ser descrito como a decomposição térmica direta de uma matriz orgânica em ambiente com atmosfera controlada, com pouco oxigênio ou na ausência dele, que produz gases não condensáveis (CO, CO₂, H₂, CH₄ e outros hidrocarbonetos), vapor/líquido condensável (bio-óleo) e uma fração sólida (finos de carvão) (CANABARRO et al., 2013; LEHMANN & JOSEPH, 2015; LEHMANN, 2007). A finalidade é obter produtos que apresentem densidade energética superior à biomassa, podendo ser resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos e comerciais. No entanto, Coomer et al. (2012) informam que, a produção baseada em resíduos animais contém maior qualidade nutricional em relação ao biocarvão produzido de resíduos vegetais.

São vários os tipos de pirólises existentes, recebendo destaque a pirólise lenta e a rápida que diferem entre si pelas temperaturas a qual são submetidas, pelo tempo de aquecimento, como também pelo produto final. A pirólise lenta é responsável por um aquecimento muito acelerado, geralmente, acima de 100°C s⁻¹ com temperatura variando de 425 a 550°C, visando a produção de um produto líquido (bio-óleo). A pirólise rápida, chamada também de pirólise instantânea, leva horas ou dias em uma faixa de temperatura entre 350 a 800° C em baixas taxas de aquecimento (abaixo de 80°C min⁻¹), com o objetivo de favorecer a produção da parte sólida, onde a água é evaporada e a biomassa é convertida em carvão ou biocarvão (COOPER et al., 2020; HAGEMANN et al., 2018; LAIRD et al., 2010; NACHENIUS et al., 2013; TRAZZI et al., 2018).

Na Figura 1, está exposto um modelo de pirólise proposto por Lehmann (2007), no qual afirma que a temperatura ideal para ter biocarvão de boa qualidade fica em torno de 450 a 550 °C com ausência parcial ou total de oxigênio. Com o fornecimento de temperaturas ideais e bom controle de oxigênio, é gerado cerca de 50% de biomassa e pode ser utilizada para qualquer fim.

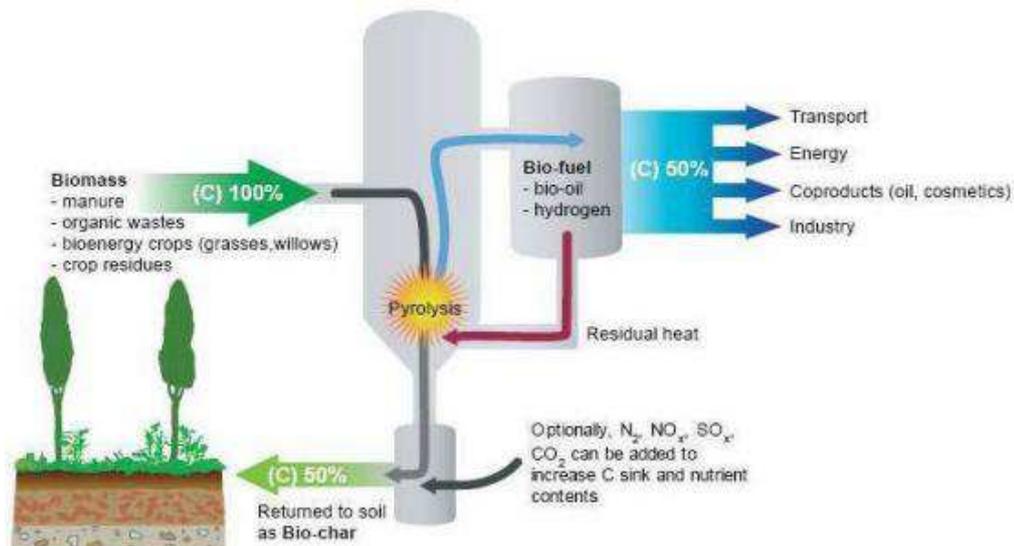


Figura 1. Modelo de pirólise proposto por Lehmann (2007).

As características do produto final da pirólise estão relacionadas diretamente com as condições em que a biomassa foi submetida. De acordo com Spokas et al. (2012), as propriedades físicas e químicas do biocarvão dependem, principalmente, da fonte de matéria prima e das condições de pirólise, tais como temperatura, taxa de aquecimento, tempo de resfriamento, atmosfera de carbonização e pressão, sendo a temperatura o mais importante parâmetro na determinação das características do biocarvão. Em estudos propostos por Rafiq et al. (2016), o biocarvão produzido em baixa temperatura apresenta composição química semelhante à da biomassa usada para o processo de pirólise, enquanto em altas temperaturas as propriedades do biocarvão são diferentes das da matéria-prima.

Nos estudos de Song et al. (2014), a temperatura de pirólise também foi um fator de influência na determinação da capacidade de retenção de água, pois quanto maior a quantidade microporos, maior será a retenção de água e nutrientes no solo. Ainda segundo estes autores e seus colaboradores, o aumento da temperatura de pirólise aumenta a perda das moléculas de água e, com isso, há formação de microporos e um aumento de até três vezes da área superficial do biocarvão.

Para Cha et al. (2016), à medida que a temperatura de pirólise aumentou, foi possível perceber que o teor de cinzas, pH e a porosidade do biocarvão proveniente de matéria orgânica aumentaram, enquanto o rendimento e os teores de N e O reduziram com o aumento da temperatura por causa da volatilização durante a pirólise.

O uso do biocarvão como aditivo no solo indica ser uma estratégia para a melhoria das condições de desenvolvimento das plantas por apresentar características que

favorecem benefícios no que diz respeito a produtividade vegetal. Dentre as características químicas, a incorporação do biocarvão ao solo pode promover uma maior capacidade de reter e liberar nutrientes, característica que está relacionada à presença de grupos funcionais oxigenados e responsáveis pela existência de sítios de troca; como também, proporciona armazenamento dos nutrientes a longo prazo (COOPER et al., 2020; MANGRICH et al., 2011). O aumento da fertilidade do solo com o uso do biocarvão está diretamente ligado aos vários nutrientes desse material que estão presentes na forma lábil, o que mantém grandes quantidades de elementos essenciais em formas disponíveis no solo, contribuindo para a melhoria da fertilidade (SILVA et al., 2019b).

Além disso, o biocarvão proporciona controle do pH, que mostra reação alcalina do material, favorecendo a imobilização de metais, em especial, nos solos ácidos, que são mais solúveis (NOVAK et al., 2009a). Esse caráter alcalino ocorre na grande maioria dos biocarvões sendo usualmente empregado para aplicação em solos afim de corrigir sua acidez (CHAN et al., 2008).

A elevada capacidade de troca catiônica do biocarvão está diretamente relacionada à área superficial específica que é de 200 - 400 m²g⁻¹ podendo ser comparada à da argila e é superior à da areia, pois pela pirólise a porosidade do material aumenta consideravelmente, e essa alta densidade de poros faz com que a superfície de trocas do material seja ainda maior (BATISTA et al., 2018; GLASER et al., 2000; PETTER, 2010).

A atividade do biocarvão no solo tende a melhorar a sua estruturação resultando em um aumento na retenção de água, melhorando o ciclo de nutrientes e contribuindo para reduzir o número de cátions perdidos pela lixiviação, sobretudo, em solos de textura arenosa devido à sua porosidade (GLASER et al., 2002; LEHMANN & JOSEPH, 2015).

Essa propriedade está entre as mais importantes do ponto de vista do aproveitamento eficiente dos recursos hídricos na agricultura, principalmente, em regiões onde a frequência de chuvas é baixa, que é o caso da região semiárida, cuja capacidade de retenção de água, de maneira geral, não é elevada, além de precipitação pluvial limitada, sendo a retenção de água e o fornecimento de nutrientes os principais benefícios fornecidos através da aplicação do biocarvão no solo e estão diretamente relacionadas à porosidade do biocarvão (SAMPAIO et al., 2012; SULIMAN et al., 2017).

O biocarvão proporciona um mecanismo que permite atuar no processo de sequestro de carbono. Ao ser aplicado no solo, ele sofre poucas alterações estruturais, proporcionando a redução da emissão de CO₂ para a atmosfera (SOHI et al., 2010), com o passar do tempo, a biomassa carbonizada sofre processos de decomposição, entretanto,

em uma escala bem menor se comparada ao material não pirolisado (PETTER & MADARI, 2012). Através da sua carbonização, não só previne que grandes quantidades de gás carbônico sejam liberadas na atmosfera como também aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo (GLASER et al., 2001).

Apesar de todos os benefícios mencionados, o uso de diferentes tipos de biocarvão pode levar a respostas muito diferentes dependendo do tipo de solo, podendo ser benéficas ou maléficas. Segundo Purakayastha et al. (2016), é necessário realizar um estudo do solo e suas necessidades particulares antes da aplicação do biocarvão conforme a matéria orgânica que foi submetida ao processo de pirólise, pode haver variações nas quantidades de minerais e componentes químicos e fará com que o comportamento do biocarvão no solo seja diferente.

3.2.2 Biocarvão de cama de aviário

Do ponto de vista agrícola, o Brasil é responsável pela produção de uma grande quantidade de resíduos orgânicos, sendo a maior parte desses resíduos depositados de forma inadequada no ambiente, gerando grandes impactos ambientais. Por isso, faz-se necessário a busca por formas de reaproveitamento desses resíduos que colaborem com o desenvolvimento sustentável, pois a medida em são manejados de forma adequada, eles se convertem em recursos que contribuem para poupar matérias-primas, conservar os recursos naturais e o clima, além de promover o desenvolvimento sustentável.

No sistema produtivo da avicultura de corte em exportação, o Brasil é líder no segmento de carne de frango com 4,1 milhões de toneladas em 2018 (EMBRAPA, 2019). Com a intensificada produção, é produzido uma significativa quantidade de resíduos, entre os quais se destaca a cama de frango, também conhecida como cama de aviário. Denomina-se cama de aviário todo o material absorvente distribuído nos galpões, composto de palha ou feno (material vegetal) juntamente aos restos de alimentação, penas e outras impurezas, além dos dejetos das aves que são acumulados durante todo o período de engorda dos frangos (material orgânico) (DELGADO et al., 2017).

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos possuem potencial contaminante de corpos hídricos e do solo (SILVA & PELÍCIA, 2012) além da geração de gases, maus odores e chorume (DELGADO et al., 2017). No caso específico da cama de aviário, ao ser utilizada diretamente no solo como fonte de nutrientes ou como condicionador do solo acarreta consequências ambientais negativas, sendo as maiores preocupações relacionadas a sua acelerada degradação e mineralização através da perda

dos nutrientes que não foram retidos no solo, a volatilização da amônia, já que o íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio presente na cama de aviário, o qual é convertido em amônia (NH_3) com a elevação do pH e sob condições de umidade (OVIEDO-RONDÓN, 2008). Dessa forma, buscando minimizar esses impactos, é necessário analisar possíveis destinos mais eficazes e sustentáveis à cama de aviário.

A cama de aviário possui grande potencial para ser utilizado como biomassa pois os biocarvões dessa matéria-prima, quando aplicado ao solo, agem causando melhorias significativas na fertilidade do solo, propiciando elevação do pH, CTC, aumento do teor de carbono orgânico, teores consideráveis de nitrogênio, fósforo, potássio, além de outros minerais. Também apresenta uma alta quantidade de bactérias, o que corrobora em sua destinação mais comum, como fertilizante e outros elementos que podem estar em formas mais solúveis e acessíveis do que na matéria-prima não pirolisada (CHAN et al., 2009; CHAN et al., 2008; FERNANDES et al., 2018), bem como representar o benefício da reciclagem desse resíduo na agricultura, visto que, houve a proibição do seu uso na alimentação animal (CHAVES et al., 2020; CUNHA et al., 2013). Mesmo com a proibição dessa prática, há produtores que ainda utilizam a cama de frango para alimentação do gado.

Singh et al. (2010) concluíram que, os valores mais altos de capacidade de troca catiônica vieram dos biocarvões produzidos a partir de cama de frango e dejetos bovinos, quando comparados aos de biomassa vegetal do mesmo processo e temperatura de pirólise ($400\text{ }^\circ\text{C}$). De acordo com Song & Guo (2012), em um estudo sobre biocarvão de cama de frango, a CTC ficou entre 290 e 510 mmolc kg^{-1} variando conforme a temperatura de pirólise.

3.2.3 Biocarvão na produção de mudas

A produção de mudas se caracteriza como uma prática de grande importância e para sua boa formação, tanto para fins agrícolas ou de recuperação florestal, faz-se necessária a inserção de boas técnicas, começando pela escolha de um substrato com boa qualidade e que seja uma alternativa para contribuir no desenvolvimento das mudas, ganhos em qualidade e produtividade. A produção de mudas de alta qualidade constitui uma das etapas primordiais do sistema produtivo.

Uma das condições que favorecem o bom desenvolvimento das mudas é o uso de materiais alternativos para a composição dos substratos orgânicos, pois, os resíduos precisam ser abundantes, de baixo custo e provenientes da reciclagem, porque condiciona

a produção de mudas e contribui com a preservação do meio ambiente (SILVA et al., 2019b), uma vez que, os substratos comerciais existentes empregados nesta atividade que são de boa qualidade, têm custo elevado.

De acordo com Crispim et al. (2020), as características do substrato é de extrema importância já que para a produção de mudas dentro de um recipiente, o crescimento do sistema radicular e a absorção de nutrientes ficam restritos ao volume do substrato contido no interior do recipiente utilizado. Terra et al. (2011) afirmam que, a composição do substrato deve ser uniforme, com baixa densidade, que tenha elevada retenção de água e CTC, boa aeração e drenagem e que reduzam o uso de insumos, a fim de proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento das mudas.

Além das características físicas, químicas e biológicas compatíveis com a muda a ser produzida, os materiais alternativos a serem utilizados como substrato devem ser de fácil obtenção, ambientalmente corretos, ter estrutura estável, tempo de decomposição razoável, serem homogêneos e de baixo custo (KLEIN, 2015).

Segundo Barros et al. (2017), o biocarvão possui propriedades a serem aplicadas ao solo como componente dos meios de cultivo para a produção de mudas, por ser um material leve que possui estrutura porosa, reativa e propriedades físicas e propriedades hidráulicas. Os meios de cultivo para a produção de mudas devem ser de baixa densidade e com boa capacidade de retenção de água.

O efeito do biocarvão como substrato para a produção de mudas vem sendo relatado para diversas culturas. Dharmakeerthi et al. (2012), utilizando biocarvão de madeira de borracha como substrato no crescimento de mudas de *Hevea brasiliensis*, observaram um efeito positivo na matéria seca das mudas de porta-enxerto enquanto não afetou o crescimento da copa, ou seja, o tratamento 2% p/p, (biocarvão e solo) não foi suficiente para melhorar o estado nutricional e o crescimento da planta.

Hong et al. (2020), avaliando os efeitos de biocarvão de casca de árvores no crescimento de mudas de alface, repolho e pimentão, utilizando 0; 10; 30; 50 e 70 % de biocarvão nas misturas biocarvão + solo, identificaram que o tratamento 30% foi melhor para as mudas de alface e pimentão no peso das mesmas, no entanto, o aumento não foi significativo em função das doses maiores. Da mesma forma para as mudas de repolho, o peso aumentou a partir de 10% de biocarvão, e o aumento não foi estatisticamente expressivo.

Rodrigues et al. (2016), estudando o efeito do biocarvão proveniente de resíduos de folhas de palmeira de dendê no cultivo de mudas de eucalipto relataram que sua

aplicação ao solo proporcionou aumento da capacidade de retenção de água e diminuição da densidade, aumento da capacidade de troca catiônica e elevação das concentrações de nutrientes no solo.

Barros et al. (2017) analisando os efeitos de várias proporções de biocarvão ativado proveniente de serragem de madeira de florestas nativas no crescimento de mudas de maracujá, notaram que as variáveis estudadas foram significativamente influenciadas pela aplicação do biocarvão quando adicionado ao substrato comercial Mec plant®.

Crispim et al. (2020), cultivando mudas de rúcula com diferentes proporções de biocarvão produzido a partir da biomassa de espécies vegetais nativas e abundantes do semiárido observaram que, o aumento nas proporções do biocarvão agiram de forma positiva no desenvolvimento das mudas de rúcula, indicando o biocarvão na proporção de 50% como o ideal pois, melhorou as características das mudas de rúcula, como comprimento de raízes, teor de água, altura da planta, fitomassa fresca e fitomassa seca.

Cavalcante et al. (2012) em estudos com maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.), constataram incremento na emergência e índice de velocidade de emergência em função da maior proporção de biocarvão na composição do substrato (50,0% de biocarvão adicionado ao substrato base, composto pela mistura de solo e esterco bovino na proporção 1:2). Além disso, as variáveis altura de plântula, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e clorofila foliar também tiveram resultados significativos nas maiores concentrações de biocarvão no substrato.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área

O experimento passou por duas etapas: a primeira consistiu na incubação e caracterização química do solo e na segunda etapa instalou-se dois experimentos, o primeiro com melão e o segundo com mamão realizado em ambiente protegido da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada em Campina Grande/PB, na mesorregião do Agreste da Borborema, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 13' 11'' de latitude Sul, 35° 53' 31'' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 547m.

4.2 Preparo dos substratos

O solo utilizado veio da zona rural do município de Lagoa Seca/PB, depois seco ao ar, destorroado, peneirado com malha de 2 mm e caracterizado de acordo com Teixeira et al. (2017). A análise das características físico-química da camada de 0-20 cm pode ser encontrada na Tabela 1.

O biocarvão de cama de aviário foi produzido através de um processo de pirólise lenta em uma temperatura de carbonização de 450 °C pela empresa SPPT Pesquisas Tecnológicas LTDA (Mogi Mirim-SP). Neste experimento, a aquisição do biocarvão ocorreu devido à grande disponibilidade do resíduo de cama de aviário.

As amostras de biocarvão foram alocadas no forno seco a 65 ± 5 ° C até obter massa constante. Posteriormente, transcorreu uma caracterização química seguindo o manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (BRASIL, 2014). A análise seguiu a metodologia de acordo com ASTM: D1762-84 (2007), para carvão vegetal (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo utilizado nos experimentos e composição química do biocarvão.

Características do solo	Unidade	Valor	Características do biocarvão	Unidade	Valor
pH (H ₂ O)	---	5,75	pH	---	9,45
Ca ²⁺		1,56	P ₂ O ₅		7,78
Mg ²⁺		1,18	K ₂ O		4,9
Na ⁺		0,06	Ca		6,83
K ⁺		0,26	Mg		1,34
S	cmol _c kg ⁻¹	3,06	S		0,76
Al ³⁺ + H ⁺		1,27	Fe	%	0,46
T		4,33	Mn		0,09

CEes	dS m ⁻¹	0,16	Zn	0,08
MO	g kg ⁻¹	14,8	B	0,01
Areia		720,8	N	3,45
Silte	g kg ⁻¹	120,7	C/N	11,53
Argila		158,5	COT	39,77
			MO	68,56
			CTC	mmolc /kg 388,9

Para montagem das unidades experimentais, constituídas por sacos plásticos de polietileno (15 x 28 cm) com furos para a drenagem de água, foi realizada a uniformização da granulometria de todo o material (solo, biocarvão e vermiculita), peneirado com malha de 2 mm para separar o material grosseiro remanescente (Figura 2).

A vermiculita foi adicionada ao substrato tornando-o menos denso e compactado como também mais aerado, já que a vermiculita proporciona maior espaço poroso, com grande capacidade de aeração e melhor retenção de água (SAMPAIO et al., 2008).



Figura 2. Unidades experimentais.

Nas unidades experimentais as misturas de solo: vermiculita, na proporção de 10:1, juntamente com as doses de biocarvão conforme os tratamentos, foram incubadas por um período de 90 dias para que biocarvão reagisse com o solo, mantendo a umidade próxima da capacidade de campo. Após o período retirou-se das unidades experimentais amostras destas misturas, para serem secas ao ar, destorroadas, peneiradas à malha de 2 mm e analisadas de acordo com a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017) quanto aos seguintes atributos: pH em água, condutividade elétrica (CE), fósforo assimilável (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono orgânico (C).

Inicialmente, os resultados foram submetidos ao teste de homogeneidade (Cochran e Bartlett), à verificação de normalidade (Shapiro-Wilk) e as que não atenderam à distribuição normal foram normalizadas através de transformações. Em seguida, pela análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado

efeito significativo, se deu a análise de regressão polinomial para doses de biocarvão através do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.3 Instalação e condução do experimento

Dois experimentos foram instalados utilizando o solo incubado, tendo cada um deles o mesmo delineamento experimental e os mesmos tratamentos, variando apenas nas culturas a serem testadas. O primeiro experimento (Experimento 1) com a cultura do meloeiro (*Cucumis Melo* L.) utilizando duas variedades: Amarelo e Hales Best Jumbo, enquanto que paralelamente, o segundo experimento (Experimento 2) ocorreu com a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.), com duas variedades: Formosa e Ouro.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com disposição dos tratamentos em esquema fatorial 6 x 2, relativo a seis doses de biocarvão (D0 = 0; D4 = 4; D8 = 8; D12 = 12; D16 = 16 e D20 = 20 t ha¹, correspondentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g de biocarvão por quilo de solo, respectivamente) e duas variedades de cada cultura com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais para cada um dos experimentos.

Como ainda não existe uma recomendação de doses de biocarvão por cultura e tipo de matéria-prima (como acontece para fertilizantes e corretivos sintéticos, por exemplo), as doses testadas de biocarvão foram definidas com base em estudos prévios conduzidos no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, pertencente a UFCG.

Para só então ser feita a semeadura colocando-se cinco sementes por unidade experimental, adquiridas em casa agropecuária, com embalagem lacrada dentro do prazo de validade como estipulado pelo fabricante. Elas foram distribuídas de forma equidistante e a 2 cm de profundidade, após quatorze e quinze dias depois da semeadura do mamão e melão, respectivamente, o desbaste das plantas foi realizado mantendo a planta mais vigorosa em cada unidade experimental.

Semanalmente, os valores do teor de água nos substratos (solo + vermiculita + biocarvão) foram determinados a partir da gravimetria das unidades experimentais (uma repetição de cada tratamento). Com base nos resultados, calculou-se o volume de água necessário para manter os substratos próximo a capacidade de campo os quais, diariamente, receberam irrigação manual com auxílio de regador, com o objetivo de melhorar a germinação das sementes, a emergência e o desenvolvimento das mudas. É importante mencionar que, nenhuma fertilização mineral foi usada no experimento.

Durante o Experimento 1, realizado com o melão, aos 15 DAS (dias após a semeadura) o desbaste foi efetuado deixando apenas a planta mais vigorosa por unidade experimental, conduzido até 31 DAS; enquanto que no Experimento 2 com o mamão, o processo ocorreu ao décimo quarto dia até 90 DAS.

4.4 Variáveis analisadas

Durante o período de crescimento das culturas, o experimento foi acompanhado diariamente, a partir do momento em que a primeira plântula emergiu, contando-se todos os dias o número de plântulas até o momento da estabilização da emergência. O número de plântulas emergidas foi empregado para determinar a porcentagem de emergência (PE) (Equação 1) de acordo com a equação elaborada por Labouriau e Valadares (1976). O índice de velocidade da emergência de plântulas (IVE) foi alcançado pela soma do número de plântulas normais que emergiram dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência (Equação 2), de acordo com a fórmula de Maguire (1962):

$$PE(\%) = \left(\frac{N}{N_s}\right) * 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

PE = porcentagem de emergência;

N = número total de plântulas emergidas;

Ns = número total de sementes semeadas.

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

IVE = Índice de velocidade de emergência

N = número de sementes emergidas e computadas da primeira à última contagem;

D = número de dias da semeadura da primeira à última contagem

No que diz ao Experimento 1, as avaliações de crescimento foram nos 15, 23 e 31 DAS e no Experimento 2 aos 30, 60 e 90 DAS para analisar as seguintes variáveis biométricas: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), considerando apenas as folhas com comprimento mínimo de 3 cm determinadas segundo o modelo proposto por Nascimento et al. (2002) para o melão (Equação 3) e o modelo proposto por Alves & Santos (2002) para o mamão (Equação 4).

$$AF = 0,826L^{1,89} \quad \text{Eq. 3}$$

$$AF = 0,0947L^{2,7352} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

AF - área foliar, cm²

L - largura da folha, cm (Equação 3) e comprimento do lóbulo central, cm (Equação 4)

Para chegar à altura da planta (cm) utilizou-se uma régua milimétrica posicionada ao nível do solo até o ápice da folha mais nova da planta; o diâmetro do caule (mm) mensurado com o auxílio de um paquímetro digital posicionado no colo da planta (2 cm da superfície do solo) e o número de folhas a partir da folha basal até a última aberta.

De posse dos dados da altura, diâmetro, número de folhas e área foliar determinou-se a estimativa das características de crescimento, para então calcular a taxa de crescimento absoluto em altura, diâmetro, número de folhas e área foliar (TCA) (Equação 5), conforme metodologia proposta por (BENINCASA, 2003):

$$TCA = \frac{Vf - V0}{tf - t0} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

TCA - taxa de crescimento absoluto, em altura (cm dia⁻¹), em diâmetro (mm dia⁻¹), número de folhas ou área foliar (cm² dia⁻¹); Vf - variável final, em altura (cm), em diâmetro (mm), número de folhas ou área foliar (cm²); V0 - variável inicial, em altura (cm), em diâmetro (mm), número de folhas ou área foliar (cm²); tf - tempo final do monitoramento; t0 - tempo inicial do monitoramento

Ao final do Experimento 1 aos 31 DAS, e do Experimento 2 aos 90 DAS, as mudas foram colhidas para determinação das fitomassas frescas e secas da parte aérea (folhas e caule) e do sistema radicular (g). Na determinação da fitomassa fresca, as plantas foram seccionadas em folhas, caule e raiz e pesadas em balança analítica, obtendo-se a fitomassa fresca da parte aérea (caule + folhas) (FFPA). As raízes foram cuidadosamente retiradas, lavadas e mensurado o comprimento da raiz (CR). Ao realizar o somatório dos valores para fitomassa fresca da parte aérea e radicular, se chegou a fitomassa fresca total, com todos os valores expressos em g/planta.

Para determinação da fitomassa seca, o material coletado foi acondicionado em sacos de papel Kraft e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C por 72h, retiradas apenas para pesagem em balança analítica com precisão de 0,01g chegando assim, a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), a fitomassa

seca radicular (FSR) e a fitomassa seca total (FST), sendo estes valores também expressos em g/planta.

Para determinação dos parâmetros da fitomassa, aplicou-se o cálculo do índice de qualidade de Dickson (IQD), que considera o equilíbrio da distribuição da biomassa na planta, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade da muda: os parâmetros morfológicos de altura, diâmetro e biomassas (MEDEIROS et al., 2018). Segundo Hunt (1990), valores superiores a 0,2 de IQD indicam que as mudas são de alta qualidade e adequadas para o transplante para o local definitivo. A determinação do IQD se deu por meio da Equação 6 (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{FST}{\frac{AP}{DC} + \frac{FSPA}{FSR}} \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

IQD = Índice de qualidade de Dickson; FST = fitomassa seca total (g/planta); FSPA = fitomassa seca da parte aérea (g/planta); FSR = fitomassa seca de raiz (g/planta); AP = altura da parte aérea (cm); DC = diâmetro do caule (mm)

4.5 Análise dos dados

A análise estatística dos resultados consistiu na verificação de variância (ANOVA) considerando as doses de biocarvão e as variedades das culturas testadas. Previamente à realização da ANOVA, os dados passaram pelo teste de homogeneidade (Cochran e Bartlett), à verificação de normalidade (Shapiro-Wilk) e as que não atenderam à distribuição normal foram normalizadas através de transformações.

Atendidos os pressupostos da análise de variância, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo, foram examinadas a análise de regressão polinomial para doses de biocarvão e a comparação entre médias para variedades pelo teste de T-student ($p < 0,05$), pelo software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Em seguida, para a produção dos gráficos se calculou o erro padrão da média.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do solo

Após a aplicação do biocarvão no solo e incubação por 90 dias, observou-se que as doses do biocarvão influenciaram significativamente nas propriedades químicas do solo (Tabela 2). No entanto, o efeito das doses de biocarvão para ambos os modelos de regressão testados (linear e quadrático), apresentou valor de coeficiente de determinação R^2 inferior a 0,50 para o cálcio. Assim, na discussão dos resultados, essa regressão não foi discutida.

Tabela 2. Análise de variância para pH, condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), matéria orgânica (MO) e fósforo (P) no solo após a incubação de 90 dias com biocarvão.

FV	GL	Quadrado médio							
		pH	CE	Ca ¹	Mg	Na	K	MO	P
Doses	5	1,45**	0,45**	0,057*	11,92*	0,55**	9,80**	309,57**	55101,73*
Linear	1	6,12**	2,10**	0,028*	14,86**	2,74**	47,61**	1499,1**	150709,5**
Quadrática	1	0,98**	0,01 ^{ns}	0,099**	32,43**	0,006 ^{ns}	0,38**	13,8 ^{ns}	120797,1**
Desvio	3	0,04	0,05	0,053	4,10	0,010	0,33	11,6	1333,9
Resíduo	18	0,009	0,008	0,006	1,37	0,01	0,02	6,94	6696,06
CV (%)		1,41	8,84	12,56	13,74	9,19	5,49	9,04	37,43
			dS m ⁻¹	-----cmol _c kg ⁻¹ -----				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Média		7,06	1,02	0,60	8,53	1,12	2,51	29,14	218,61

FV: Fator de Variação; GL: Grau de liberdade; ***: significativo a (0.05 ≤ p) e (0.01 ≤ p) probabilidade de erro. ns: não significativo; CV: Coeficiente de variação; ¹ = dados transformados em 1/√x

Os valores de pH do solo aumentaram de forma quadrática após a adição do biocarvão, o maior valor de pH foi 7,55 na dose de 17,18 t ha⁻¹ (Figura 3A), proporcionando um aumento de 25% quando comparado com a testemunha. De acordo com Franchini et al. (2001), Pavinato (2007) e Pavinato & Rosolem (2008), é comum ocorrer elevação no pH do solo com a adição de resíduos vegetais. O biocarvão de cama de aviário promoveu aumento nos valores de pH do solo após 90 dias de incubação, passando da condição de acidez média com a testemunha (pH = 5,99) para alcalinidade fraca (pH = 7,56) com D20 de acordo com Minami & Salvador (2010). Esse aumento no pH do solo já era esperado, ao pensar que o pH do biocarvão da cama de frango era de 9,45. No entanto, Alburquerque et al. (2014) afirmam que, é preciso atenção para o fato de que grandes elevações do pH do solo (> 7,0), causadas pela aplicação do biocarvão, podem trazer efeitos negativos sobre a disponibilidade de micronutrientes no solo e, por conseguinte, comprometer o desenvolvimento das plantas.

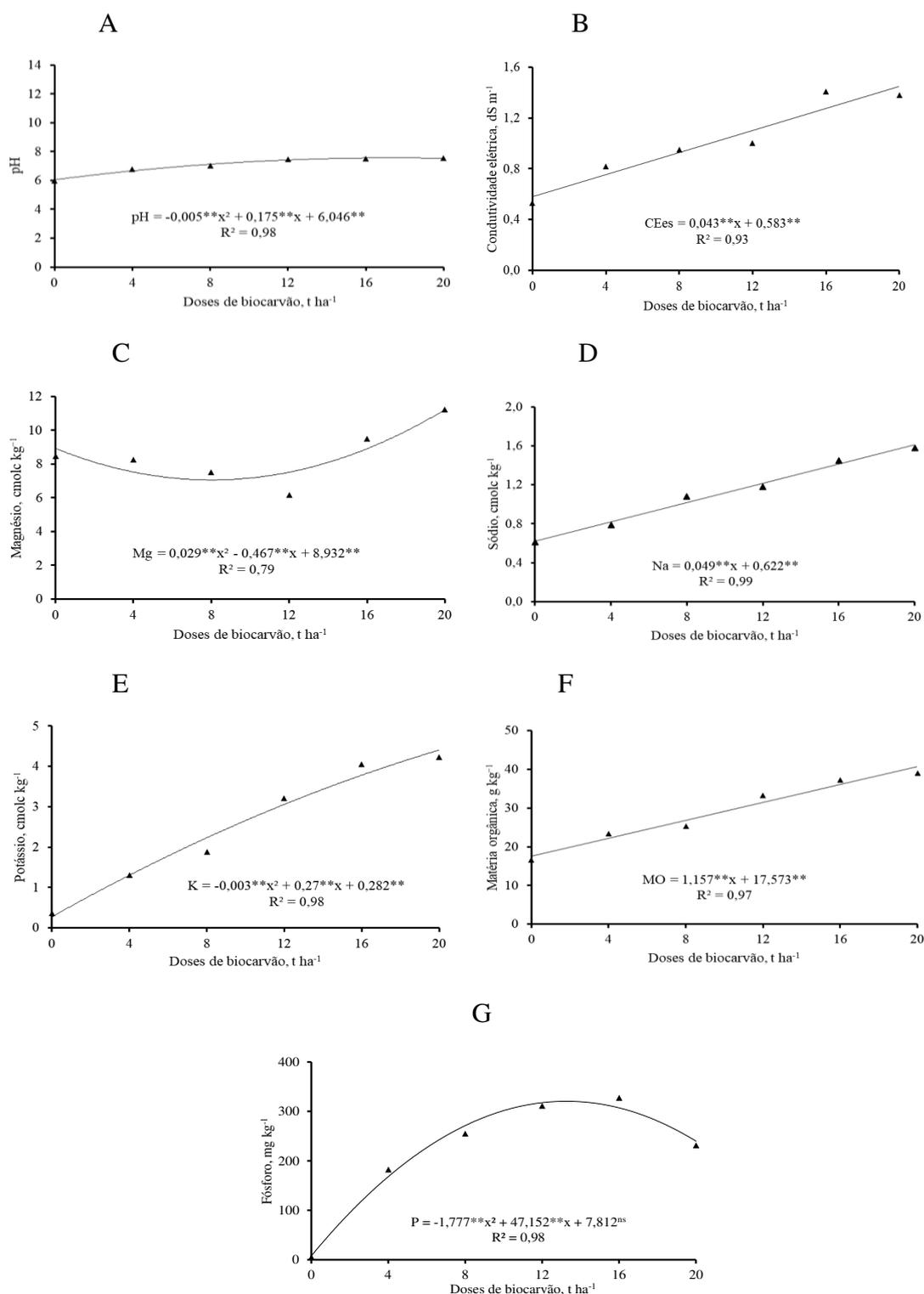


Figura 3. pH (A), condutividade elétrica (B), magnésio (C), sódio (D), potássio (E), matéria orgânica (F) e fósforo (G) após o período de incubação para os tratamentos de biocarvão.

De acordo com Sparks (2003), mudanças no pH do solo acontecem quando os cátions do biocarvão removem o alumínio (Al) da argila e/ou dos locais de troca de

matéria orgânica, reagindo-o com espécies monoméricas de Al solúveis, ou por causa da subsequente dissolução de hidróxidos e carbonatos (LUCCHINI et al., 2014). Portanto, o biocarvão atua no solo como corretivo de acidez e considerando a predominância de solos ácidos no Brasil, essa característica de pH próximos à neutralidade dos biocarvões eleva o seu potencial para uso agrícola.

A condutividade elétrica (CE) do substrato aumentou linearmente com o biocarvão atingindo um valor de $1,45 \text{ dS m}^{-1}$ para a dose de 20 t ha^{-1} (Figura 3B). Os valores mais altos de CE estão associados à alta salinidade, condição que pode levar a uma diminuição na absorção de água pelas raízes das plantas e causar desequilíbrio de nutrientes (MENDEZ et al., 2016). Os resultados corroboram Fernandes et al. (2018) que também trabalhando com doses de biocarvão de cama de aviário observaram um aumento da CE, com o aumento do biocarvão, atingindo um valor de $0,39 \text{ dS m}^{-1}$ com a dose de 30 t ha^{-1} . O aumento da CE do substrato com o biocarvão está relacionado com o aumento das bases trocáveis de cálcio, magnésio, sódio e potássio disponíveis no biocarvão, como será comentado em seguida.

A CE é utilizada para estimar o total de sais dissolvidos na amostra e os seus valores são importantes para o uso agrícola do biocarvão, pois materiais com alta salinidade devem ser aplicados em doses controladas de modo a evitar potencial toxidez para as plantas (SONG et al., 2012). Ayers e Westcot (1999) indicam que, os substratos com uma condutividade elétrica com mais de 1 dS m^{-1} prejudicam a maioria das plantas sensíveis às condições de salinidade. De acordo com Minami & Salvador (2010), os valores de CE encontrados no presente estudo são classificados como moderados ($0,5$ a $1,79 \text{ dS m}^{-1}$), satisfatórios para a maioria das plantas; o crescimento de algumas espécies sensíveis pode ser prejudicado.

Segundo Cantrell et al. (2012), o biocarvão proveniente de cama de aviário possui maior valor de CE em relação ao de outros esterco, como de suínos e bovinos, assegurando que a alta CE é por causa da assimilação incompleta de nutrientes pelas aves.

A utilização de cama de aviário associada ao composto orgânico e casca de arroz carbonizada, na produção de mudas de rúcula, atingindo uma condutividade elétrica de $3,05 \text{ dS m}^{-1}$, teve menor rendimento de massa de matéria seca da parte aérea, raiz e total, justificados pelos teores muito mais elevados de K e P, resultados semelhantes aos do presente trabalho (SILVA et al., 2009) e dos relatados por Zanetti et al. (2003) trabalhando com porta-enxertos de limão.

O conteúdo de cátions trocáveis (magnésio, sódio e potássio) aumentou com as concentrações de biocarvão de cama de aviário de forma quadrática e linear, respectivamente, o que está de acordo com estudos anteriores (CHAN et al., 2007; SILVA et al., 2017a; TITO et al., 2020; FERNANDES et al., 2018). Com base nas Figuras 3C, 3D e 3E, as concentrações de magnésio, sódio e potássio, 11,19 cmolc kg⁻¹, 1,61 cmolc kg⁻¹ e 4,40 cmolc kg⁻¹, foram obtidas com a maior dose de biocarvão (20 t ha⁻¹), portanto, houve um aumento em torno de 26%, 160% e 1.492%, entre esses valores e o controle, respectivamente. Esses dados são parecidos com os 39%, 151% e 1.754%, encontrados por Tito et al. (2020), avaliando um aumento nos níveis de magnésio, sódio e potássio no solo com a aplicação do mesmo biocarvão. O sódio é considerado um elemento tóxico para a maioria das plantas, podendo causar efeitos nutricionais negativos como a diminuição da absorção de nutrientes catiônicos, como o Ca, Mg e K, por inibição competitiva e toxidez direta, causando seca das folhas e diminuição da taxa de crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O aumento no teor de magnésio e potássio presentes nesta pesquisa também Chan et al. (2007) e Carvalho et al. (2013) verificaram com a aplicação de doses elevadas de biocarvão proveniente de resíduos verdes e de madeira, respectivamente, aumento nos teores de Mg⁺² trocáveis no solo e Oguntunde et al. (2004) que relataram um aumento significativo na disponibilidade de K com a utilização de biocarvão.

Silva et al. (2017a) constataram que, além do pH, o conteúdo de cátions trocáveis aumentou com a elevação das doses de biocarvão e isso pode ser explicado pela presença de cinzas no biocarvão, que são ricas em óxidos e hidróxidos de metais alcalinos, facilmente dissolvidas e reagem com o solo, aumentando assim, o pH e disponibilizando nutrientes ao solo.

A matéria orgânica do substrato aumentou linearmente com o biocarvão atingindo um valor de 40,713 g kg⁻¹ para a dose de 20 t ha⁻¹ (Figura 3F), um aumento de 131,68% em relação ao controle. Segundo o Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de solo da Embrapa (SOBRAL et al., 2015), a matéria orgânica era classificada como baixa e com a aplicação das doses de biocarvão, passou a ser classificado como médio, com exceção das maiores doses de biocarvão (12, 16 e 20 t ha⁻¹), que alcançaram o nível alto. O biocarvão eleva a quantidade de matéria orgânica no solo, o que é primordial para avaliar a qualidade e a produtividade das plantas devido ao seu papel crucial na melhoria das propriedades físico-químicas e biológicas do solo (YANG et al., 2017).

O fósforo disponível aumentou e a maior concentração correspondeu a 312,68 mg kg com a dose de 13,26 t ha⁻¹ (Figura 3G), o que representou um acréscimo de 3.905% em relação ao controle, bem como menciona Tito et al. (2020), que notaram um aumento de 5.131% em seu experimento. Este dado significativo é, provavelmente, pela presença de fosfato de potássio (K₂ (HPO₄)) na composição do biocarvão de cama de aviário, confirmando a presença de um teor considerável de P, K, Ca e Mg (CHAVES et al., 2020) ou porque o biocarvão de cama de aviário no solo aumenta a colonização micorrízica e a disponibilidade de fósforo no solo (WARNOCK et al., 2007). Para Wang et al. (2019), o biocarvão altera a distribuição relativa das espécies de fósforo no solo, que são benéficas para melhorar sua disponibilidade para as culturas.

De acordo com Bohara et al. (2019), o biocarvão exerce a distribuição relativa de espécies de fósforo no solo de forma benéfica, aumentando sua disponibilidade para as culturas. Portanto, esse fato provavelmente influenciou significativamente as variáveis de produção de mudas, como será possível perceber ao longo de toda pesquisa. É importante salientar que, a disponibilidade destes nutrientes vai depender das condições da matéria-prima e da pirólise durante a produção do biocarvão.

5.2 Meloeiro

5.2.1 Emergência

Verificou-se efeito isolado de doses de biocarvão para IVE (Tabela 3). Os dados para a porcentagem de emergência das plântulas não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011). No entanto, não apresentou resposta significativa.

Tabela 3. Análise de variância para o índice de velocidade de emergência (IVE) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio IVE
Dose (D)	0,37*
Variedade (V)	0,41 ^{ns}
D x V	0,16 ^{ns}
Resíduo	0,12
CV (%)	35,66
Média	0,96

*significativo a 0,05 de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

O vigor das sementes representado pelo índice de velocidade de emergência (IVE), teve os dados ajustados ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão com ponto de máximo IVE estimado em 1,24 plântulas/dia com a dose de 9,38 t ha⁻¹ de biocarvão, a qual possibilita uma emergência antecipada, em comparação as demais doses testadas, o que é vantajoso. Martins et al. (1999) afirmam que, quanto mais tempo a plântula demorar para emergir do substrato, mais susceptível estará às condições adversas do meio. A variável atingiu valores inferiores quando as plântulas receberam a dose de 20 t ha⁻¹, com IVE estimado em 0,787 plântulas/dia, ou seja, uma redução de 11,27% entre a menor e a maior dose de biocarvão aplicada ao solo (Figura 4).

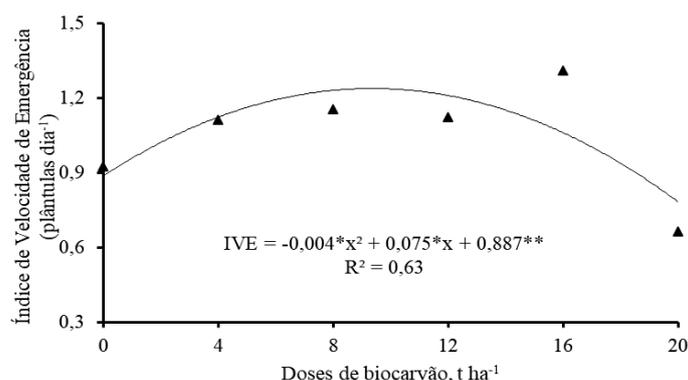


Figura 4. Índice de velocidade de emergência em função do efeito isolado de dose de biocarvão.

Esses índices foram quantitativamente menores à variação de 4,43 – 6,86 apresentados por Pelizza et al. (2013) trabalhando com melão amarelo plantado em cinco substratos diferentes e divergem dos encontrados por Cavalcante et al. (2012), que verificaram um incremento na emergência, bem como no índice de velocidade de emergência de mudas de maracujazeiro em conformidade com o aumento da proporção de biocarvão na composição do substrato. Silva et al. (2019b), avaliando o efeito do biocarvão produzido a partir de serragem de eucalipto no crescimento de mudas de alface cv. Grandes Lagos, notaram que a percentagem de emergência (%PE) e o índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de alface não tiveram influência da presença do biocarvão ao serem comparados ao substrato comercial (BPL).

Segundo Novak et al. (2009b), quando a adição de biocarvão ao solo melhora a fertilidade, aumentando o pH do solo, o carbono orgânico do solo, Ca, K, Mg e P, acaba por superar os efeitos inibitórios das taxas mais altas de aplicação de biocarvão na germinação de sementes. Já foi mencionado que em solos com alta fertilidade a adição de biocarvão ao solo não interfere na germinação.

Alterações do solo, ocasionadas pela adição de biocarvão, podem afetar várias propriedades do solo e influenciar, por exemplo, na capacidade de retenção de água, quantidade de água disponível para a planta e permeabilidade de água, que por consequência podem agir na germinação, %PE e IVE (BOHARA et al., 2019; NORINI et al., 2019). Em estudos realizados por Chiapinotto et al. (2021) a fim de determinar o efeito de diferentes proporções de cama de aviário adicionada ao substrato comercial para a produção de mudas de melancia, para o IVE, o aumento da proporção da cama de aviário no substrato comercial elevou o número de dias necessários para a germinação, podendo estar associado à maior capacidade de retenção de água nos tratamentos com maiores proporções do material orgânico.

Sobre o assunto Taiz e Zaiger (2013) afirmam que, com o aumento da salinidade, o desenvolvimento da plântula é afetado devido ao efeito osmótico, afetando a embebição e seu estabelecimento. Sendo assim, percebe-se que, com o aumento das doses de biocarvão e, conseqüente aumento da concentração de sais, ocorreu a redução no potencial osmótico do substrato, diminuindo a disponibilidade de água para embebição das sementes. Fato indicado por Oliveira et al. (2014), testando diferentes potenciais osmóticos na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. Os autores verificaram que a redução do potencial osmótico, em decorrência do aumento da concentração salina, resultou no acréscimo do número de dias para a germinação e em aumento de plântulas anormais e de sementes mortas.

Aragão et al. (2009) afirmam que, o aumento da salinidade prejudica diretamente o desenvolvimento das plantas de meloeiro em todas as fases do crescimento e de forma diferenciada, sendo a maioria das cultivares mais sensíveis durante a fase de plântula. Pelizza et al. (2013), que ao avaliarem o desempenho do melão Amarelo sob diferentes substratos, encontraram IVE entre 4,43 e 6,86, valores superiores quando comparados ao deste estudo, em que os valores variaram entre 0,887 e 0,79, para a ausência e 20 t ha⁻¹, respectivamente. Os autores encontraram melhores resultados com o substrato Húmus Fértil[®], sendo que este se igualou ao dos substratos vermicomposto bovino puro e vermicomposto bovino 75% mais casca de arroz carbonizada 25%; provavelmente, esses substratos possibilitaram condições de umidade e temperatura favoráveis para a emergência das sementes, pois, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), a água desempenha influência sobre o processo germinativo e sua absorção promove o aumento de volume da semente, ocorrendo assim, o rompimento do tegumento, e por consequência, provoca a emergência da radícula e do caulículo.

A avaliação da emergência é de suma importância, já que deficiências neste quesito, geralmente, acarretam redução do rendimento operacional do processo de produção de mudas. O desempenho das sementes, logo após a semeadura, pode provocar ainda efeitos diretos sobre a produção final, especialmente, quando há redução significativa da porcentagem de emergência das plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

No entanto, é importante frisar que as variações nas taxas de germinação não são ocasionadas exclusivamente pelo efeito do substrato (tipo e doses aplicadas ao solo), uma vez que, o processo germinativo das sementes ocorre através da combinação de vários outros fatores, como: estado nutricional do solo, condições edafoclimáticas, temperatura, suprimento de água e oxigênio, vigor e qualidade do lote de sementes (FERREIRA & BORGHETTI, 2004).

5.2.2 Variáveis biométricas

A interação entre doses e variedades afetaram significativamente quase todas as variáveis, com exceção da taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) aos 15-23 DAS quando houve efeito significativo apenas para o fator isolado dose (Tabela 4). Os dados da altura da planta aos 15 dias não atenderam os pressupostos de normalidade, portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011).

Tabela 4. Análise de variância da altura da planta (AP) e da taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) para as variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio			
	Altura da planta (AP)		TCAAp	
	23 dias	31 dias	15-23 dias ¹	23-31 dias
Dose (D)	247,96**	1665,0**	3,18**	34,48**
Variedade (V)	1033,42**	3513,03**	0,14 ^{ns}	36,46**
D x V	24,61*	355,27**	0,23 ^{ns}	9,98**
Dose dentro de V1				
Linear	0,84 ^{ns}	1457,06**	-	56,2**
Quadrático	110,6**	4877,56**	-	68,14**
Desvio	8,1	102,39	-	1,26
Dose dentro de V2				
Linear	46,3*	2788,45**	-	84,18**
Quadrático	291,42**	247,97*	-	1,47 ^{ns}
Desvio	27,44	141,04	-	2,84
Resíduo	8,1	36,19	0,17	1,67
CV (%)	12,68	10,78	24,6	27,39
	-----cm-----		-----cm dia ⁻¹ -----	
Média	22,46	55,81	1,67	4,01

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação; ¹ = dados transformados em $\frac{x^{1,388}-1}{1,388}$.

A altura das plantas da variedade Amarelo (V1), em todas as datas de avaliação, 15, 23 e 31 DAS, foi maior quando comparada a variedade Hales Best Jumbo (V2) mostrando que, V1 respondeu melhor do que a V2 em função das doses de biocarvão (Figuras 5A, 6A e 6B). Estas doses agiram de forma expressiva na altura da planta aos 15 DAS, sendo que as doses 4, 8 e 12 t ha⁻¹ foram melhores para a altura da planta da V1, cujos valores corresponderam a 17,17; 18,47 e 16,37, respectivamente. A altura das plantas da V2, não foi influenciada significativamente pelas doses de biocarvão, variando de 6,88 a 5,0 cm aplicando-se 8 e 20 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 5A). É interessante observar que, mesmo não havendo muitas diferenças entre a testemunha (D0) e as maiores doses de biocarvão dentro de cada variedade, houve uma diminuição da altura da planta em função das maiores doses, sugerindo, talvez um efeito negativo no crescimento das mudas.

A

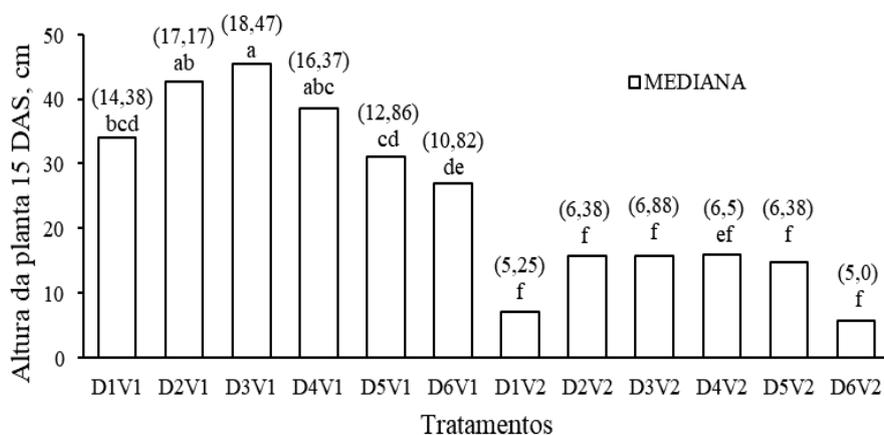


Figura 5. Altura da planta aos 15 DAS em função da combinação entre doses de biocarvão e variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.

Para AP aos 23 DAS (Figura 6A), os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão, cuja maior média correspondeu a 34,22 cm para a variedade Amarelo (V1) com a dose de 10,1 t ha⁻¹ e 22,01 cm para a variedade Hales Best Jumbo (V2) com a dose 11,16 t ha⁻¹. O mesmo comportamento aconteceu aos 31 DAS, atingindo o máximo de 81,94 cm da altura da planta da variedade Amarelo (V1) com a

dose de 11,59 t ha⁻¹ e de 58,74 cm da variedade Hales Best Jumbo (V2) com a dose de 19,80 t ha⁻¹ (Figura 6B).

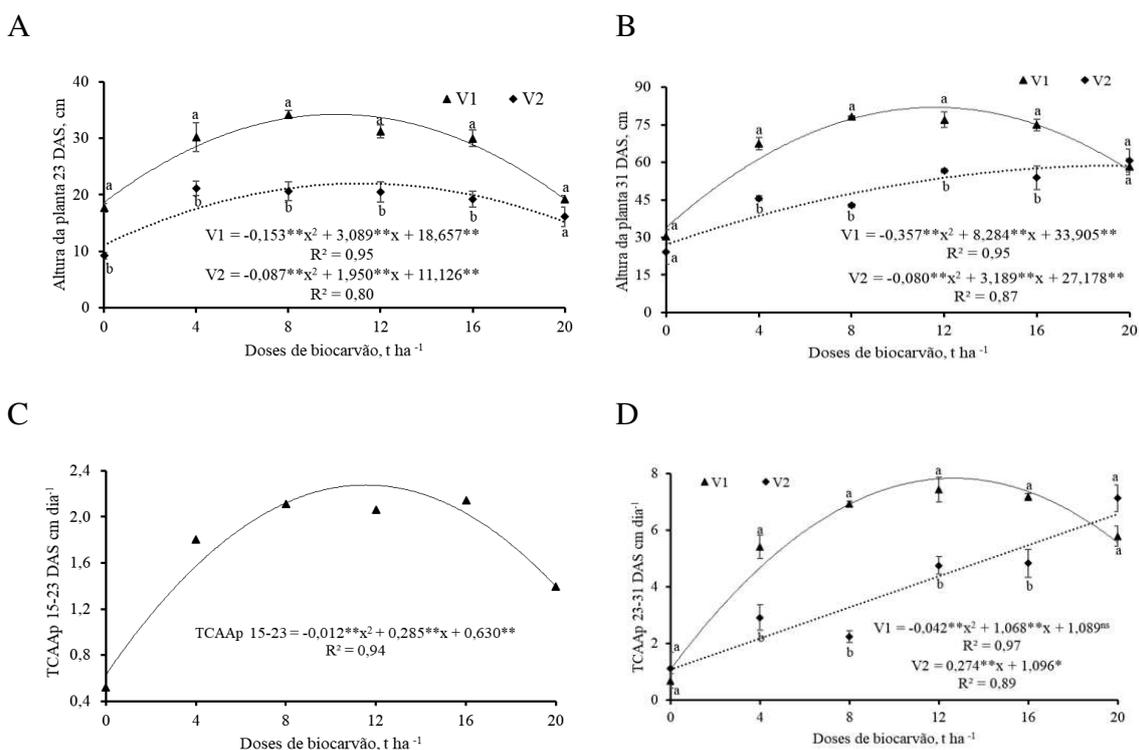


Figura 6. Altura da planta aos 23 (B) e 31 DAS (C) em função do desdobramento entre dose e variedade (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo) e taxa de crescimento absoluto da altura da planta de 15-23 (C) e 23-31 DAS (D) em função do efeito isolado de doses de biocarvão (D). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

Esses comportamentos indicam similaridade com os estudos propostos por Petter et al. (2012c), onde as concentrações de biocarvão acima de 30% retardaram o desenvolvimento das mudas, em razão da deficiência induzida de nutrientes pela elevação do pH. Provavelmente, o mesmo ocorreu no presente trabalho, pois a aplicação de doses crescentes de biocarvão aumentou os valores de pH e CE (Tabela 2) após a incubação das misturas solo + vermiculita + biocarvão, demonstrando o meloeiro uma planta sensível a alcalinidade e/ou salinidade. O aumento do pH destas misturas em função das doses crescentes de biocarvão corrobora com Hong et al. (2020).

Os pesquisadores Ferreira et al. (2011), avaliando o crescimento de mudas de meloeiro “ROPEY KING”, aos 30 DAS, em diferentes substratos orgânicos, encontraram a maior altura da parte aérea 99,98 cm, correspondente ao tratamento esterco ovino + solo (3:1 v/v). Da mesma forma, Malta et al. (2017) investigando o crescimento do meloeiro crioulo em diferentes substratos perceberam um comprimento médio de 1,11 m, pelo uso

do substrato composto por 70% de solo + 15% de esterco caprino + 15% de areia, enfatizando a importância da adubação orgânica para o crescimento das plantas.

A taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) no período de 15-23DAS (Figura 6C) atingiu valor de 2,14 cm dia⁻¹ (2,7 cm dia⁻¹ - não transformado) na dose de 16 t ha⁻¹. No período de 23 a 31 DAS, a variedade Amarelo (V1) do meloeiro, apresentou, em geral, maiores valores da TCAAp quando comparada a variedade Hales Best Jumbo (V2) com ajuste de modelo quadrático e valor máximo de 7,84 cm dia⁻¹ com a dose 12,64 t ha⁻¹, diferente da V2 que teve ajuste ao modelo linear com taxa de crescimento de 43,02 cm dia⁻¹ na maior dose, resultando em um aumento de 118,83% (Figura 6D).

Em relação a interação dos fatores, houve efeito significativo apenas para o diâmetro do caule aos 15 DAS e TCAAf 23-31 DAS, demonstrando que, estas variáveis foram influenciadas pelas variedades de meloeiro e pelas doses de biocarvão de cama de aviário (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância das características diâmetro caulinar (DC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCADc), taxa de crescimento absoluto do número de folhas (TCANf) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAf) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	Diâmetro do caule (DC)			TCADc	TCANf	TCAAf
	15	23	31	23-31	15-23 ¹	23-31
Dose (D)	1,63**	1,36**	2,6**	0,02 ^{ns}	0,0251 ^{ns}	851,44**
Variedade (V)	1,12*	0,21 ^{ns}	2,13*	0,05**	0,0406 ^{ns}	395,38**
D x V	0,59*	0,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0107 ^{ns}	187,01**
Dose dentro de V1						
Linear	1,35*	-	-	-	-	610,16**
Quadrático	2,58**	-	-	-	-	2519,41**
Desvio	0,35	-	-	-	-	14,09
Dose dentro de V2						
Linear	0,25 ^{ns}	-	-	-	-	1529,26**
Quadrático	5,44**	-	-	-	-	144,66 ^{ns}
Desvio	0,13	-	-	-	-	115,5
Resíduo	0,19	0,23	0,45	0,002	0,0106	52,05
CV (%)	12,62	10,92	13,17	51,85	33,57	25,34
	-----mm-----			mm dia ⁻¹	und dia ⁻¹	cm ² dia ⁻¹
Média	3,5	4,35	5,08	0,084	0,31	28,47

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação; ¹ = dados transformados em \sqrt{x} .

O efeito das doses de biocarvão no diâmetro caulinar foi representado por equações quadráticas tanto para as mudas da variedade Amarelo (V1) quanto para a

variedade Hales Best Jumbo (V2) (Figura 7A). O meloeiro da variedade Amarelo (V1) teve maiores valores de diâmetro caulinar na ausência de biocarvão e na dose 12 t ha⁻¹, quando comparado à variedade Hales Best Jumbo (V2), com valor máximo de 4,07 mm na dose estimada de 7,86 t ha⁻¹ reduzindo a partir dela. De forma semelhante, a variedade V2 atingiu o valor máximo de 3,90 mm na dose 10,64 t ha⁻¹, sendo que ambas as variedades sofreram redução de diâmetro caulinar em função do aumento das doses de biocarvão.

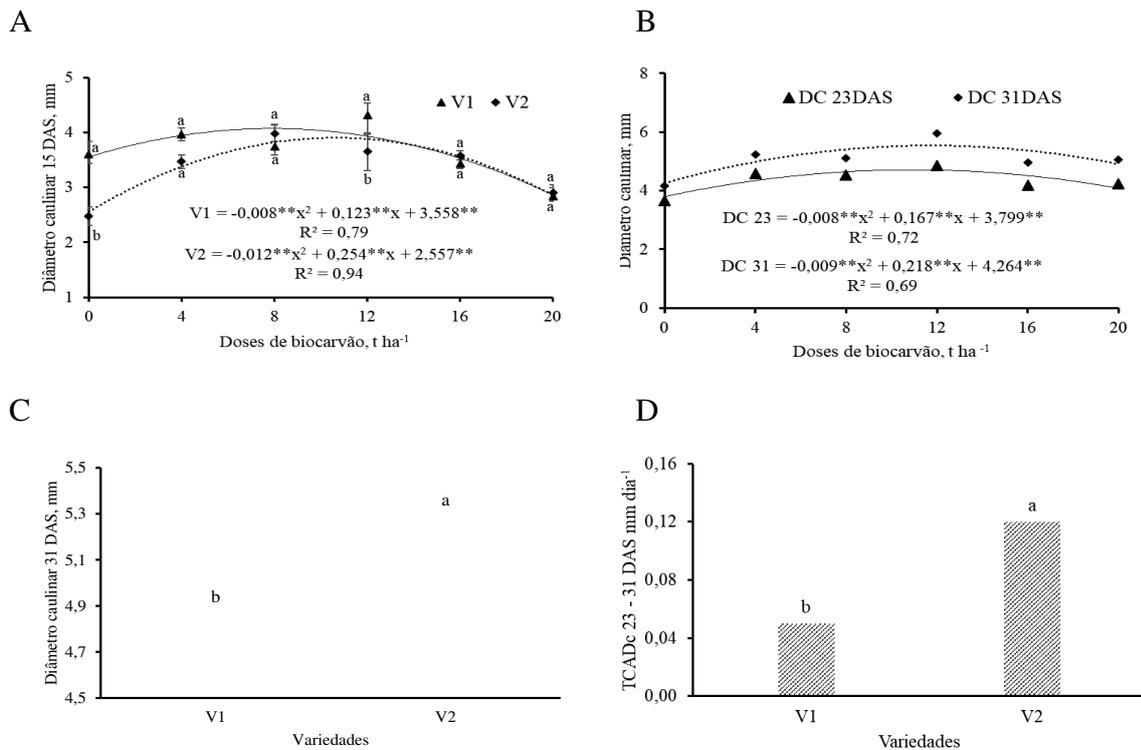


Figura 7. Diâmetro caulinar em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo) aos 15 DAS (A), do efeito isolado de dose de biocarvão aos 23 e 31 DAS (B) e do efeito isolado de variedade (C); taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar 23-31 DAS em função do efeito isolado de variedades (D). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

O aumento no diâmetro caulinar das duas variedades do meloeiro, em função das doses iniciais de biocarvão pode ter sido, pelo enriquecimento do ambiente pela liberação dos elementos químicos desse insumo, também pela melhoria na estrutura da mistura solo + vermiculita + biocarvão aumentando a aeração, infiltração e disponibilidade de água para as mudas conforme Ekebafé et al. (2013). No entanto, doses acima de 12 t ha⁻¹ o efeito foi negativo, devido ao aumento do pH e CE dessa mistura (Tabela 2).

Cavalcante et al. (2012), trabalhando com o biocarvão como substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo, demonstraram influência positiva do biocarvão na produção de mudas, sendo caracterizado pelo aumento médio das variáveis altura de plântula, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e clorofila foliar nas maiores concentrações de biocarvão adicionadas ao substrato base.

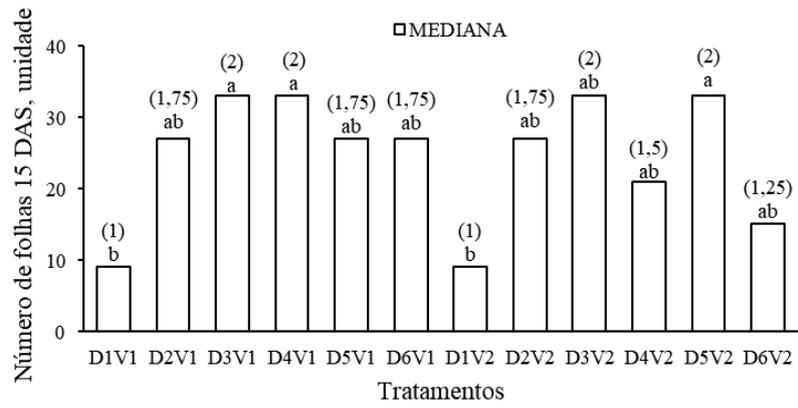
Aos 23 e 31 DAS, o diâmetro caulinar das mudas de meloeiro ajustou-se ao modelo polinomial quadrático com valores máximos de 4,7 e 5,53 mm nas doses de 10,86 e 11,68 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 7B). Na comparação entre as variedades, nota-se um melhor resultado no diâmetro caulinar de 5,29 mm para a variedade V2 com uma diferença de 7,9% em relação a variedade V1 (4,90 mm) (Figura 7C).

O diâmetro do caule é uma variável importante para avaliar a sobrevivência e crescimento de mudas, uma vez que, as plantas com maiores diâmetros de caule têm a capacidade de gerar e desenvolver as raízes com maiores taxas de sobrevivência (ALMEIDA et al., 2020).

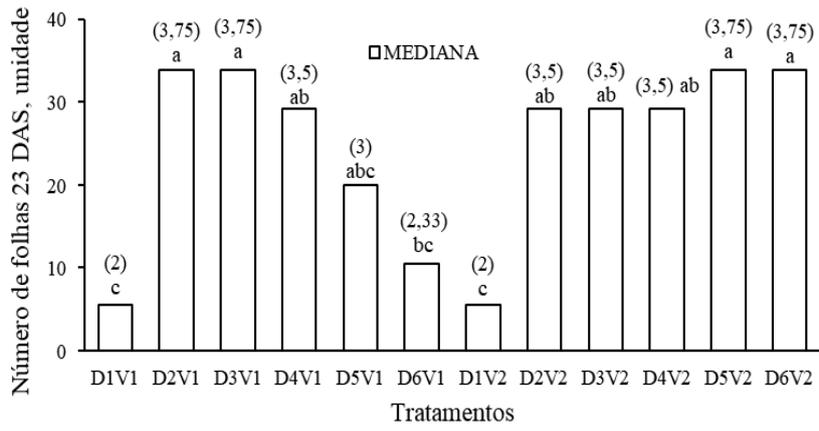
No que se refere à TCA do diâmetro caulinar no período de 23 a 31 DAS, estatisticamente a variedade Hales Best Jumbo, V2 apresentou melhor resultado, um valor médio em torno de 0,12 mm dia⁻¹; também na comparação das variedades, houve uma redução de 58,33% de V2 para V1 (0,05 mm dia⁻¹) (Figura 7D). De acordo com Gonzaga et al. (2018), investigando as características morfológicas de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden) com aplicação de biocarvão proveniente de lodo de esgoto, observaram que o diâmetro do coleto diminuía com o aumento das doses de biocarvão, onde o maior aumento de crescimento foi registrado na dose de 20 t ha⁻¹.

As médias do número de folhas das mudas dos meloeiros, V1 e V2, aos 15, 23, 31 DAS e as TCANf 23-31 DAS foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011) (Figura 8). Interessante indicar que, na V1 o número de folhas aumentou em relação ao incremento das doses de biocarvão, tendendo a diminuir com as doses maiores. No caso da V2, o comportamento se pareceu somente aos 15 DAS (Figura 8A), sendo que aos 23 e 31 DAS os números de folhas, em geral, foram maiores com as doses maiores de biocarvão (Figuras 8B e 8C).

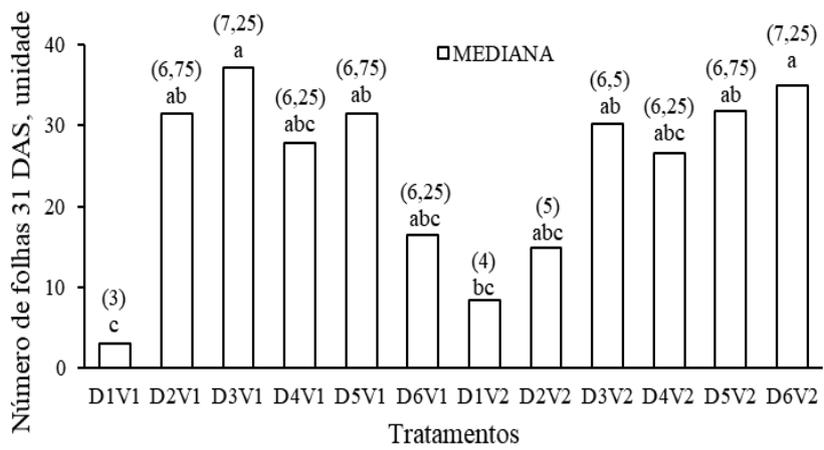
A



B



C



D

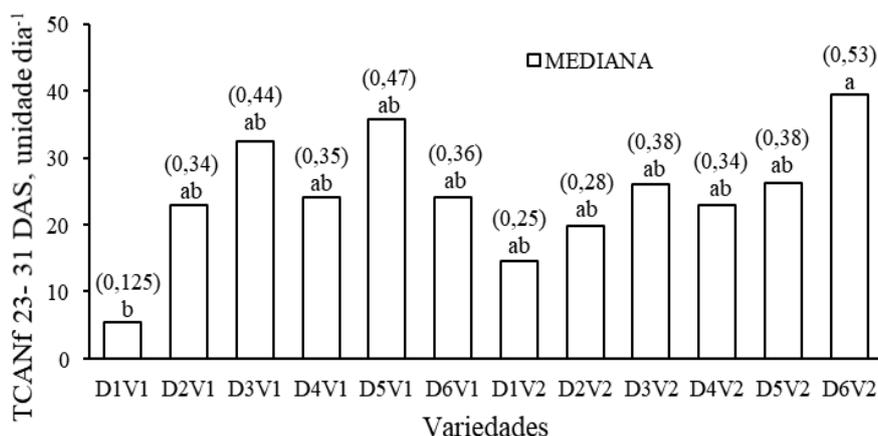
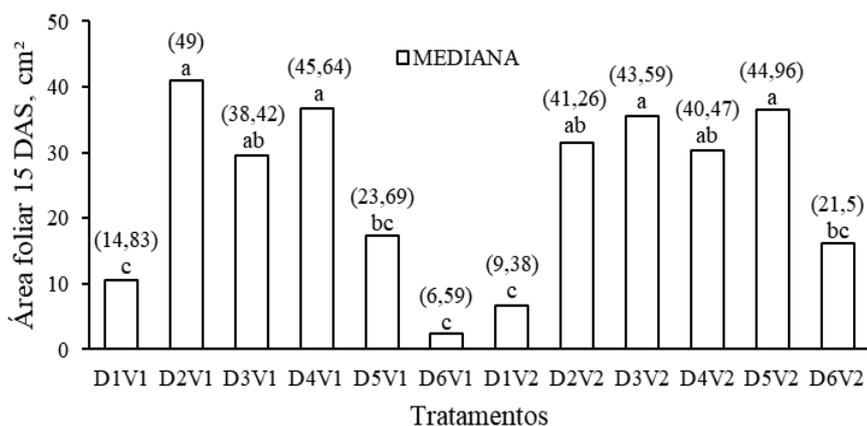


Figura 8. Número de folhas aos 15 (A), 23 (B), 31 DAS (C) e TCANf 23-31 DAS em função da combinação entre doses de biocarvão e variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.

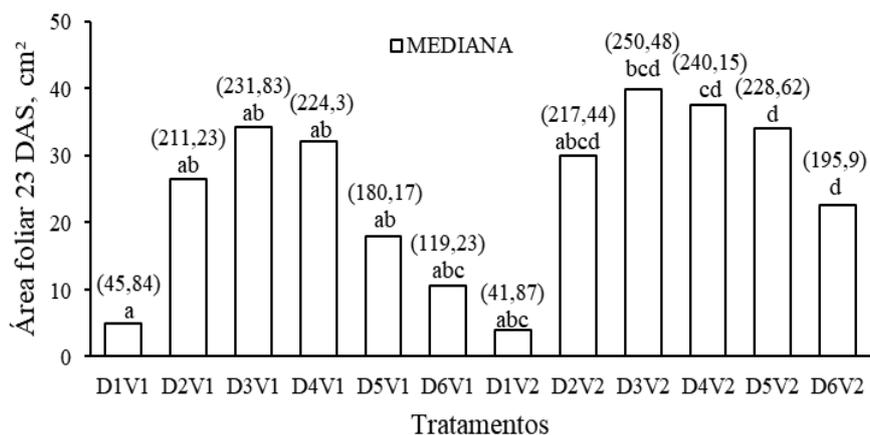
De modo geral, os números de folhas das mudas de meloeiro, aos 31 DAS, independente dos tratamentos e variedades (Figura 8C), foram maiores do que os números informados por Ferreira et al. (2011), os quais variaram de 3,5 a 4,5, conforme os substratos orgânicos utilizados (esterco caprino, ovino, bovino, composto orgânico e húmus de minhoca) sem haver diferença relevante entre eles. Conforme a Figura 8D, a TCANF, no período de 23 a 31 DAS, a diferença significativa esteve presente apenas com o uso dos tratamentos D1V1 e D6V2, correspondente a menor e maior média, respectivamente.

As médias das áreas foliares das mudas dos meloeiros, V1 e V2, aos 15, 23 e 31 DAS, comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011) (Figura 9), em geral, aumentaram com as doses crescentes de biocarvão até certo ponto, para diminuir com as maiores doses, com exceção da V2 aos 31 DAS (Figura 9C).

A



B



C

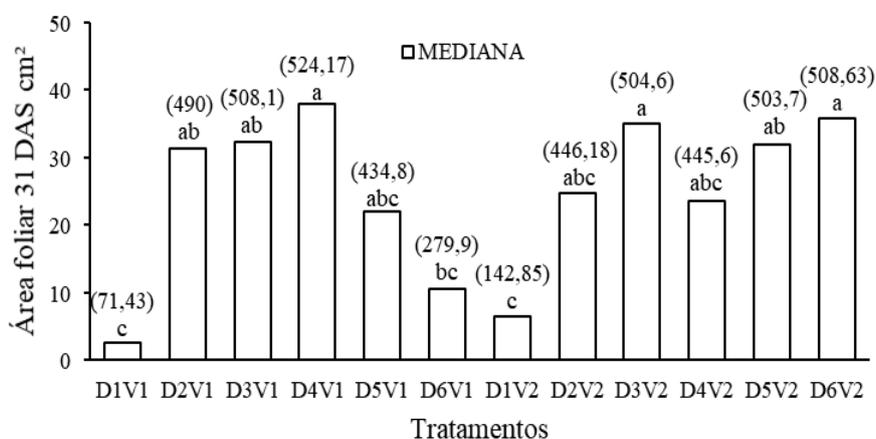
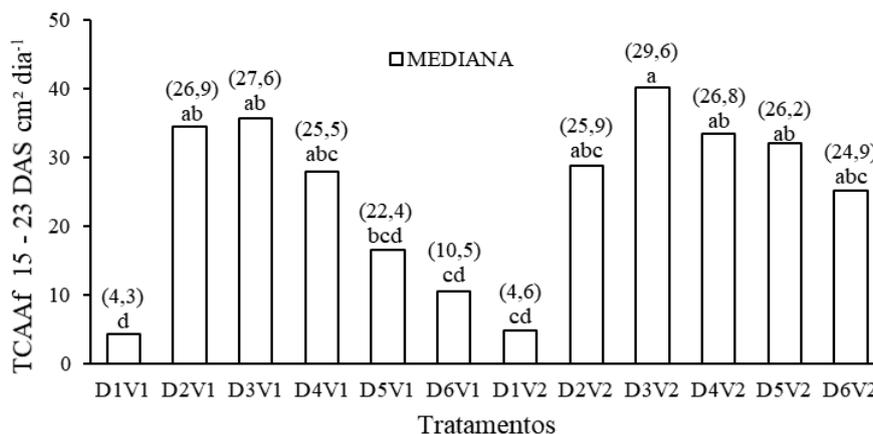


Figura 9. Área foliar aos 15 (A), 23 (B) e 31 DAS (C) em função da combinação entre doses de biocarvão e variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.

As médias das taxas de crescimento absoluto das áreas foliares, no período de 15 a 23 DAS, das variedades V1 e V2, foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011) (Figura 10A). Em geral, a V1 foi mais sensível em relação as doses crescentes de biocarvão, havendo uma diminuição na TCAAf nas maiores doses. Quanto a TCAAf do 23 aos 31 DAS (Figura 10B), recebeu intervenção significativa pela interação das variedades de meloeiro (Amarelo e Jumbo) com as doses de biocarvão (Tabela 4), foi ajustada em regressão quadrático dos dados para V1 com a maior TCAAf de 38,10 cm² por dia na dose de 11,43 t ha⁻¹ e ajuste linear crescente dos dados para V2, com maior TCAAf de 43,01 cm² por dia na dose de 19,6 t ha⁻¹.

A



B

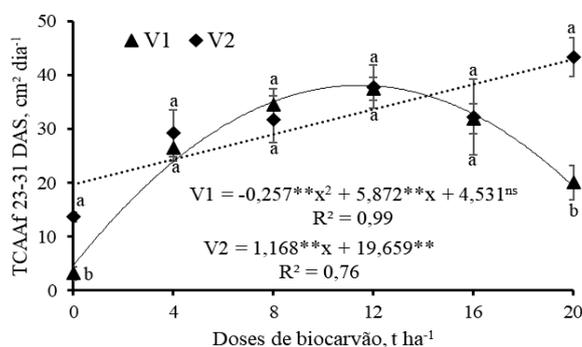


Figura 10. Taxa de crescimento absoluto da área foliar nos períodos de 15 a 23 DAS (A) e de 23 a 31DAS (B) em função das doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas (A). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose (B).

Com isso, pode-se dizer que as doses crescentes de biocarvão na composição do substrato aumentaram o nível de salinidade do substrato (maior pH e maior condutividade elétrica) (Tabela 2). A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico e provoca a ação de íons sobre o protoplasma (HARTER et al., 2014). A água retida osmoticamente na solução salina, torna cada vez menos disponível para as plantas, interferindo negativamente no crescimento das plantas, assim como Almeida et al. (2020) informam sobre os substratos orgânicos na produção de mudas de beringela. Neste sentido, a dose de biocarvão acima de 8 t ha⁻¹, reduziu as variáveis de crescimento analisadas, provavelmente, pelo efeito deletério do aumento do pH e da CE.

Com a dose 12 t ha⁻¹ de biocarvão, os valores de pH e da CE da mistura solo + vermiculita + biocarvão, corresponderam a 7,46 e 1,00 dS m⁻¹, respectivamente, tendo aumentado com a incorporação das doses (Tabela 2). Conforme Ayers & Westcot (1999), os substratos com CE acima de 1 dS m⁻¹ (valor limitante) prejudicam o crescimento da maioria das plantas sensíveis à salinidade, concordando com o relatado por Silva et al. (2009). Segundo os autores, o uso de cama de aviário na composição de substrato, para o plantio de mudas de rúcula, proporcionou uma C.E. de 3,05 dS m⁻¹ e teores muito elevados de potássio e fósforo, o que justificou o menor rendimento de massa de matéria seca da parte aérea, raiz e total.

Lima et al. (2017) avaliando o efeito de diferentes doses de biocarvão de casca de coco seco no desenvolvimento e produção de biomassa do girassol e na composição química da solução do solo, em diferentes profundidades de coleta também notaram que o aumento da quantidade de biocarvão aumenta condutividade elétrica da solução, o que pode ser um fator limitante na sua aplicação no solo.

O biocarvão utilizado no presente trabalho, proveniente de cama de aviário, também apresenta elevado teor de fósforo na sua composição, o que provavelmente interferiu nas variáveis de crescimento das mudas de meloeiro. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, a respeito do comportamento da V2 em relação as doses maiores de biocarvão, pode-se inferir que a mesma é mais tolerante a salinidade do que a V1, exatamente como mostra Araújo et al. (2016) em suas avaliações sobre o assunto.

5.2.2 Variáveis de fitomassa

Entre as variáveis de fitomassa avaliadas para a produção de mudas de melão submetidas a doses crescentes de biocarvão, efeito significativo da interação estão em FFF, FFC, FFPA e FFT. A FFR foi influenciada apenas pelo fator dose. (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância das características fitomassa fresca da folha (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa fresca da raiz (FFR) e fitomassa fresca total (FFT) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio				
	FFF ¹	FFC	FFPA	FFR	FFT
Dose (D)	13422,03**	55,18**	383,75**	37,17**	643,12**
Variedade (V)	3482,63**	48,18**	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
D x V	5612,92**	17,54**	118,42**	4,58 ^{ns}	166,99**
Dose dentro de V1					
Linear	801,0*	2,91 ^{ns}	32,99**	-	100,92**
Quadrático	47028,2**	186,75**	1426,42**	-	2316,03**
Desvio	1767,7	26,43	48,23	-	71,34
Dose dentro de V2					
Linear	1637,5**	19,07**	106,91**	-	198,35**
Quadrático	6549,2**	14,35**	164,06**	-	377,25**
Desvio	11285,1	20,41	211,92	-	281,33
Resíduo	128,26	48,498	3,74	2,12	7,92
CV (%)	10,67	10,58	6,63	34,86	8,44
-----g-----					
Média	106,11	10,97	29,17	4,18	33,35

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação; ¹ = dados transformados em $\frac{x^{1,7929}-1}{1,7929}$.

Apesar de significativo, o efeito de dose dentro da variedade Hales Best Jumbo (V2), para ambos os modelos de regressão testados (linear e quadrático), apresentou valores de coeficientes de determinação R² inferiores a 0,45 para FFF, FFC, FFPA e FFT. Assim, na discussão dos resultados considerou-se a média em função das doses de biocarvão.

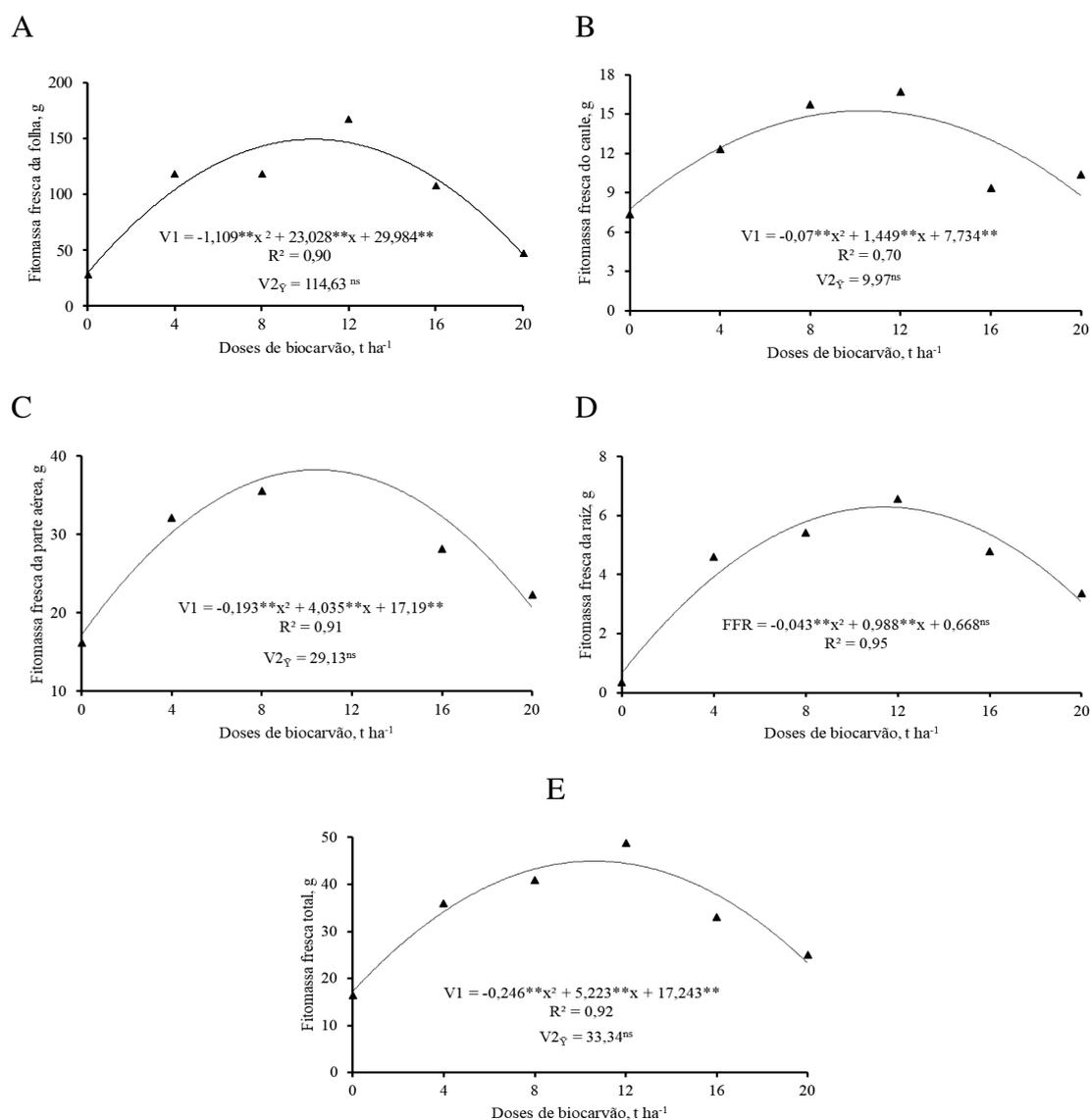


Figura 11. Fitomassa fresca da folha (A), fitomassa fresca do caule (B), fitomassa fresca da parte aérea (C), fitomassa fresca da raiz (D) fitomassa seca total (E) em função de doses de biocarvão e variedade de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

Com relação à fitomassa fresca das folhas (FFF) (Figura 11A), os resultados foram ajustados ao modelo quadrático onde a variedade Amarelo (V1) teve um FFF de 149,52 g (22,66 g, dados não transformados) com dose de biocarvão de 10,38 t ha⁻¹. Petter et al. (2012a), estudando o potencial do biocarvão de madeira para a produção de mudas de eucalipto usando 5 concentrações de biocarvão adicionadas a um substrato comercial, encontraram os melhores resultados nos substratos com 7,5% v/v de biocarvão, assim como no presente trabalho, em que a menor concentração de biocarvão alcançou melhor produção. Para a fitomassa fresca do caule (Figura 11B), os dados foram ajustados para

o modelo quadrático com valor máximo de 15,24g com dose de biocarvão de 10,36 t ha⁻¹ para a variedade Amarelo.

Avaliando o efeito da interação das doses de biocarvão para o FFPA da variedade Amarelo (Figura 11C), os resultados se ajustaram a um modelo quadrático com a maior produção de 38,26g para a dose de 10,44 t ha⁻¹. Galvão et al. (2020) a partir do comportamento de mudas de chicória (*Eryngium foetidum* L.) quando submetidas à fertilização química e orgânica associada ao biocarvão, observaram resultados positivos com fitomassa fresca da parte aérea de 0,48 g/planta quando comparada à testemunha com apenas 0,26 g/planta, representando um aumento de 85%.

A fitomassa fresca da raiz (FFR) foi afetada significativamente pelas doses de biocarvão seguindo um modelo quadrático com uma produção máxima de 6,29 g com as doses de biocarvão estimadas em 11,38 t ha⁻¹, diminuindo com o aumento de biocarvão (Figura 11D). Com relação ao efeito da adição de biocarvão de serragem de eucalipto na fitomassa fresca da raiz de alface, Silva et al. (2019a) também indicaram uma tendência quadrática obtendo o FFR máximo com o substrato contendo 5% de biocarvão.

Com base no efeito de interação significativa das doses de biocarvão sobre a fitomassa fresca total (Figura 11E), verificou-se que os dados foram ajustados ao modelo quadrático com produção máxima de 44,97 g com a dose de 10,62 t ha⁻¹, para a variedade Amarelo. Os altos valores da FFT com a aplicação do biocarvão demonstram um bom desempenho das mudas de melão com a aplicação do biocarvão, provavelmente, devido à alta disponibilidade de nutrientes que o biocarvão liberou ao solo, conforme pode ser visualizado na Figura 3 (BOHARA et al., 2019).

A interação afetou a FSF, a FSR, a FST e também o IQD enquanto que a FSC foi significativa para os fatores isolados, a 1% (Tabela 7). As análises de variância para a FSF e para a FST da variedade Hales Best Jumbo mostraram efeitos expressivos das doses de biocarvão nas variáveis estudadas, entretanto, como os coeficientes de determinação (R²) foram muito baixos para regressões quadráticas, 0,06; 0,43; respectivamente, não representam seu comportamento. Portanto, essas regressões não são discutidas.

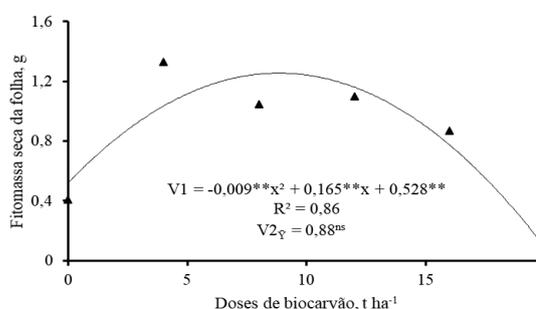
Tabela 7. Análise de variância das características fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca total (FST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das variedades de meloeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio				
	FSF ¹	FSC	FSR ²	FST ³	IQD
Dose (D)	1,06**	0,616**	1,46**	3,10**	0,133**
Variedade (V)	0,06 ^{ns}	0,273**	0,0005 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,068**
D x V	0,42*	0,06 ^{ns}	0,28**	0,74**	0,025*
Dose dentro de V1					
Linear	0,52 ^{ns}	-	0,36*	9e ^{-6ns}	0,006 ^{ns}
Quadrático	3,33**	-	4,60**	11,59**	0,31**
Desvio	0,20	-	0,25	0,38	0,04
Dose dentro de V2					
Linear	0,01 ^{ns}	-	0,63**	0,703*	0,02 ^{ns}
Quadrático	0,19 ^{ns}	-	1,17**	2,085**	0,19**
Desvio	0,93	-	0,37	1,250	0,03
Resíduo	0,13	0,027	0,05	0,11	0,009
CV (%)	44,11	22,05	20,98	20,02	34,08
-----g-----					
Média	0,85	0,75	1,06	1,71	0,29

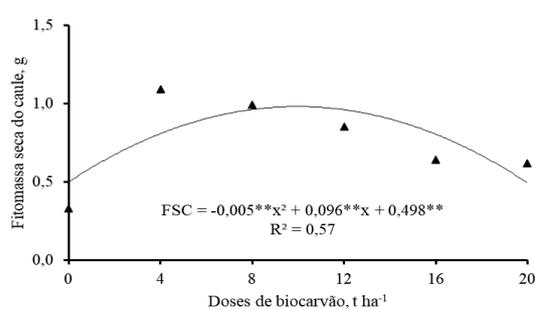
*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação; ¹, ², ³ = dados transformados em $\frac{x^{0,9848}-1}{0,9848}$; \sqrt{x} e $\frac{x^{0,3787}-1}{0,3787}$, respectivamente.

A interação entre doses de biocarvão e variedades afetou a fitomassa seca das folhas (Figura 12A) apresentando um ajuste quadrático apenas para a variedade Amarelo (V1) com fitomassa máxima de 1,26 g (2,27g não transformado) para a dose de 8,82 t ha⁻¹.

A



B



C

D

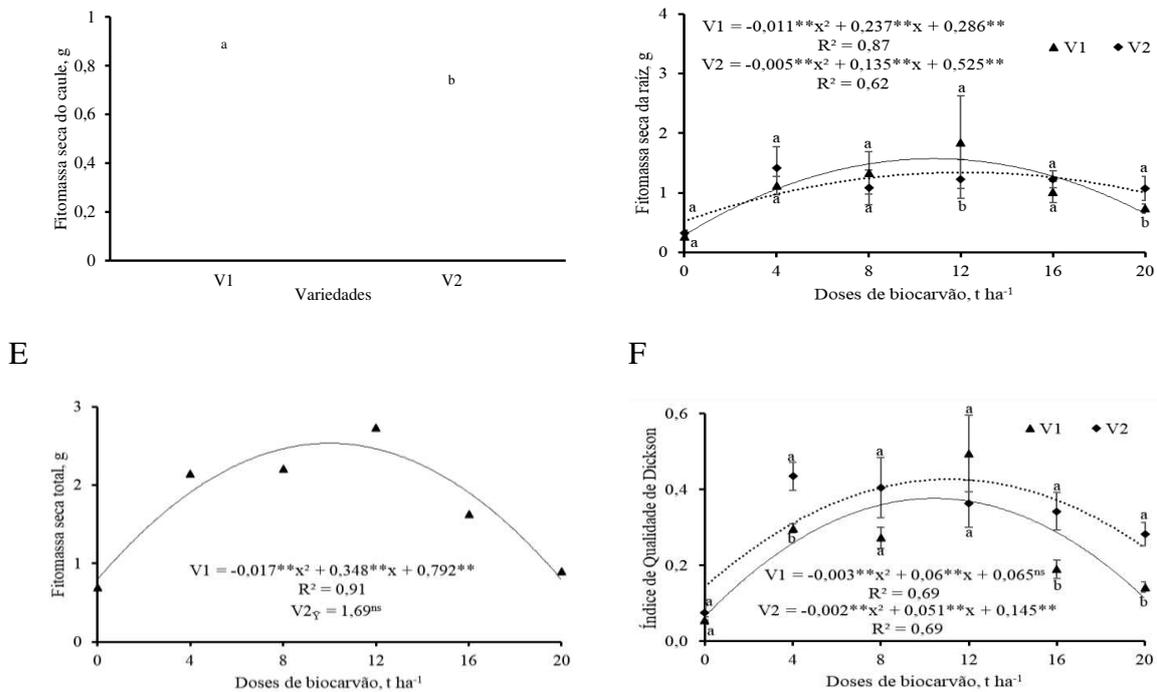


Figura 12. Fitomassa seca da folha (A), fitomassa seca do caule em função do efeito isolado de dose de biocarvão (B) e do efeito isolado de variedade (C), fitomassa seca da raiz (D), fitomassa seca total (E), Índice de Qualidade de Dickson (F) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de meloeiro (V1 = Amarelo e V2 = Hales Best Jumbo). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

A fitomassa seca do caule (FSC) que foi afetada pelas doses de biocarvão (Figura 12B), teve os dados ajustados ao modelo quadrático com a maior fitomassa (0,98g) na dose de biocarvão de 10,06 t ha⁻¹. Analisando o efeito das variedades (Figura 12C), os melhores resultados foram da variedade Amarelo (0,83g), 22,06% maior que para a Hales Best Jumbo (0,68g).

Para a fitomassa seca da raiz (FSR) é possível observar um desempenho quadrático para ambas as variedades com um máximo de 1,57 g (2,46 g - não transformado) para a dose de 10,71 t ha⁻¹ para a variedade Amarelo e 1,34 g (1,39 g - não transformado) na dose de 12,04 t ha⁻¹ para a variedade Hales Best Jumbo (Figura 12D). Trabalhando com *Tachigali vulgaris*, Souchie et al. (2011) verificaram que, a aplicação de biocarvão de madeira de eucalipto ao substrato passou a ser muito importante para a fitomassa seca da raiz após a aplicação de um volume igual a 12,5% do volume total do substrato.

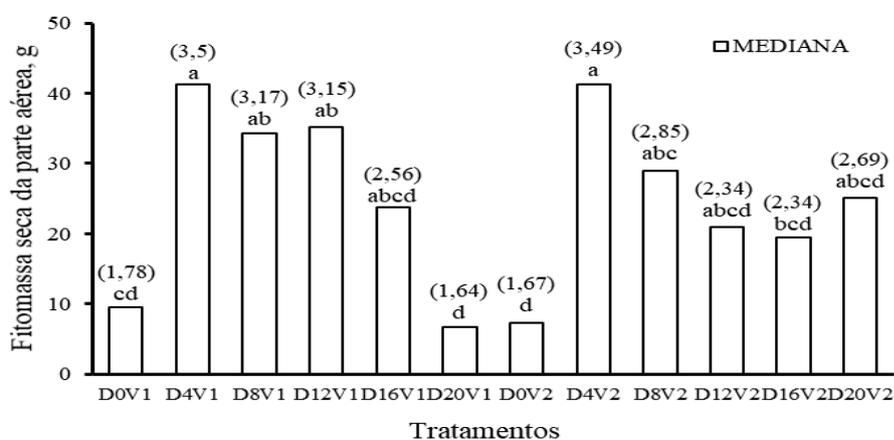
Ademais, observou-se também efeito significativo da fitomassa seca total e comportamento quadrático para a variedade Amarelo com máximo de 2,53 g (5,89 g -

não transformado) para a dose de 10,01 t ha⁻¹ (Figura 12E). A fitomassa seca total é normalmente usada para expressar a produtividade da planta (PEIXOTO et al., 2011).

O Índice de Qualidade de Dickson (Figura 12F) teve os dados ajustados ao modelo quadrático. Para a variedade V1, o maior IQD foi de 0,37 com 10,31 t ha⁻¹ e 0,43 para V2 com 11,09 t ha⁻¹. Considerando que o IQD mínimo recomendado por Hunt (1990) é 0,20, os valores encontrados no presente estudo para este índice indicam que as mudas de melão são de alta qualidade e adequadas para o transplante para o local definitivo. Um alto valor do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) mostra ser um fenótipo mais desejável, e quanto maior o IQD, melhor o vigor das mudas indicando robustez e equilíbrio na distribuição da biomassa na muda (LIN et al., 2019).

Quanto aos dados de fitomassa seca da parte aérea (Figura 13A), eles foram analisados pelo método não paramétrico de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011) e os maiores valores da variedade Amarelo quando o substrato foi fertilizado com 4 t ha⁻¹ de biocarvão obtendo uma fitomassa seca de 3,57 g/planta, e uma fitomassa para a variedade Hales Best Jumbo de 3,49 g/planta com a aplicação de uma dose de 4 t ha⁻¹ de biocarvão, diminuindo com doses maiores. Souza et al. (2006) comparando o biocarvão de cama de aviário com o substrato comercial Plantmax® na cultura de craisiru indicam que, considerando a fitomassa aérea seca e o baixo custo do primeiro produto, pode substituir o comercial com eficiência.

A



B

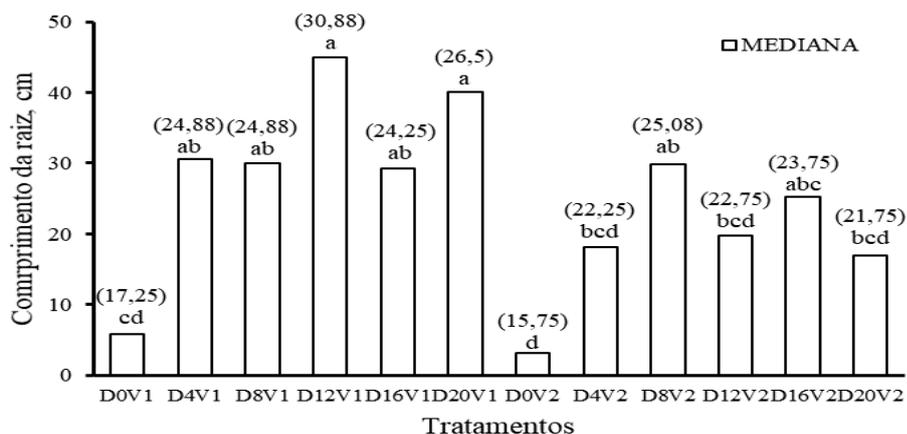


Figura 13. Fitomassa seca da parte aérea (A) e comprimento da raiz (B) em função da combinação tratamentos vs variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.

O comprimento da raiz para ambas as variedades de melão também se deu pelo método não paramétrico de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011) (Figura 13B). A variedade Amarelo respondeu melhor que a Hales Best Jumbo com a aplicação de biocarvão, os maiores valores da variedade Amarelo, quando o substrato foi fertilizado com 12 e 20 t ha⁻¹ de biocarvão, foram de 26,5 a 30,88 cm, respectivamente, e para a variedade Hales Best Jumbo de 23,75 a 25,8 cm com aplicação de 8 e 16 t ha⁻¹ de biocarvão, respectivamente.

Mendes et al. (2018) estudando o efeito de diferentes substratos (fibra de coco, húmus de minhoca, vermiculita e restos de carnaúba peneirada) descobriram que, as características físicas dos substratos utilizados atuaram no crescimento da raiz, indicando que o substrato que proporcionou maior aeração e retenção de água produziu a melhor formação de raízes das mudas de carnaúba. Zanetti et al. (2003) confirmaram isso, indicando que a aplicação do biocarvão aumenta a porosidade e aeração, melhorando a exploração da raiz. Melo et al. (2019) acrescentam que, um maior desenvolvimento radicular é muito importante para o crescimento da planta, sabendo que raízes bem desenvolvidas podem proporcionar uma maior absorção de água e nutrientes. Hermann (1964) indica que, o peso da fitomassa secas das raízes é um dos parâmetros mais importantes para o estabelecimento e sobrevivência das mudas no campo, pois as raízes estão totalmente associadas às características fisiológicas das mudas.

Silva et al. (2017b) pesquisando o uso de biocarvão de casca de arroz, serragem e restos de silagem de sorgo observaram que, a concentração de biocarvão de 2,5, 5% e

7,5% v/v incrementou a fitomassa seca da raiz, fitomassa seca da parte aérea e a fitomassa seca total.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão possivelmente, relacionados à alta concentração de nutrientes do biocarvão. O acúmulo de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, como fósforo e potássio, fornecidos pela aplicação do biocarvão estão relacionados à formação de esqueletos de carbono na estrutura do substrato, que permitem um desenvolvimento satisfatório das plantas (CECCO et al., 2018; TRAZZI et al., 2018).

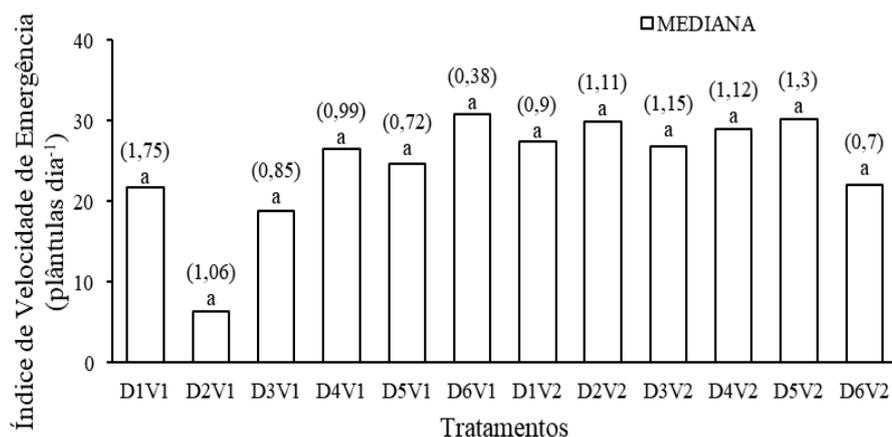
Melo et al. (2019) informam que, os maiores valores de fitomassa seca (folhas, caule e raízes) e comprimento da raiz da guabiroba foram relacionados às maiores concentrações de Ca e Mg do substrato e com a disponibilidade de N, P, K e S devido à aumento do pH do substrato. As variações de pH dos substratos encontrados no presente estudo (Tabela 2) estão dentro do intervalo adequado para o melão, que se comportam melhor entre 6,0 a 7,5, não influenciando na disponibilidade de nutrientes. No presente estudo, os substratos que receberam mais de 10 t ha⁻¹ e apresentaram valores CE ao longo de 1 dS m⁻¹ prejudicaram o comportamento das mudas de melão.

5.3 Mamoeiro

5.3.1 Emergência

Os dados para o índice de velocidade de emergência (Figura 14A) e porcentagem de emergência das plântulas (Figura 14B) do mamoeiro não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis (FERREIRA, 2011). No entanto, não apresentaram respostas significativas. A ausência indica que as mudas de mamoeiro tiveram o mesmo padrão de emergência, independente da dose de biocarvão aplicada no solo.

A



B

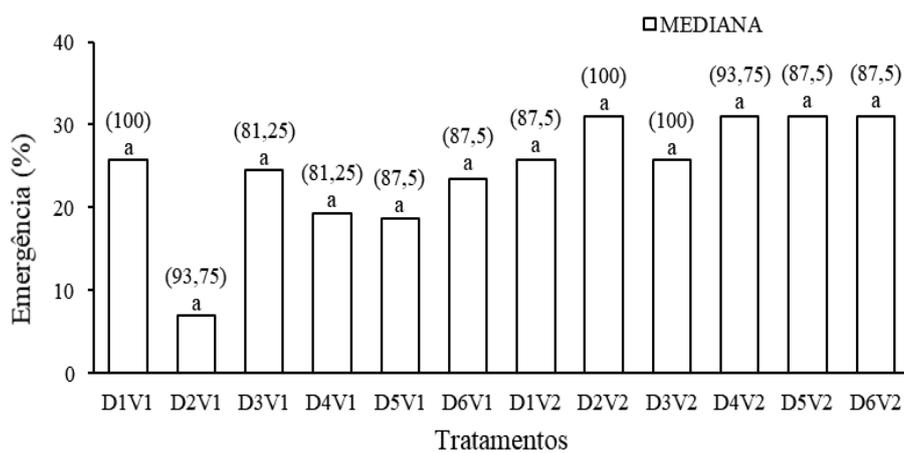


Figura 14. Índice de Velocidade de Emergência (A) e porcentagem de germinação (B) em função da combinação entre doses e variedades. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nível de significância ($\alpha = 0,05$). Valores entre parêntese correspondem às médias observadas.

5.3.2 Variáveis biométricas

A interação entre doses e variedades atuou na altura de planta aos 30, 60 E 90 DAS. Para o parâmetro TCAAp, houve efeito isolado dos fatores (Tabela 8). A análise de variância para a altura de planta aos 30 DAS da variedade Formosa mostrou efeitos expressivos das doses de biocarvão no parâmetro estudado, entretanto, como os coeficientes de determinação (R^2) foi muito baixo para regressão quadrática, 0,43, não representa seu comportamento. Portanto, essa regressão não foi discutida.

Tabela 8. Análise de variância das características altura da planta (AP) e taxa de crescimento absoluto da altura da planta (TCAAp) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio	
	Altura da planta (AP)	TCAAp

	30	60	90	30-60	60-90
Dose (D)	39,74**	302,66**	181,37**	0,16**	0,03*
Variedade (V)	46,41**	13,40 ^{ns}	142,49**	0,12**	0,08**
D x V	7,75**	40,91*	69,57**	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Dose dentro de V1					
Linear	14,27*	80,14*	8,57 ^{ns}	-	-
Quadrático	60,44**	523,25**	385,71**	-	-
Desvio	32,39	116,57	96,28	-	-
Dose dentro de V2					
Linear	0,05 ^{ns}	133,31**	246,47**	-	-
Quadrático	44,52**	618,86**	288,42**	-	-
Desvio	7,00	4,19	12,23	-	-
Resíduo	2,04	12,88	5,72	0,01	0,01
CV (%)	8,77	11,02	5,86	20,89	35,75
	-----cm-----			-----cm dia ⁻¹ -----	
Média	16,29	32,56	40,85	0,54	0,28

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Ao observar a interação doses de biocarvão e variedade (Figura 15A), para altura da planta aos 30 DAS, verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão, cuja altura máxima de 16,92 cm foi obtida com 9,94 t ha⁻¹. O mesmo comportamento se deu aos 60 DAS, atingindo o máximo de 37,64 cm da altura da planta da variedade Formosa (V1) com a dose de 11,14 t ha⁻¹ e de 39,29 cm da variedade Ouro (V2) com a dose de 11,38 t ha⁻¹ (Figura 15B). Quanto a AP aos 90 DAS (Figura 15C), através das equações de regressão verifica-se que os dados tiveram um melhor ajuste ao modelo quadrático com a maior altura de 43,88 e 47,23 cm nas doses de 10,48 e 12,68 t ha⁻¹ para as variedades Formosa e Ouro, respectivamente. Assim, em relação à altura das plantas, aos 60 e 90 DAS, a variedade Ouro apresentou maior crescimento quando comparada a variedade Formosa.

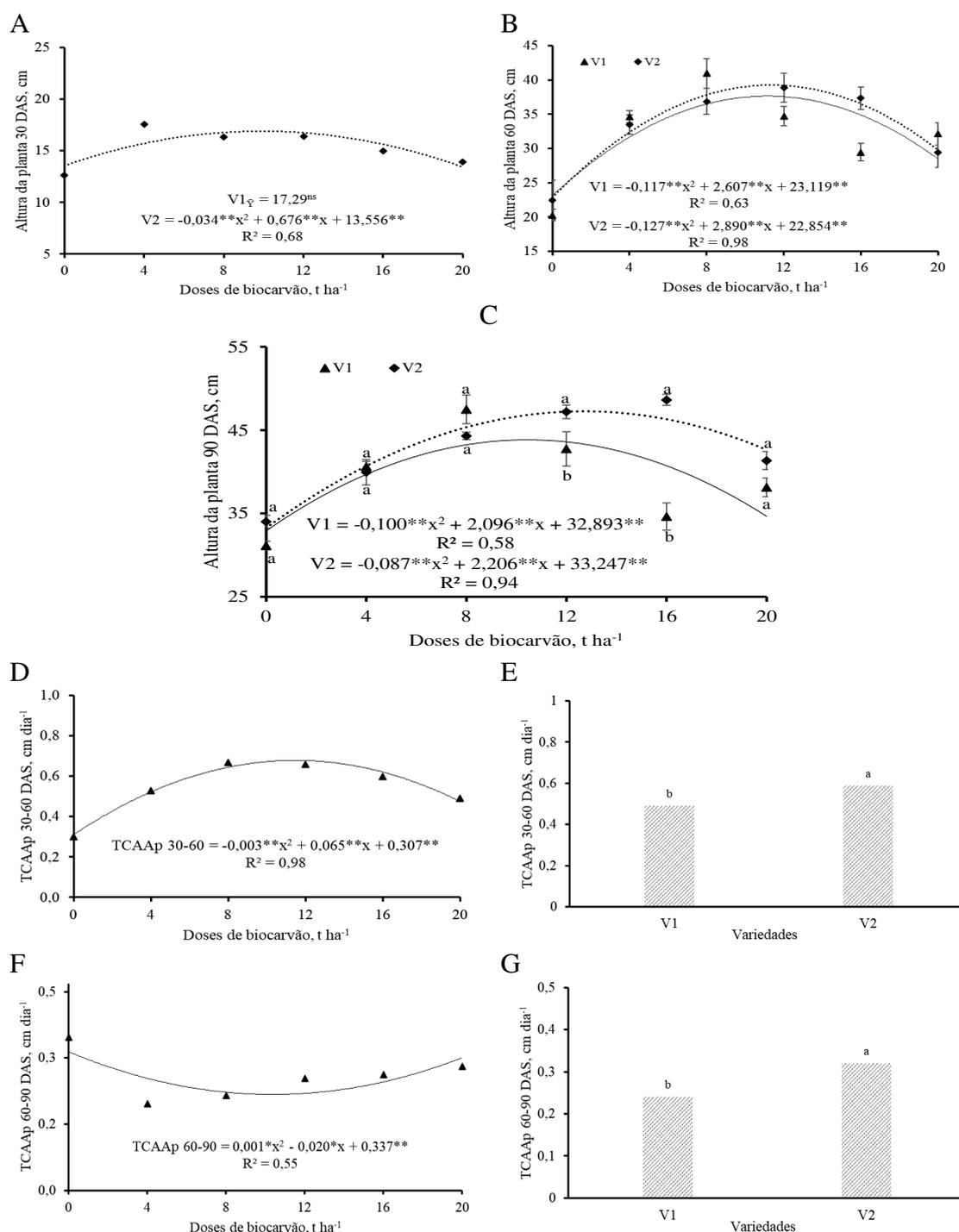


Figura 15. Altura da planta aos 30 DAS em função do efeito isolado de doses de biocarbão (A), altura da planta aos 60 (B) e 90 (C) DAS e taxa de crescimento absoluto da altura da planta aos 30-60 (D, E) e 60-90 (F, G) DAS em função do efeito isolado de dose de biocarbão e do efeito isolado de variedade de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro).

Avaliando a aplicação de biocarbão de cama de aviário em mudas de mamoeiro, variedade Ouro, Silva et al. (2019), observaram na dose de 5,5 t ha⁻¹, valores de altura da planta aos 30, 60 e 90 DAS equivalentes a 0,84; 13,62 e 26,4 cm, respectivamente. Estes

resultados foram inferiores se comparados ao presente trabalho. Conforme esses autores, a maior altura das mudas, 39,02 cm foi atingida aos 90 DAS com o tratamento biocarvão + adubação verde utilizando mucuna preta. Caldeira et al. (2013), recomendaram fazer uso de misturas para composição dos substratos, uma vez que quando os materiais são utilizados de modo isolado podem apresentar propriedades não satisfatórias ao desenvolvimento das plantas.

Na produção de mudas de mamoeiro variedade 'Formosa' sob efeito de tela termorrefletora e substratos em ambiente protegido, Silva et al. (2013) notaram que o substrato com 80% de Organosuper® e 20% de solo promoveu melhor altura de plantas 23,7 cm com 96 DAS, resultados bem inferiores aos encontrados no presente estudo. Da mesma forma, Barcelos (2016) avaliando a influência do biocarvão de cama de aviário no crescimento e nutrição das plantas de mamoeiro 'Golden', observou que, aos 150 dias após o plantio, o valor máximo de altura foi de 32 cm, bem inferior ao do presente trabalho.

A altura da planta é um parâmetro importante para o mamoeiro em virtude de ser um parâmetro que determina o período adequado do transplantio. Conforme Manica (2006), as mudas de mamão com altura próxima a 15 cm e com idade mínima de 30 dias após a germinação, estando vigorosas e livres de pragas, doenças e ervas daninhas, são ideais para o transplante para o campo, assim como os resultados encontrados nesse trabalho para os 30 DAS, proporcionando um ciclo de produção e retorno mais rápido.

Em relação a TCAAp (Figura 15D, 15F), se teve efeito significativo para as doses de biocarvão e para as variedades, com valor máximo estimado de 0,66 cm dia⁻¹ na dose 10,83 t ha⁻¹ para o intervalo de 30-60 DAS e o menor valor de 0,24 cm dia⁻¹ na dose de 10,83 t ha⁻¹ para 60-90 DAS. Na comparação entre variedades (Figura 13E, 13G), a variedade Ouro se destacou nos dois períodos de tempo (30-60 e 60-90 DAS), com diferença de 33,33% e 20,41%, respectivamente, em comparação as mudas da variedade Formosa.

Para a interação D x V, houve efeito significativo para as variáveis DC 60, DC 90 DAS e TCADc 30-60 ($p < 0,01$) conforme está exposto na Tabela 9. Para DC 30 houve efeito isolado do fator dose e a TCADc 60-90 foi influenciada pela variedade. As análises de variância para o diâmetro do caule aos 90 DAS da variedade Formosa e as taxas de crescimento absoluto do diâmetro do caule nos intervalos de 30-60 e 60-90 DAS da variedade Ouro mostrou efeitos significativos das doses de biocarvão nas variáveis estudadas, entretanto, como os coeficientes de determinação (R^2) foram muito baixos,

0,45, 0,12, 0,32, respectivamente, não representam seu comportamento. Portanto, essas regressões não foram discutidas.

Tabela 9. Análise de variância das características diâmetro do caule (DC) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADc) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio				
	Diâmetro do caule (DC)			TCADc	
	30	60	90	30-60	60-90
Dose (D)	23,13**	17,17**	13,78**	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Variedade (V)	1,14 ^{ns}	0,007 ^{ns}	2,16*	0,001 ^{ns}	0,003*
D x V	1,94 ^{ns}	4,17**	4,91**	0,008**	0,001 ^{ns}
Dose dentro de V1					
Linear	-	1,36 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,03**	-
Quadrático	-	34,44**	19,16**	0,01 ^{ns}	-
Desvio	-	10,6	7,81	0,01	-
Dose dentro de V2					
Linear	-	16,10**	20,04**	0,001 ^{ns}	-
Quadrático	-	18,93**	29,90**	0,003 ^{ns}	-
Desvio	-	1,36	0,28	0,0013	-
Resíduo	1,16	0,66	0,38	0,002	0,0004
CV (%)	17,91	7,22	4,98	24,71	56,94
	-----mm-----			-----mm dia ⁻¹ -----	
Média	6,02	11,26	12,38	0,17	0,04

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Aos 30 DAS (Figura 16A), verifica-se através da equação de regressão que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão, com valor máximo estimado em 7,36 mm na dose de 12,901 t ha⁻¹, com diferença em torno de 85% entre a testemunha e a maior dose, 20 t ha⁻¹.

Analisando o desdobramento entre doses e variedade aos 60 DAS, o mamoeiro da variedade Formosa (V1) apresentou menor valor de diâmetro caulinar na dose de 12 t ha⁻¹, quando comparado à variedade Ouro (V2), com valor máximo de 12,68 mm na dose estimada de 10,58 t ha⁻¹, reduzindo-se a partir desta. De forma semelhante, a variedade V2 atingiu o valor máximo de 12,49 mm na dose 12,84 t ha⁻¹ (Figura 16B), sendo que ambas as variedades sofreram redução de diâmetro caulinar em função do aumento das doses de biocarvão.

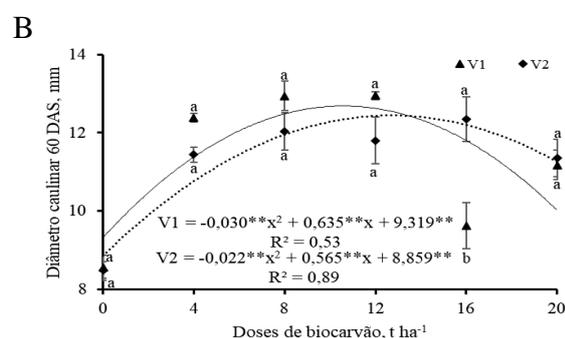
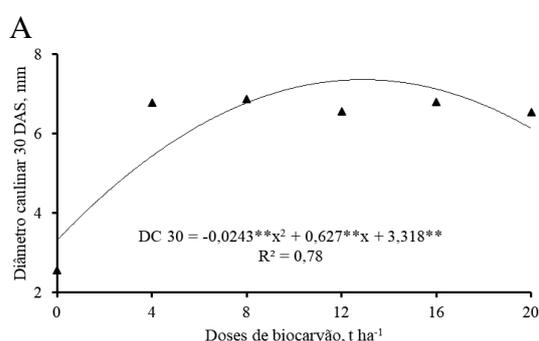
Quanto ao diâmetro caulinar aos 90 DAS, houve ajuste dos dados ao modelo quadrático (Figura 16C), com valor máximo estimado de 14,05 mm na dose 12,375 t ha⁻¹

¹ para a variedade Ouro, sendo possível identificar aumento de aproximadamente 44% em relação a testemunha.

O diâmetro caulinar é um parâmetro de fundamental importância relacionado com a capacidade de sobrevivência e desenvolvimento da muda no campo. Nesse contexto, Artur et al. (2007) e Costa et al. (2009) evidenciam que, mudas altas e com pequeno diâmetro de coleto podem tombar facilmente ou morrer após o plantio no campo.

Oliveira et al. (2015) estudando o efeito da aplicação de diferentes doses de esterco ovino sobre a produção de mudas de mamoeiro ‘Formosa’, perceberam que as plantas adubadas com 60% deste esterco com as maiores médias de diâmetro caulinar (0,57 cm) 40 DAS, aumento de cerca de 146,2% em relação às que não foram adubadas com esterco, evidenciando os benefícios da adubação orgânica.

Rezende et al. (2016) sobre o desenvolvimento e qualidade de mudas clonais de Teca (*Tectona grandis*) cultivadas em substratos com biocarvão e biocarvão ativado relataram que, a ausência de proporcionalidade do aumento dos valores da altura da planta e do diâmetro do caule com a adições de doses crescentes de biocarvão ao substrato pode afetar a macroporosidade, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas, provavelmente, pelo maior número de pequenas partículas (<0,125 mm) no biocarvão ativado. Neste trabalho, a maior dose de biocarvão aplicada ao solo (20 t ha⁻¹) promoveu o desenvolvimento menos satisfatório das plantas nessas variáveis, o que pode estar relacionado com o aumento da salinidade, principalmente o teor de Na.



C

D

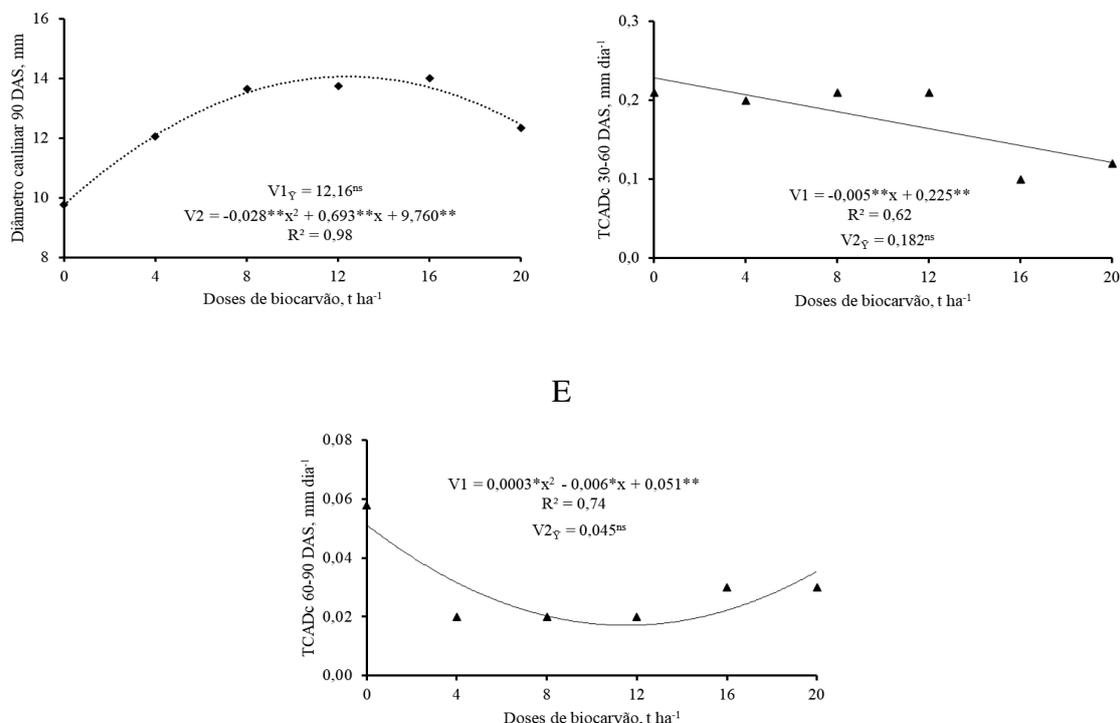


Figura 16. Diâmetro do caule aos 30 DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A), diâmetro do caule aos 60 (B) e 90 (C) DAS, taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule aos 30-60 (D) e 60-90 (E) DAS em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro).

Com relação a TCADc 30-60 DAS, há uma tendência linear decrescente para as mudas de mamoeiro, com redução de 44,44% desta variável à medida que se elevou a dose de 0 para 20 t ha⁻¹ (Figura 16D), enquanto que durante o período de 60-90 DAS, a TCA do diâmetro apresentou comportamento quadrático com mínimo estimado de 0,021 mm dia⁻¹ na dose de 10 t ha⁻¹ de biocarvão (Figura 16E). Neste caso, a redução foi de 58,82% com a elevação da dose 0 para a dose 10 t ha⁻¹.

Os números de folhas aos 30, 60 e aos 90 DAS foram influenciados significativamente pelas doses de biocarvão e pelas variedades (p < 0,01) (Tabela 10). Não houve diferença estatística para a TCANf para os períodos de 30-60 e 60-90 DAS.

Tabela 10. Análise de variância do número de folhas (NF) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio		
	Número de folhas (NF)		
	30	60	90
Dose (D)	3,84**	3,17**	2,87**
Variedade (V)	4,69**	13,02**	25,52**
D x V	0,44 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Resíduo	0,53	0,69	0,69

CV (%)	10,73	10,23	8,82
		unidade	
Média	6,81	8,10	9,40

**significativo a 0,01 de probabilidade, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Os números de folhas, aos 30 e 60 DAS ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático (Figura 17A, 17C), com valores de 7,44 e 8,702 por planta nas doses 12,08 e 13,39 t ha⁻¹, respectivamente. Ao comparar as variedades aos 30 DAS, nota-se um melhor resultado do número de folhas para a variedade Ouro (V2), com uma diferença de 9,6% em relação a variedade Formosa (V1) (Figura 17B). O mesmo comportamento aos 60 DAS, onde a variedade Ouro se destacou, com uma diferença de 13,72% em relação a variedade Formosa (Figura 17D).

Para o NF do mamoeiro aos 90 DAS (Figura 17E), houve comportamento linear crescente, através da equação de regressão que as plantas atingiram valor estimado em torno de 10 na dose de 20 t ha⁻¹, também na comparação de variedades (Figura 17F), a variedade V2 (10,12) se destacou com diferença de 16,86% em comparação a V1 (8,66). O aumento do número de folhas das mudas de mamoeiro é um fator altamente importante, por constituir o principal local de fotossíntese e serem centros de reserva, fonte de auxinas e cofatores para o enraizamento (LIMA et al., 2007).

A influência desta dose pode estar relacionada com os teores expressivos de fósforo e potássio serem ideais para o cultivo do mamoeiro, visto que, esses nutrientes têm influência na emissão e no tamanho de folhas (HOFFMANN et al., 2001). Além disso, o fósforo tem função de armazenamento de energia, é componente dos lipídeos e acelera a formação de raízes (SILVA et al. 2021). O aumento da disponibilidade de P deve ser, provavelmente, devido à elevação do pH do substrato motivada pelo aumento do biocarvão, pois com o aumento do pH a tendência é que a superfície dos colóides minerais e orgânicos se torne mais negativa, aumentando a repulsão de ânions e, conseqüentemente, diminui a adsorção de P. Além do mais, o biocarvão de cama de aviário utilizado neste estudo, possui em sua constituição compostos de fosfato de potássio, contribuindo para o aumento na disponibilidade de fósforo no solo (CHAVES et al., 2020).

A

B

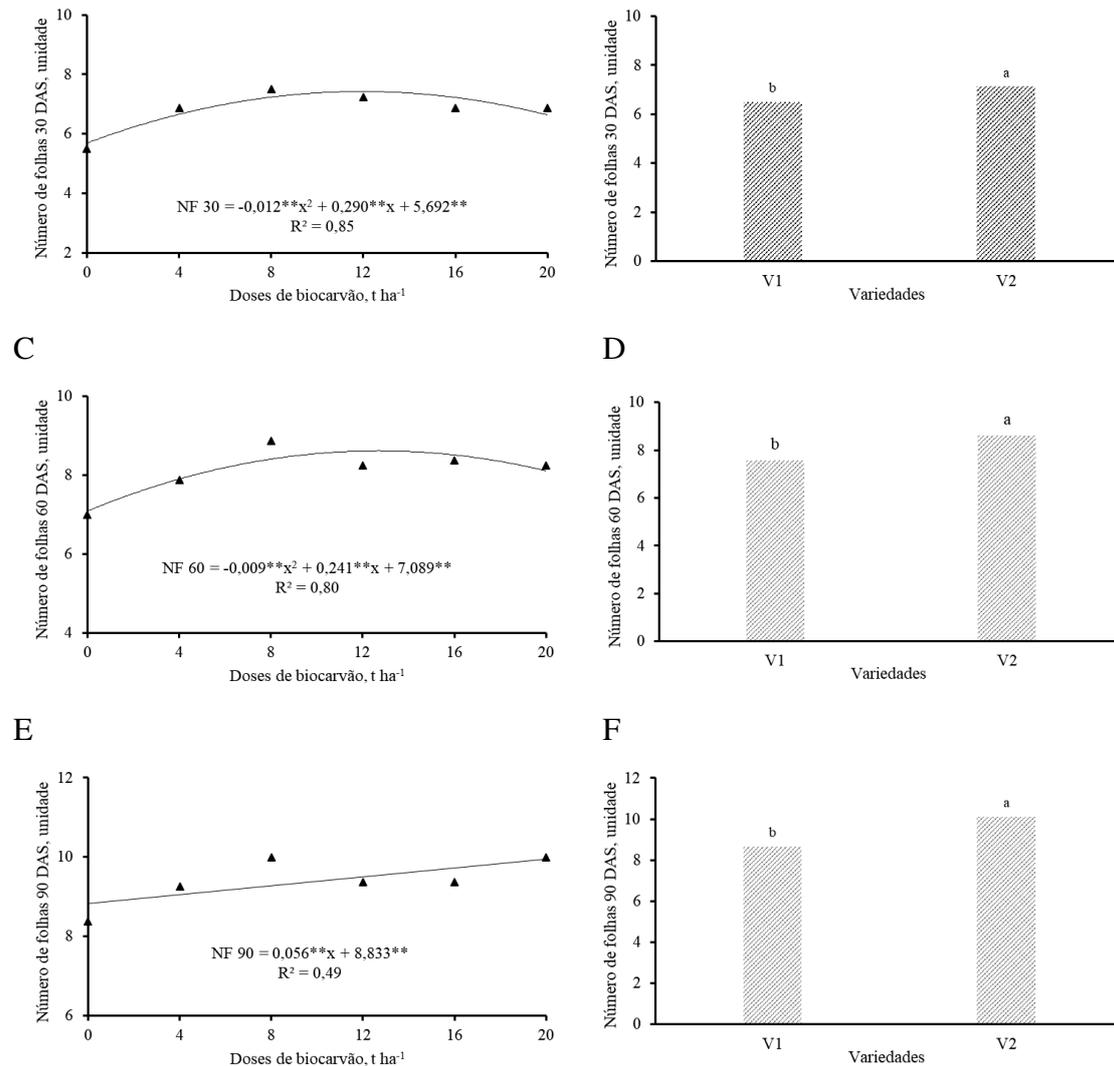


Figura 7. Número de folhas aos 30 (A, B), 60 (C, D) e 90 (E, F) DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão e do efeito isolado de variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro).

Souchie et al. (2011) analisando a eficiência do uso de biocarvão proveniente da madeira de *Eucalyptus* sp., como condicionante de substrato para o desenvolvimento de mudas de carvoeiro, perceberam que o tratamento com 50% de carvão vegetal manteve as maiores médias de número de folhas durante todo o experimento, mesmo após o início da queda foliar que ocorre na estação seca. Ainda segundo os autores, o biocarvão pode ter colaborado para a redução do efeito de senescência ou ter provocado um atraso de resposta fisiológica da planta a este efeito.

Mendonça et al. (2003) avaliando o desenvolvimento de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo' propagadas em diferentes recipientes, utilizando diferentes misturas de substratos, observaram que a combinação esterco curtido + carvão vegetal + solo e areia

na proporção de 2:1:1:1 v/v em sacos de polietileno proporcionaram maior número de folhas nas mudas de mamoeiro.

Os resultados mencionados decorrem da composição físico-química do substrato, com valores expressivos em relação ao fósforo e potássio, que são macronutrientes de grande importância para a cultura do mamoeiro, sobretudo, o P que tem influência na emissão e tamanho das folhas, estimulando o crescimento da parte aérea (SIMÃO, 1998). Apesar de o fósforo ser demandado em menor quantidade pelo mamoeiro, seu acúmulo ocorre de forma crescente na planta, tendo maior importância na fase inicial do desenvolvimento radicular (OLIVEIRA et al., 2004). A elevação do pH motivada pelo aumento do biocarvão elevam a disponibilidade de P (DELUCA et al. 2015), pois com o aumento do pH a tendência é que a superfície dos coloides minerais e orgânicos apresente predomínio de cargas negativas, aumentando a repulsão de ânions e, assim, diminuir a adsorção de P (MALAVOLTA, 1981).

A cama de aviário possui elementos como P e K que são importantes contribuintes à melhoria da qualidade do solo e a transformação de resíduos de aves em biocarvão, por meio do processo de pirólise aumentam a disponibilidade desses nutrientes para as plantas quando adicionado ao solo como pode representado na Figura 2 (CHAVES et al., 2020; PEREIRA et al., 2019). A quantidade dos nutrientes não significa que o vegetal irá desenvolver-se; a dosagem de nutrientes absorvida pela cultura deve estar de forma equilibrada para que possa conseguir um crescimento satisfatório, sendo importante observar que tanto o déficit quanto o excesso de nutrientes podem ocasionar desordens no crescimento das plantas e prejudicar o desenvolvimento (LIMA et al., 2013).

Houve interação significativa a 1% entre os fatores doses e variedades sobre as variáveis AF 60 e 90 TCAAf 30-60 (Tabela 11) e efeito isolado de ambos fatores para a AF 30 DAS. As análises de variância para área foliar aos 60 e 90 DAS da variedade Formosa mostraram efeitos significativos das doses de biocarvão, entretanto, como os coeficientes de determinação (R^2) foram muito baixos para regressão quadrática, 0,4 e 0,48, respectivamente, não representam seu comportamento. Portanto, essas regressões não são discutidas.

Tabela 11. Análise de variância das características área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAf) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

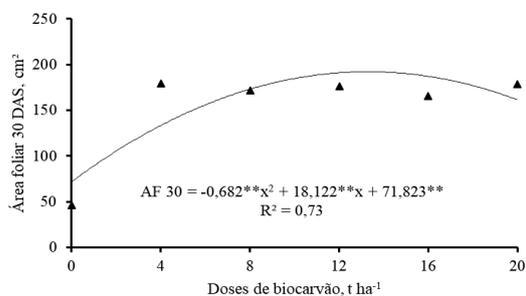
Fonte de Variação	Quadrado médio				
	Área foliar (AF)			TCAAf	
	30	60	90	30-60	60-90
Dose (D)	22057,10**	49297,37**	83798,50**	6,57 ^{ns}	8,31 ^{ns}

Variedade (V)	19204,00*	38729,65*	95824,30**	109,66**	23,83 ^{ns}
D x V	1078,603 ^{ns}	41280,11**	54340,10**	50,38**	18,02 ^{ns}
Dose dentro de V1					
Linear	-	744,23 ^{ns}	49,75 ^{ns}	30,45 ^{ns}	-
Quadrático	-	82192,90*	90757,36**	45,23*	-
Desvio	-	40867,39	31519,18	18,72	-
Dose dentro de V2					
Linear	-	234198,21**	461881,90**	130,78**	-
Quadrático	-	7057,97 ^{ns}	35789,97*	6,68 ^{ns}	-
Desvio	-	2030,65	2552,16	5,14	-
Resíduo	2701,14	7803,61	5569,73	9,98	8,95
CV (%)	33,97	26,39	16,26	51,06	75,70
	-----cm ² -----			-----cm ² dia ⁻¹ -----	
Média	153,01	334,69	459,0	6,19	3,95

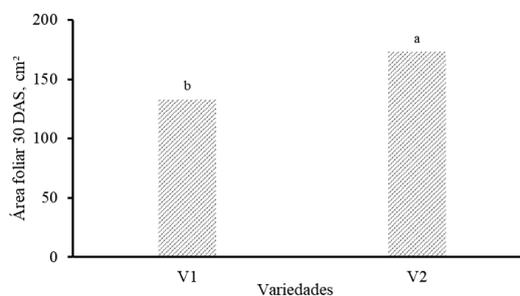
*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Os dados de AF aos 30 DAS foram ajustadas de forma quadrática com valor máximo de 192,21 cm² na dose de 13,28 t ha⁻¹ (Figura 18A). Na comparação de variedades nota-se um melhor resultado da área foliar aos 30 DAS para a variedade Ouro (V2), com valor de 173,01 cm², um aumento de 30,07% em relação a variedade V1 (133,01 cm²) (Figura 18B). Os resultados de AF para V2 aos 60 DAS aumentaram linearmente em função do incremento das doses de biocarvão (Figura 18C), com valor máximo de 507,69 cm² na dose 20,0 t ha⁻¹. Na interação doses x variedades para AF aos 90 DAS, os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão, com valor máximo de 655,2 cm² para V2 na dose 20,48 t ha⁻¹ (Figura 18D).

A



B



C

D

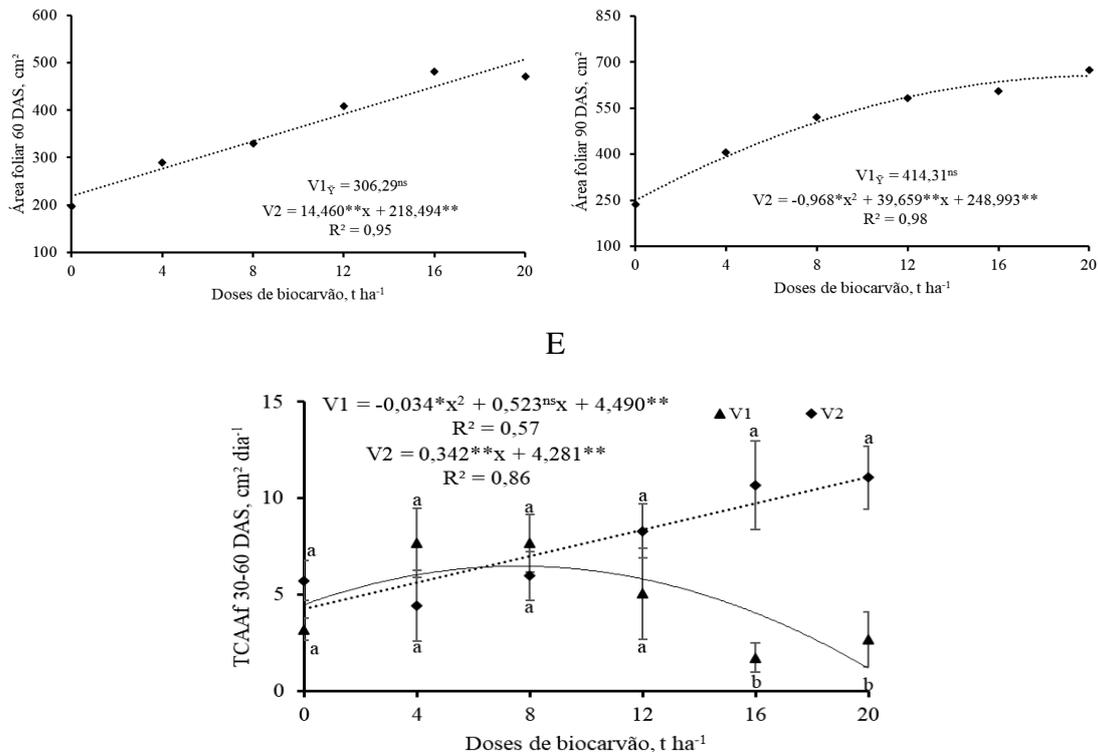


Figura 5. Área foliar aos 30 DAS em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), área foliar aos 60 (C) e 90 (D) DAS em função do desdobramento entre dose e variedade e taxa de crescimento absoluto da área foliar aos 30-60 DAS em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

Analisando a TCA da área foliar para as mudas de mamão no período de 30-60 DAS, através das equações de regressão verifica-se que os dados para a variedade Formosa (V1) ajustaram-se ao modelo quadrático, sendo o valor máximo estimado de 6,5 cm² dia⁻¹ na dose de 7,69 t ha⁻¹ de biocarvão. No entanto, para a variedade Ouro (V2), ocorreu comportamento linear crescente, com valor máximo de 11,12 cm² dia⁻¹ na dose de 20 t ha⁻¹ de biocarvão (Figura 18E).

A área foliar é considerada uma das características biológicas mais importantes na análise de crescimento, pois afeta a fotossíntese, taxa de respiração das culturas e taxa de crescimento (Morgado et al. 2013). Maiores valores de área foliar proporcionam maiores áreas fotossintéticas, tendo assim, uma maior produção de fotoassimilados e consequentemente, mudas mais vigorosas e de boa qualidade (Santos et al., 2014).

O aumento da área foliar é por causa da melhor qualidade física do substrato; a quantidade de biocarvão aplicado contribui para o aumento da matéria orgânica que melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes, e

favorece assim, com que as plantas mantenham na parte aérea maior superfície foliar (HAFLE et al., 2009). O biocarvão destaca-se como uma alternativa viável por apresentar uma forma estável de matéria orgânica, como demonstra o presente estudo, em que à medida que se elevou da dose de 0 para 20 t ha⁻¹, houve um aumento de 131,65% na proporção de matéria orgânica no solo (Figura 2F).

5.2.3 Variáveis de fitomassa

De acordo com a análise de variância, há interação significativa sobre a FFC, FFPA, FFR e FFT. A FFF foi significativa para os fatores dose e variedade, isoladamente, a 1% de probabilidade. Não houve diferença estatística para o comprimento do sistema radicular (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância das características fitomassa fresca da folha (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa fresca da raiz (FFR), fitomassa fresca total (FFT) e comprimento da raiz das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	FFF	FFC	FFPA	FFR	FFT	CR
Dose (D)	45,99**	565,22**	920,52**	577,5**	38,88**	233,61 ^{ns}
Variedade (V)	64,54**	96,73*	319,3**	135,34**	2819,13 ^{ns}	363,00 ^{ns}
D x V	12,87 ^{ns}	152,19**	241,11**	67,08**	398,38**	356,65 ^{ns}
Dose dentro de V1						
Linear	-	31,7 ^{ns}	67,28 ^{ns}	418,93**	821,97**	-
Quadrático	-	922,4**	1468,64**	688,89**	4169,23**	-
Desvio	-	326,89	454,01	162,12	1105,78	-
Dose dentro de V2						
Linear	-	802,11**	1622,46**	371,11**	3545,48**	-
Quadrático	-	849,95**	1283,30**	622,8**	3694,1**	-
Desvio	-	0,07	1,46	211,62	179,82	-
Resíduo	7,09	15,05	31,64	17,53	70,78	146,03
CV (%)	28,08	18,37	18,38	17,08	15,26	29,25
Média	-----g-----					cm
	9,48	21,13	30,61	24,52	55,13	41,31

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Para a fitomassa fresca da folha (Figura 19A), através da equação de regressão que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático com as doses de biocarvão. A maior fitomassa fresca da folha foi de 11,08 g com a aplicação de 12 t ha⁻¹, sendo constatado um incremento de 109% quando comparado com a testemunha. Na comparação entre variedades (Figura 19B), a Ouro (V2) destacou-se com uma diferença

de 27,88% em relação a Formosa (V1), com valores de 10,64 g e 8,32 g, respectivamente. Com relação a fitomassa fresca do caule, os dados responderam de forma quadrática com valor máximo de 26,45 g com a dose 10,22 t ha⁻¹ para V1, diferente da V2 que teve valor máximo de 30,58 g na dose 12,77 t ha⁻¹ (Figura 19C).

De forma semelhante a FFC para a fitomassa fresca da parte aérea (Figura 19C), a variedade Ouro (V2) teve um melhor desenvolvimento com as doses crescentes de biocarvão, com valor máximo de 44,32 g na dose estimada de 13,53 t ha⁻¹. Já a variedade Formosa (V1), apresentou comportamento quadrático com valor máximo estimado de 36,86 g nas plantas submetidas a dose de 10,425 t ha⁻¹ de biocarvão.

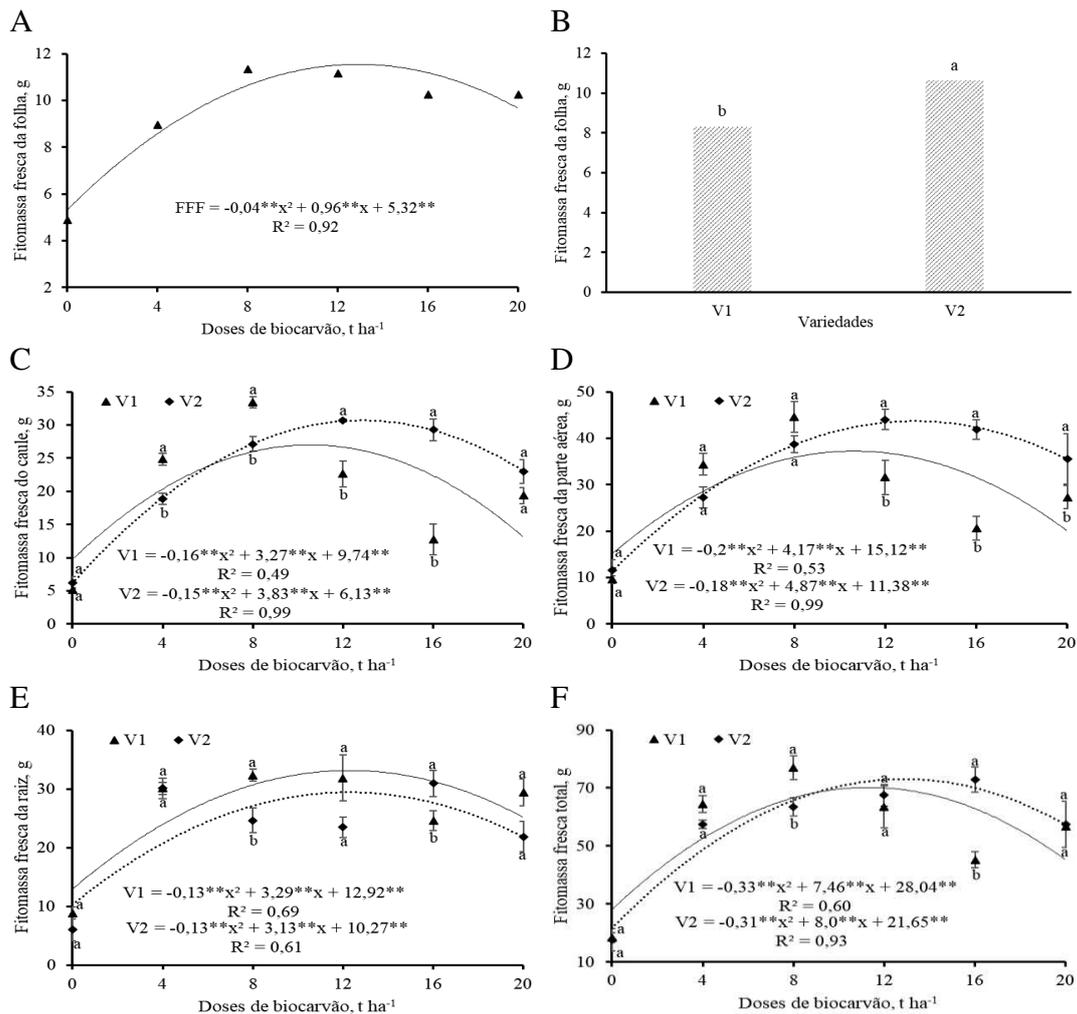


Figura 19. Fitomassa fresca da folha em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), fitomassa fresca do caule (C), fitomassa fresca da parte aérea (D), fitomassa fresca da raiz (E) fitomassa seca total (F) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

A partir da fitomassa fresca da raiz das plantas de mamoeiro (Figura 19E), sabe-se que os dados obtiveram um melhor ajuste ao modelo quadrático, sendo os valores

máximos estimados de 33,74 e 29,11 g nas doses 12,65 e 12,04 t ha⁻¹ para as variedades Formosa e Ouro, respectivamente. No que diz respeito a fitomassa fresca total, os resultados foram maiores nas mudas produzidas nas doses de 11,3 e 12,9 t ha⁻¹, chegando a atingir valores máximos de 70,2 e 73,26 g para V1 e V2, respectivamente. (Figura 19F).

A interação entre dose de biocarvão e variedade de mamoeiro foi significativa para a FSC, FSPA, FSR, FST e IQD. Os fatores doses e variedades foram expressivos isoladamente a 1% de probabilidade para a variável fitomassa seca da folha (Tabela 13). As análises de variância para fitomassa seca do caule, da parte aérea e total e o Índice de Qualidade de Dickson da variedade Formosa e a fitomassa seca da raiz da variedade Ouro mostraram efeitos significativos das doses de biocarvão, entretanto, como os coeficientes de determinação (R²) foram muito baixos para regressão quadrática, 0,34, 0,38, 0,44, 0,46, 0,48, respectivamente, não representam seu comportamento. E por isso, essas regressões não são discutidas.

Tabela 13. Análise de variância das características fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das variedades de mamoeiro sob doses de biocarvão.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	FSF	FSC	FSPA	FSR	FST	IQD
Dose (D)	1,3**	12,29**	20,05**	23,06**	84,71**	4,79**
Variedade (V)	3,36**	0,53 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,004 ^{ns}
D x V	0,44 ^{ns}	9,75**	13,53**	4,34*	22,15**	0,95**
Dose dentro de V1						
Linear	-	1,88*	1,07 ^{ns}	8,41*	3,48 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Quadrático	-	25,52**	40,79**	26,77**	133,66**	5,63**
Desvio	-	17,37	22,79	8,36	57,5	2,41
Dose dentro de V2						
Linear	-	14,3**	35,37**	14,09**	94,09**	4,83**
Quadrático	-	14,12**	20,13**	23,5**	86,57**	4,84**
Desvio	-	0,78	0,72	13,14	14,68	1,81
Resíduo	0,25	0,027	0,82	1,33	3,06	0,22
CV (%)	28,92	22,05	19,72	26,35	19,51	22,94
-----g-----						
Média	1,72	0,75	4,59	4,38	8,97	2,04

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Sobre a fitomassa seca das folhas (Figura 20A), ao analisar a equação de regressão das mudas de mamoeiro em função das doses crescentes de biocarvão, ela seguiu a tendência das demais variáveis, cujas médias ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático com valor máximo de 2,05 g na dose de 14 t ha⁻¹. Ao comparar as variedades,

o melhor resultado da fitomassa seca das folhas pertence a variedade Ouro (V2), com valor de 1,93 g para a variedade V2 com uma diferença de 35,62% em relação a variedade V1 (1,46 g) (Figura 20B). Como é possível notar no presente estudo, é comum a diferenciação de resultados e produção entre diferentes cultivares, pois cada uma apresenta especificamente necessidades nutricionais e fisiológicas diferentes (SÁ et al., 2013).

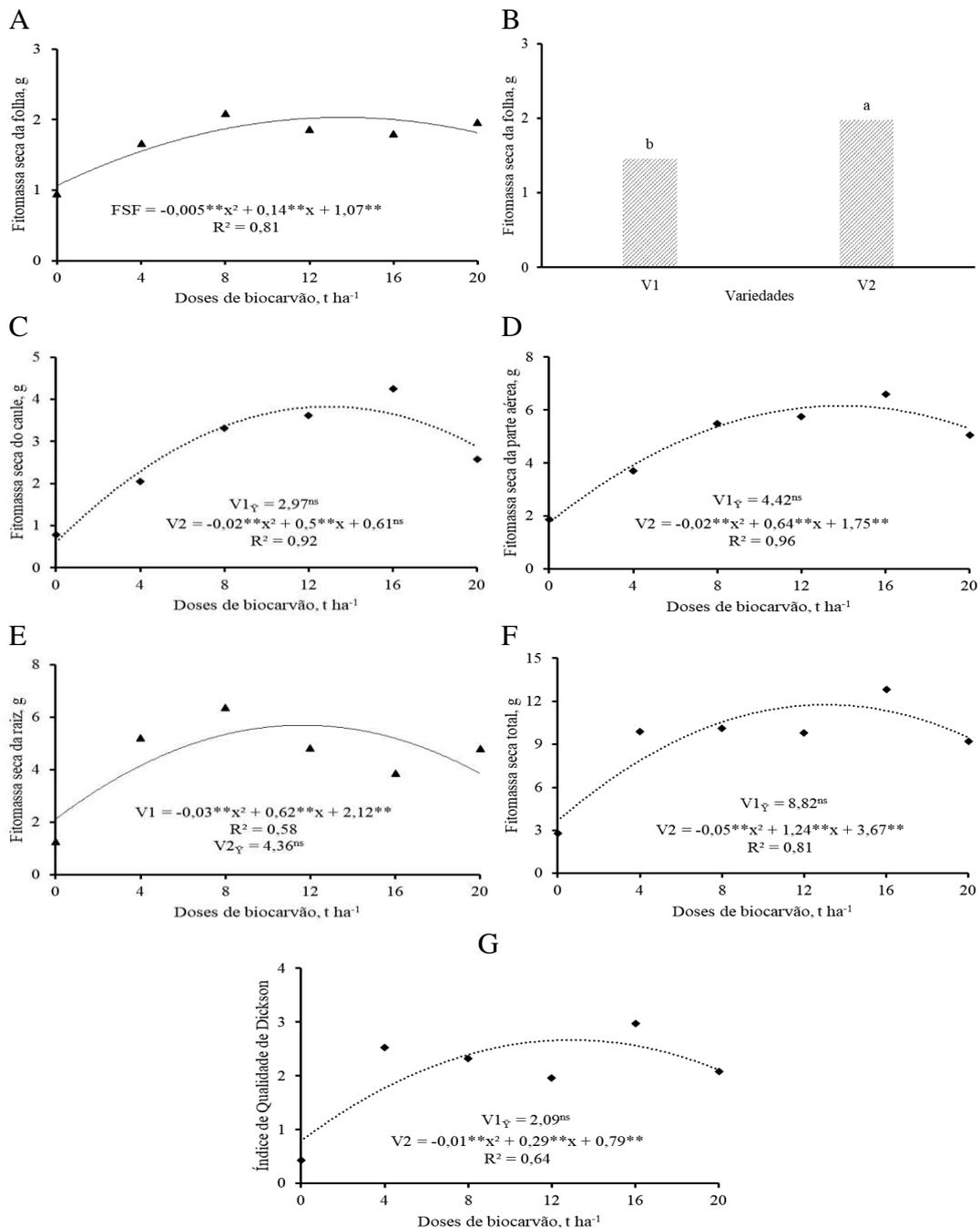


Figura 20. Fitomassa seca da folha em função do efeito isolado de dose de biocarvão (A) e do efeito isolado de variedade (B), fitomassa seca do caule (C), fitomassa seca da parte

aérea (D), fitomassa seca da raiz (E), fitomassa seca total (F) e Índice de Qualidade de Dickson (G) em função do desdobramento entre doses de biocarvão e variedades de mamoeiro (V1 = Formosa e V2 = Ouro). Médias seguidas das mesmas letras não diferem dentro da mesma dose.

Para a característica fitomassa seca do caule (Figura 20C), a variedade ouro apresentou a maior média (3,735 g) aplicando-se 12,5 t ha⁻¹. A fitomassa seca da parte aérea (Figura 20D) da variedade ouro também se ajustou ao modelo quadrático com valor máximo estimado de 6,87 g nas plantas que receberam a dose de 16 t ha⁻¹ de biocarvão.

Silva et al. (2019b) em experimento avaliando o efeito da aplicação de adubo verde, biocarvão e biocarvão + adubo verde na nutrição e crescimento inicial do caule e raiz do mamoeiro e nos atributos químicos do solo, observaram que a aplicação de biocarvão de cama de aviário aumentou a fitomassa seca da parte aérea em 230%. Sobre as avaliações nutricionais, a concentração de P na parte aérea teve interação significativa, com aumento de 8% após a aplicação do biocarvão, enquanto que a aplicação de adubo verde não alterou essa concentração.

Ainda segundo os autores, o biocarvão proporcionou maior conteúdo de todos os macronutrientes na parte aérea das plantas de mamão, indicando alta disponibilidade de nutrientes nesse material. Além de que, também propiciou maior conversão dos nutrientes absorvidos em fitomassa, o que foi evidenciado pelo aumento na eficiência de utilização desses nutrientes, indicando o potencial desse produto para o mamoeiro aos 30 dias após o plantio.

Damaceno et al. (2019) investigando a influência de doses de biocarvão proveniente do meso e exocarpo de ouriços de Castanheira-do-brasil sobre o efeito residual do fósforo nas demais propriedades do solo e no crescimento e nutrição de mudas de castanheira-do-Brasil, concluíram que a biomassa seca diminuiu nas doses acima de 40 t ha⁻¹ relacionando o fato com a diminuição da disponibilidade de P, restringindo o ganho (FAGERIA, 2008) ou com a influência na macroporosidade do substrato, influenciando a exploração das raízes (REZENDE et al., 2016).

A fitomassa seca da raiz das plantas de mamoeiro (Figura 20E), foi afetada de forma significativa pela interação entre os fatores (D x V) e através das equações de regressão verifica-se que os dados tiveram um melhor ajuste ao modelo quadrático, sendo os valores máximos estimados para a FSR de 5,32 na dose de 10,33 para a variedade Formosa.

De acordo com Silva et al. (2017), a aplicação de biocarvão ao solo, produzido a partir de materiais filtrantes descartados de filtros orgânicos, interferiu no crescimento das raízes de feijoeiro. As doses de 6,52% de BRHF (biocarvão de casca de arroz), 5,84% de BSF (biocarvão de serragem) e 7,11% de (biocarvão de silagem de sorgo) proporcionaram valores máximos de fitomassa seca da raiz com aumentos de 175, 202 e 143% ao comparar com o tratamento controle, corroborando com os resultados do presente estudo em que, no tratamento controle a FSR teve incremento de 151,1 para V1.

A interação entre doses de biocarvão *vs* variedades de mamoeiro também afetou significativamente a fitomassa seca total das mudas (Figura 20F), que apresentou comportamento quadrático com valor máximo estimado de 11,36 g na dose 12,4 t ha⁻¹. O aumento das fitomassas secas até a dose de 16 t ha⁻¹ de biocarvão ocorreu, provavelmente, devido ao aumento da área foliar, refletindo assim, em uma maior produção vegetal, uma vez que está relacionada à capacidade fotossintética das plantas, levando a maior assimilação da luz, fotossíntese e acumulação de matéria seca (ALBANO et al., 2017).

O IQD para as mudas de mamoeiro (Figura 20G) apresentou comportamento polinomial quadrático, que foi influenciado significativamente pela interação doses e variedades com ponto máximo estimado em 2,89 t ha⁻¹ obtido na dose 14,5 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de aviário. O Índice de Qualidade de Dickson é considerado um bom indicador da qualidade das mudas, por levar em consideração para o seu cálculo, vários parâmetros morfológicos importantes, como altura, diâmetro do coleto e massa seca das plantas, pressupondo o favorecimento da sobrevivência das mudas em condições de campo (SARAIVA et al., 2014).

Segundo Hunt (1990), o valor mínimo recomendado para o IQD é de 0,20. No presente estudo, os valores desta variável encontraram-se superiores ao valor recomendando pelo referido autor, demonstrando que as mudas produzidas possuem qualidade apropriada para o plantio em local definitivo, até mesmo as mudas que foram produzidas sem a incorporação de biocarvão. Segundo Albano et al. (2017), apenas as mudas de maior valor de IQD, são as de melhor padrão de qualidade, com melhores características alométricas, maior capacidade de sobrevivência em campo e menor necessidade de replantio em áreas de recuperação. Dessa forma, apesar de todas mudas de mamoeiro produzidas terem o valor mínimo recomendado por Hunt (1990), as mudas que receberam as doses de 14,5 t ha⁻¹ se destacaram com melhor relação entre os parâmetros, o que resulta em uma boa qualidade final para o estabelecimento no campo.

Oliveira et al. (2004) considera que, a faixa adequada de pH para a cultura do mamoeiro está entre 5,5 e 6,7. Na presente pesquisa, os valores de pH do solo após a incorporação das doses crescentes de biocarvão (Figura 2) estão dentro da faixa ideal até uma determinada dose, sendo os valores fora dessa faixa responsáveis por causar desequilíbrios fisiológicos, pois afetam a disponibilidade de nutrientes e consequentemente, afetando o desenvolvimento das plantas.

Conforme os estudos propostos por Ayers & Westcot (1999), a cultura do mamão é considerada moderadamente tolerante à salinidade do solo, principalmente, em variáveis relacionadas às folhas, como fitomassa foliar e área foliar; isso significa que tolera níveis de condutividade elétrica entre 3 e 6 dS m⁻¹ sem inibir o crescimento e a sua capacidade produtiva, mostrando que no presente estudo a condutividade elétrica encontrada nos substratos não foi um fator negativo para o desenvolvimento das mudas.

Paixão et al. (2012), estudando frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro observaram que, o esterco de galinha pode alterar o pH e disponibilizar grande quantidade de nutrientes os quais podem ser tóxicos a planta, por isso, o seu uso tem que ser moderado, já que a sua mistura no substrato Bioplant® reduziu a qualidade das mudas de mamão.

Melo et al. (2020) sobre o efeito de proporções de resíduo de exploração dos minerais caulim e vermiculita como componente de substrato sobre o crescimento e a qualidade de mudas de mamoeiro do grupo 'Formosa', concluíram que os teores de Ca, pH e capacidade de retenção de água do substrato se correlacionaram positivamente com o crescimento e qualidade das mudas de mamoeiro, enquanto os teores de sódio e a porosidade total de forma negativa.

CONCLUSÕES

A aplicação do biocarvão de cama de aviário ao solo promoveu aumento significativos para pH e os teores de K, P e MO, no entanto, merece atenção o aumento da condutividade elétrica e do teor de Na no substrato, isto porque a salinidade do mesmo poderá ocasionar toxidez para as plantas;

O biocarvão de cama de aviário não afetou a porcentagem de emergência de sementes de melão e de mamão, apresentando as sementes de melão um IVE de 1,24 plântulas/dia com a dose de 9,4 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de aviário.

O efeito da incorporação de biocarvão de cama de aviário antes da semeadura do melão e do mamão deve ser investigado a caracterização química do solo.

O uso de biocarvão na composição do substrato favoreceu o crescimento inicial e a produção de fitomassa fresca e seca, com dose recomendada próxima a 12 t ha^{-1} . Quanto as variedades, a Hales Best Jumbo foi a que teve maior crescimento e a variedade Amarelo a maior produção de fitomassa;

Nas condições deste experimento, a adição de biocarvão de cama de aviário promoveu um melhor crescimento das mudas de mamoeiro em relação aos parâmetros estudados, sendo as doses de 8 e 12 t ha^{-1} as que proporcionaram melhores resultados. Quanto às variedades estudadas, a Ouro se destacou em relação a Formosa;

O índice IQD demonstrou que as mudas de mamão e melão produzidas com a dose 16 t ha^{-1} são recomendadas para o plantio;

Considerando as vantagens do biocarvão de cama de aviário na constituição do substrato, sua utilização constitui uma alternativa viável para o crescimento das mudas de melão e de mamão.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, F. G.; CAVALCANTE, Í. H.; MACHADO, J. S.; LACERDA, C. F. D.; SILVA, E. R. D.; SOUSA, H. G. D. New substrate containing agroindustrial carnauba residue for production of papaya under foliar fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 128-133, 2017.
- ALBURQUERQUE, J. A.; CALERO, J. M.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; DEL CAMPILLO, M. C.; GALLARDO, A.; VILLAR, R. Effects of biochars produced from different feedstocks on soil properties and sunflower growth. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 1, p. 16–25, 2014.
- ALMEIDA, K. M.; MONACO, P.A.V.; KRAUSE, M.R.; OLIVEIRA, D.L.S.; MENEGHELLI, L.A.M.; MENEGHELLI, C.M.; GUI SOLFI, L.P. Reuse of agricultural waste as an alternative substrate in the production of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings. **Agronomía Colombiana**, v. 38, n. 1, p. 29-35, 2020.
- ALVES, A. A. C.; SANTOS, E. L. Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando medidas da folha. In: **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, vol. 17, 2002.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2009.
- ARAGÃO, M. F.; NETO, L. G. P.; ARAGÃO, M. F.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; DE SOUSA GOMES, A. K. Efeito da cobertura do solo e da lâmina de irrigação sobre as variáveis de pós-colheita de melão amarelo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 6, p. 3749-3756, 2020.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. D. S.; OLIVEIRA, F. A. D.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P. D.; SILVA, M. K. D. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. (2016). Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ARAÚJO, W.B.M.; ALENCAR, R.D.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, E.V.; CARVALHO ANDRADE, R.; ARAÚJO, R.R. Esterco caprino na composição de substratos para formação de mudas de mamoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p.68-73, 2010.
- ASTM International ASTM D1762-84. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. ASTM International 1-2, West Conshohocken, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água de irrigação na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BARCELOS, J. G. **Influência do biocarvão sobre os micro-organismos do solo e as atividades das bombas de prótons**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense–Campos dos Goytacazes, 95p. 2016
- BARRETO, A. V. **Identificação e diversidade genética de *Rotylenchulus reniformis* em áreas de cultivos de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. Dissertação de Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 56p. 2018.

BARROS, D. L.; DE REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T.; MAIA, C. D. F. Biochar of sawdust origin in passion fruit seedling production. **Journal of Agricultural Science**, vol. 9, n. 5, p. 200-207, 2017.

BATISTA, E. M. C. C.; BATISTA, E. M.; SHULTZ, J.; MATOS, T. T.; FORNARI, M. R.; FERREIRA, T. M.; SZPOGANICZ, B.; FREITAS, R. A.; MANGRICH, A. S. Effect of surface and porosity of biochar on water holding capacity aiming indirectly at preservation of the Amazon biome. **Nature**, v. 8, p. 1-9, 2018.

BENINCASA, M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 42p. 2003.

BENTO, M. M. **Fontes de matéria orgânica na composição do substrato para produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro**. 1997. 59f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1997.

BOHARA, H.; DODLA, S.; WANG, J. J.; DARAPUNENI, M.; ACHARYA, B. S.; MAGDI, S.; PAVULURI, K. Influence of poultry litter and biochar on soil water dynamics and nutrient leaching from a very fine sandy loam soil. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 44-51, 2019.

BRASIL - Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos (2014). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação Geral de Apoio Laboratorial, Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 220 p.

CALDEIRA, M. V.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. D. O.; SILVA, A. G. D. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.

CAMPELO, A. R.; AZEVEDO, B. M.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; LIMA, R. H. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 138-144, 2014.

CANABARRO, N.; SOARES, J.F.; ANCHIETA, C.G.; KELLING, C.S.; MAZUTTI, M.A. Thermochemical processes for biofuels production from biomass. **Sustainable Chemical Processes**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2013.

CANTRELL, K. B.; HUNT, P. G.; UCHIMIYA, M.; NOVAK, J. M.; RO, K. S. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. **Bioresource Technology**, v. 107, p. 419-428, 2012.

CARVALHO, M. T. de M.; MADARI, B. E.; BASTIAANS, L.; VAN OORT, P. A. J.; HEINEMANN, A. B.; SILVA, M. A. S.; MAIA, A. H. N.; MEINKE, H. Biochar improves fertility of a clay soil in the Brazilian Savannah: Short term effects and impact on rice yield. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 114, n. 2, p. 101–107, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CAVALCANTE, L.; HEBERT, I.; PETTER F. A.; ALBANO, F. G.; SILVA, R. R. S. de; JÚNIOR, G. B. de S. Biochar no substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 111, p. 41-47, 2012.

- CECCO, R. M.; KLOSOWSKI, E. S.; SILVA, D. F.; VILLA, F. Germinação e crescimento inicial de mudas de espécies não convencionais de fisálias em diferentes substratos e ambientes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 45-53, 2018.
- CHA, J. S.; PARK, S. H.; JUNG, S. C.; RYU, C.; JEON, J. K.; SHIN, M. C.; PARK, Y. K. Production and utilization of biochar: A review. **Journal of industrial and Engineering Chemistry**, v. 40, p. 1-15, 2016.
- CHAN, K. Y.; ZWIETEN, L. V.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. D. Using poultry litter biochar as soil amendments. **Australian Journal of Soil Research**, v. 46, n. 5, p. 437- 444, 2008.
- CHAN, K. Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. D. Agronomic Values of Green Waste Biochar as a Soil Amendment. **Australian Journal of Soil Research**, v. 45, p. 629–634, 2007.
- CHAN, K. Y.; XU Z. Biochar: nutrient properties and their enhancement. Chapter 5. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management science and technology**. Earthscan, p. 67-84, 2009.
- CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; MENDES, J. S.; DANTAS, E. B.; GUERRA, H. C.; TITO, G. A.z; SILVA, A. A. R.; LAURENTINO, L. G. S.; SOUZA, F. G.; LIMA, W. B.; CHAVES, I. B. Characterization of poultry litter biochar for agricultural use. **Sylwan**, v. 164, n. 6, p. 468-487, 2020.
- CHIAPINOTTO, I. C.; NESI, C. N.; PADILHA, M. S.; DO PRADO WILDNER, L.; FERRI, D. J.; FICAGNA, P. R.; BARETTA, C. R. D. M. Proporções de cama de aviário na formulação de substrato para produção de mudas de melancia. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 281-294, 2021.
- COELHO, D. C.; SILVA, E. C. B.; SILVA, F. M.; SOUSA, E. M. L.; NOBRE, R. G. Crescimento de mudas de mamoeiro em condições controladas com água salina. **Revista Verde**, v. 10, n. 1, p. 1-5, 2015.
- COLEN, F.; FIGUEIREDO, F. F.; FERNANDES, L. A.; SAMPAIO, R. A.; MOTA, M. F. C.; DE SOUZA, L. H. Temperatura e tempo de residência na produção de biochar oriundo de dejetos de galinhas poedeiras. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-8, 2020.
- COOMER, T. D.; OOSTERHUIS, D. M.; LONGER, D. E.; LOKA, D. A. Effect of poultry litter biochar on early-season cotton growth. **Summaries of Arkansas Cotton Research**, p. 89-94, 2012.
- COOPER, J.; GREENBERG, I.; LUDWIG, B.; HIPPICH, L.; FISCHER, D.; GLASER, B.; KAISER, M. Effect of biochar and compost on soil properties and organic matter in aggregate size fractions under field conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 295, p. 1-9, 2020.
- CRISPIM, J. F.; DE LIMA, J. S. S.; DA SILVA, J. K. B.; DA SILVA, A. G. C.; FERDANDES, G. K. F.; BENTO, J. E. A. Aspecto nutricional do biocarvão na produção de mudas de rúculas em condições semiáridas. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2020. p. 12-17.

CUNHA, N. R. V.; MAMED, D. O.; FEITOZA, F. J. R. Novas transformações da ciência, do meio ambiente e do direito: o comércio de certificados de créditos de carbono. Hileia: **Revista do Direito Ambiental da Amazônia**, v. 19, p. 251-270, 2013.

DAMACENO, J. B. D.; LOBATO, A. C. N.; GAMA, R. T. D.; OLIVEIRA, D. M. D.; FALCÃO, N. P. D. S. Biochar as Phosphorus Conditioner in Substrate for Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) Seedling Production in the Central Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 6, p. 383-393, 2019.

DANTAS, J. L. L.; SOUZA, J. S.; PINTO, R. M. S.; LIMA, J. F. **Variabilidade genética e melhoramento do mamoeiro**. In: Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro, 23p. 2012.

DELGADO, M. F.; PIACENTE, F. J.; SALLA, A. Diagnóstico ambiental da produção avícola de postura: estudo sobre os dois principais sistemas de produção sob a ótica dos seus resíduos sólidos. **Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec**, v. 3, n. 1, p. 18-40, 2017.

DELUCA, T. H.; GUNDALE, M. J.; MACKENZIE, M. D.; JONES, D. L. **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**, v. 2, p. 421-454, 2015.

DHARMAKEERTHI, R. S.; CHANDRASIRI, J. A. S.; EDIRIMANNE, V. U. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. **SpringerPlus**, v. 1, n. 1-12, p. 84, 2012.

DIAS, N.L.P; OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, E.J. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.11, p.1471-1479, 2011.

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

ECONOMIA E FINANÇAS. Governo lança plano para fortalecer a fruticultura no Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/economia-e-financas/2018/02/governolanca-plano-para-fortalecer-a-fruticultura-no-brasil>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

EKEBAFE, M. O.; EKEBAFE, L. O.; MALIKI, M. Utilisation of biochar and superabsorbent polymers for soil amendment. **Science Progress**, v. 96, n. 1, p.85-94, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Estatísticas, desempenho da produção. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-eaves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 24 dez. 2019.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. CRC Press, 428p, 2008.

FAO – (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops. 2014. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 20 ago. 2020.

FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. C. da S.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRAZ, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; COROLEIRO, Z. J. M. A cultura do mamão (Coleção Plantar, 65). 3 ed. Brasília: Embrapa, 119p, 2009.

- FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; MENDES, J. S.; CHAVES, I. B.; TITO, G. A. Soil chemical amendments and the macronutrients mobility evaluation in oxisol treated with biochar. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, p. 238-247, 2018.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. F.; COSTA, C. C.; LEITE, D. T.; SILVA, A. S.; SILVA, M. F. Produção de mudas de melão em diferentes tipos de substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. S3722-S3727, 2011.
- FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, v. 231, p.55-63, 2001.
- FRANCISCO, M. G. S.; MARUYAMA, W. I.; MENDONÇA, V.; SILVA, E. A.; REIS L. L.; LEAL, S. T. Substratos e recipientes na produção de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.267-274, 2010.
- GALVÃO, J. R.; DE ALMEIDA, K. C.; DA COSTA CARRÉRA, L.; LIMA, L. M.; PACHECO, M. J. B.; DE ASSIS, L. F. C. T.; DE JESUS, A. M. B. S.; CARRERA, J. C.; VIANA, T. C. Adubação química e orgânica associados ao biocarvão promovem maior crescimento à chicória (*Eryngium foetidum* L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19599-19611, 2020.
- GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. D. S. Agrolink. (2015). Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/Nutrientes.aspx>>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, v. 31, n. 7-8, p. 669-678, 2000.
- GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The 'Terra Preta' phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, v. 88, n. 1, p. 37-41, 2001.
- GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 4, p. 219-230, 2002.
- GONZAGA, M. I. S., MACKOWIAK, C., ALMEIDA, A. Q. D., & CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. D. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W. hill ex maiden seedlings. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687-695, 2018.
- HAFLE, O. M.; SANTOS, V. A. D.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. D. C. M. D.; MELO, P. C. D. Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 245-251, 2009.
- HAGEMANN, N.; SPOKAS, K.; SCHMIDT, H.; KAGI, R.; BÖHLER, M. C.; BUCHELI, T. D. Activated Carbon, Biochar and Charcoal: Linkages and Synergies across Pyrogenic Carbon's ABCs. **Water**, v. 10, n. 2, p. 182-281, 2018.

- HARTER, L. D. S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Effect of salinity on physiological performance of mogango seeds and seedlings. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.
- HERMANN, R. K. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedlings. **Tree Planters Notes**, v. 64, p. 7 - 11. 1964.
- HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYOGWOM, U.B.; MANEBIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigéria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.86, n.3, p.263-275, 2001.
- HONG, S.; YU, S.; KIM, K.; LEE, G.; SONG, S. Effects of biochar on early growth and nutrient content of vegetable seedlings. **Korean Journal Environmental Agriculture**. v. 39, n.1, p. 50-57, 2020.
- HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *In: Proceedings of Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations*; 1990. Roseburg. Fort Collins: USDA Forest Service; p. 218-222, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal de 2018**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: julho de 2019.
- KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para a produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 4, p. 43-63, 2015.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. B. **On the germination of seeds of Calotropis procera**. In: Academia Brasileira De Ciências, São Paulo. Anais... São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, p. 174-186, 1976.
- LAIRD, D.; FLEMING, B.Q.; WANG, R.H.; KARLEN, D.; HORTON, R. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. **Geoderma**, v. 158, n. 3-4, p. 436-442, 2010.
- LEHMANN, J. Bio-energy in the black. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 7, p. 381-387, 2007.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**. Routledge, 920p. 2015.
- LIMA, I. S.; GONZAGA, M. I. S.; ALMEIDA, A. Q.; MASSARANDUBA, W. M. Lixiviação de íons em argissolo amarelo tratado com biocarvão de casca de coco seco e cultivado com girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 1956 - 1965, 2017.
- LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. M. Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-manso. **Revista Ceres** v. 58, n. 2, p. 232-237, 2011.

- LIMA, S. R.; SILVA, H. R.; MELLO, A. H.; SANTOS, G. R.; OLIVEIRA, F. K. D. Produção de mudas de maracujazeiro cultivada com diferentes doses de calcário dolomítico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 24-33, 2013.
- LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. Plantarum v. 640, 768p. 2006.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.
- MALAVOLTA, E. 1981. **Manual de química agrícola: adubo e adubação**. São Paulo: Editora Agrônoma Ceres, 596p.
- MALTA, A. O.; OLIVEIRA, V. E. A.; ALMEIDA, D. J.; SANTOS, A. S. Crescimento do meloeiro em diferentes substratos. **Revista Sítio Novo**, v. 1, p. 238-246, 2017.
- MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão: as terras pretas de índios e o sequestro de carbono. **Ciência Hoje**, v. 47, n. 281, p. 48-52, 2011.
- MANICA, I., MARTINS, D. dos S., VENTURA, J. A. **Mamão: Tecnologia de produção, pós colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 361p, 2006.
- MANSOURI, A; MIRZABE, A. H; RAUFI, A. Physical properties and mathematical modeling of melon (*Cucumis melo* L.) seeds and kernels. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.16, n.3, p. 218-226, 2017.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARREIROS, A.J.C.; PAQUETE, B.C. A cultura do melão (estufa). Ministério da Agricultura, Secretaria do Estado da Agricultura/Direção Regional de Agricultura do Algarve, 30p, 1995. (Guia do extensionista).
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes–Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 164-173, 1999.
- MEDEIROS, M. B. C. L.; JESUS, H. I. de; SANTOS, N. de F. A.; MELO, M. R. da S.; SOUZA, V. Q. de; BORGES, L. da S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. de S. Índice de Qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159 – 173, 2018.
- MELO, F. J. S.; ALVES, J. M.; SEVERO, P. J. S.; DOS SANTOS, L. C.; DE MESQUITA, E. F.; DA SILVA MARCELINO, R. M. O.; SANTOS, E. N.; ROCHA, J. L. A. Uso de resíduos de mineração como substrato na formação de mudas de (*Carica papaya* l.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 45579-45596, 2020.
- MELO, R. M.; VIEIRA, M. D. C.; CARNEVALI, T. D. O.; GONÇALVES, W. V.; TORALES, E. P.; TOLOUEI, S. E. L.; SANTOS, C. C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 101-110, 2019.

- MENDES, N. V. B.; LIMA, D. D. C.; CORRÊA, M. D. M.; NATALE, W. Emergence and initial development of bacabeira in different substrates and environments. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 90-99, 2018.
- MÉNDEZ, A.; CÁRDENAS-AGUIAR, E.; PAZ-FERREIRO, J.; PLAZA, C.; GASCÓ, G. The effect of sewage sludge biochar on peat-based growing media. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.33, n.1, p.1-12, 2016.
- MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E.; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro ‘Sunrise Solo’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 127-130, 2003.
- MINAMI, K.; SALVADOR, E. D. **Substrato para plantas**. Piracicaba - SP: Editora Degaspari, 2010.
- MORGADO, M. A. D. O.; BRUCKNER, C. H.; ROSADO, L. D. S.; ASSUNÇÃO, W.; SANTOS, C. E. M. D. Estimativa da área foliar por método não destrutivo, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de Passiflora. **Revista Ceres**, v. 60, p.662-667, 2013.
- NACHENIUS, R. W.; RONSSE, F.; VENDERBOSCH, R.; PRINS, W. Biomass pyrolysis. In: DREW, T. B.; COKELET, G. R.; HOOPES, J. W.; VERMEULEN, T. **Advances in Chemical Engineering**. Academic Press, 2013. p. 75-139.
- NASCIMENTO, C. S. Relação N:K para os estádios fenológicos do meloeiro cultivado em hidroponia. 2018. 39 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Produção vegetal), Campus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2018.
- NASCIMENTO, I. B. D.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F. D.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z. D. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.
- NAVROSKI, M. C.; NICOLETTI, M. F.; LOVATEL, Q. C.; OLIVEIRA, M. P.; TONETT, E. L.; MAZZO, M. V.; FELIPPE, D. Efeito do volume do tubete e doses de fertilizantes no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 26-33, 2016.
- NORINI, M.P.; THOUIN, H.; MIARD, F.; BATTAGLIA-BRUNET, F.; GAUTRET, P.; GUÉGAN, R.; LE FORESTIER, L.; MORABITO, D.; BOURGERIE, S.; MOTELICA-HEINO, M. Mobility of Pb, Zn, Ba, As and Cd toward soil pore water and plants (willow and ryegrass) from a mine soil amended with biochar. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 232, p. 117-130, 2019.
- NOVAK, J. M.; BUSSCHER, W. J.; LAIRD, D. L.; AHMEDNA, M.; WATTS, D. W.; NIANDOU, M. A. S. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. **Soil Science**, v. 174, n. 2, p. 105-112, 2009a.
- NOVAK, J. M.; LIMA, I.; XING, B.; GASKIN, J. W.; STEINER, C.; DAS, K. C.; AHMEDNA, M.; REHRAH, D.; WATTS, D. W.; BUSSCHER, W. J.; SCHOMBERG, H. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. **Annals of Environmental Science**, v. 3, p. 195-206, 2009b.

- NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. F.; CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use - a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 321-344, 2015.
- NUNES, M. M.; TEIXEIRA, W. G. Crescimento de mudas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* HB K.) em função de doses de carvão vegetal como componente de substrato. **Reunião Científica da rede CTPETRO Amazonia**, v. 3, p. 1-4, 2010.
- NUNES, O. M.; RIBEIRO, C. M.; PAMPLONA, C. F. A produção familiar no município de Dom Pedrito: uma análise da cultura do melão entre 2005 e 2015. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, v.6, n.1, p. 1-22, 2018.
- OGUNTUNDE, P. G.; FOSU, M.; AJAYI, A. E.; VAN DE GIESEN, N. D. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. **Biology and Fertility Soils**, v. 39, p. 295-299, 2004.
- OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. D. S.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. D. J.; BERNARDI, A. D. C. Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2004.
- OLIVEIRA, E. A. P.; ZUCARELI, C.; PRETE, C. E. C.; ZAMUNER, D. Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 477-482, 2014.
- OLIVEIRA, F. S.; FARIAS, O. R.; NOBRE, R. G.; FERREIRA, I. B.; FIGUEREDO, L. C.; OLIVEIRA, F. S. Produção de mudas de mamoeiro ‘Formosa’ com diferentes doses de esterco ovino. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 52-57, 2015.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO FAO. FAOSTAT (2018). Divisão de estatística. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 14 de set. 2019.
- OVIDEIRO-RONDON, E. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 239-252, 2008.
- PAIXÃO, M. V. S.; SCHMILDT, E. R.; MATTIELLO, H. N.; FERREGUETTI, G. A.; ALEXANDRE, R. S. Frações orgânicos e mineral na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1105-1112, dez. 2012.
- PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduos em superfície**. 2007. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PEDROSA, J. F. **A cultura do melão**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 51p. 1995.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

- PELIZZA, T. R.; SILVEIRA, F. N.; MUNIZ, J.; ECHER, A. H. B.; MORSELLI, T. B. G. A. Production of yellow melon seedlings in different substrates under protected cultivation. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 257-261, 2013.
- PELLOSO, M. F.; FARIAS, B. G. A. C.; DE PAIVA, A. S. Produção de mudas de meloeiro em substrato a base de ramas de mandioca submetido a diferentes períodos de compostagem. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.1, p. 87-100, 2020.
- PEREIRA, F. H. F.; NOGUEIRA, I. C. C.; PEDROSA, J. F.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F. Poda da haste principal e densidade de cultivo sobre a produção e qualidade de frutos em híbridos de melão. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 191-196, 2003.
- PEREIRA, M. E.; VARANDA, L. D.; NAKASHIMA, G. T.; HANSTED, A. L. S.; SILVA, D. A.; TOMELERI, J. O. P.; BELINI, G. B.; YAMAJI, F. M. Caracterização da biomassa de cama de frango para fabricação de biochar. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 4, 2019.
- PETTER, A. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; ANDRADE, F. R.; SCHOSSLER, T. R.; GONÇALVES, L. G.; MARIMON, B. S. Biochar como condicionador de substrato para produção de mudas de alface. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 17, p. 243-250, 2012c.
- PETTER, F. A. **Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agrônômicos e ambientais do seu uso em solos de cerrado**. 2010. 130p. Tese de Doutorado. (Doutorado em Produção Vegetal), Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; JUNIOR, B. H. M.; GONÇALVES, L. G. V.; DE SOUZA, T. R. S. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 44-51, 2012a.
- PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 761-768, 2012b.
- PURAKAYASTHA, T. J.; DAS, K. C.; GASKIN, J.; HARRIS, K.; SMITH, J. L.; KUMARI, S. Effect of pyrolysis temperatures on stability and priming effects of C3 and C4 biochars applied to two different soils. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 107–115, 2016.
- RAFIQ, M. K.; BACHMANN, R. T.; RAFIQ, M. T.; SHANG, Z.; JOSEPH, S.; LONG, R. Influence of pyrolysis temperature on physico-chemical properties of corn stover (*Zea mays* L.) biochar and feasibility for carbon capture and energy balance. **PloS one**, v. 11, n. 6, p. e0156894, 2016.
- RAMOS, H. C.; PEREIRA, M. G.; GONÇALVES, L. S.; BERILLI, A. P.; PINTO, F. O.; RIBEIRO, E. H. Multivariate analysis to determine the genetic distance among backcross papaya (*Carica papaya*) progenies. **Genetics and Molecular Research**, v. 11, n. 2, p. 1280-1295, 2012.
- REN, X.; ZHANG, P.; ZHAO, L.; SUN, H. Sorption and degradation of carbaryl in soils amended with biochars: influence of biochar type and content. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 3, p. 2724–2734, 2016.

- REZENDE, E. I. P.; ANGELO, L. C.; DOS SANTOS, S. S.; MANGRICH, A. S. Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 426-433, 2011.
- REZENDE, F. A.; DOS SANTOS, V. A. H. F.; DE FREITAS MAIA, C. M. B.; MORALES, M. M. Biochar in substrate composition for production of teak seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1449-1456, 2016.
- RIGOTTI, M. Cultura do mamoeiro. 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/7045489-Cultura-do-mamoeiro-marcelo-rigotti.html>>. Acesso em: 09 jun. 2020.
- RODRIGUES, E. M.; DE PAULA, N. F.; DE PAULA, R. C. Cultivo de eucalipto com biocarvão de resíduos de folhas de palmeira dendê. **Ciência & Tecnologia Fatec-JB**, v. 8, n. 1, p. 139-143, 2016.
- ROGOVSKA, N.; LAIRD, D.; CRUSE R. M.; TRABUE, S.; HEATON, E. Germination tests for assessing biochar quality. **Journal of Environmental Quality**, v. 41, n. 4, p. 1014-1022, 2011.
- SALVIANO, A. M.; DE FARIA, C. M. B.; TERAPO, D.; SILVA, D. J.; BATISTA, D. C.; MOREIRA, F. R. B.; CUNHA, T. J. F. **A cultura do melão** (Coleção Plantar, 76). 3 ed. Brasília: Embrapa, 202p, 2017.
- SAMPAIO, A. A.; SILVA, F.; AGUIAR, C. A. DA C.; GAVA, C. A. T.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JÚNIOR, P. I. Desenvolvimento Vegetativo de Genótipos Superprecoces de Milho Inoculados com *Azospirillum brasilense* em Solos do Semiárido. In: *Fertbio, Maceió. A responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Agrícola*, n. 1, p. 5-7, 2012.
- SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.4, p.499-503, 2008.
- SANTOS, C. C.; MOTTA, I. D. S.; CARNEIRO, L. F.; SANTOS, M. C. S.; PADOVAN, M. P.; MARIANI, A. Produção agroecológica de mudas de maracujá em substratos a base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-10, 2014.
- SANTOS, S. A.; SILVA, R. F.; PEREIRA, M. G.; ALVES, E.; MACHADO, J. C.; BORÉM, F. M.; GUIMARÃES, R. M.; MARQUES, E. R. Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.116- 122, 2009.
- SARAIVA, G. F. R.; SOUZA, G. N.; RODRIGUES, J. D. Aclimação e fisiologia de mudas de guarandê cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. **Colloquium Agrarie**, v. 10, n. 2, p.1-10, 2014.
- SCOGNAMIGLIO, H. Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. 2018. Disponível em: <<http://www.agromundi.com.br/noticias/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-domundo-agromundi/>>. Acesso em 01 jun. 2020.
- SHAABAN, M.; VAN ZWIETEN, L.; BASHIR, S.; YOUNAS, A.; NÚÑEZ-DELGADO, A.; CHHAJRO, M. A.; KUBAR, K. A.; ALI, U.; RANA, M. S.; MEHMOOD, M. A.; HU, R. A. concise review of biochar application to agricultural soils

- to improve soil conditions and fight pollution. **Journal of Environmental Management**, v. 228, p. 429-440, 2018.
- SILVA, A. K.; COSTA, E.; SANTOS, É. L. L.; SILVA, K. S.; BENETT, C. G. S. Produção de mudas de mamoeiro ‘Formosa’ sob efeito de tela termorrefletora e substratos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 8, n. 1, p. 42-48, 2015.
- SILVA, H. W.; PELÍCIA, K. Manejo de dejetos sólidos de poedeiras pelo processo de biodigestão anaeróbica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, n. 1, p. 151-155, 2012.
- SILVA, I. C. B. D.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R. A. Growth and production of common bean fertilized with biochar. **Ciencia Rural**, v. 47, n. 11, p. 327-345, 2017a.
- SILVA, I. C. B.; BASÍLIO, J. J. N.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R. A.; FRAZÃO, L. A. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. **Scientia Agricola**, v. 74, p. 378-382, 2017b.
- SILVA, J. V. G.; LONGUE, L. L.; DOS SANTOS JARDIM, A.; PINHEIRO, A. P. B.; ROSA, R.; PAGOTO, A. L. R.; ... & FERNANDES, A. A. (2021). Eficiência nutricional na produção de mudas de maracujazeiro azedo em função das concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e11510413988-e11510413988, 2021.
- SILVA, L. F. V.; DE MELO, E. I.; GONÇALVES, P. A. S. Biochar de serragem de eucalipto como condicionador de substratos para produção de mudas de alface. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 5, p. e019005, 2019b.
- SILVA, L. J. B.; CAVALCANTE, A. S. S.; ARAÚJO NETO, S. E. Produção de mudas de rúcula em bandejas com substratos a base de resíduos orgânicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1301-1306, 2009.
- SILVA, R. V.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. G.; SILVA, B. G.; MARTINS, M. A.; Biochar and mucuna increase papaya plant growth and nutrition, as well as soil fertility. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, p. 1-9, 2019a.
- SINGH, B. P.; HATTON, B. J.; BALWANT, S.; COWIE, A. L.; KATHURIA, A. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. **Journal of Environment Quality**, v. 39, n. 4, p. 1224-1235, 2010.
- SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. Chapter 2 - A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, v. 105, p. 47-82, 2010.
- SONG, W.; GUO, M. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 94, p.138-145, 2012.
- SONG, X. D.; XUE, X. Y.; CHEN, D. Z.; HE, P. J.; DAI, X. H. Application of biochar from sewage sludge to plant cultivation: Influence of pyrolysis temperature and biochar-to-soil ratio on yield and heavy metal accumulation. **Chemosphere**, v. 109, p. 213–220, 2014.
- SOUZA, G. K. A.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, R. A.; CHAVES, F. C. M.; XAVIER, J. J. B. N. Growth of crajiru (*Arrabidaea chica* Verlot.) on different growing media. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 8, n. esp., p. 62-65, 2006.

- SOUZA, L. D.; SOUZA, L. DA S.; LEDO, C. A. DA S.; CARDOSO, C. E. L. Distribuição de raízes e manejo do solo em cultivo de mamão nos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n. 12, p. 1937–1947, 2016.
- SPOKAS, K. A.; CANTRELL, K. B.; NOVAK, J. M.; ARCHER, D. W.; IPPOLITO, J. A.; COLLINS, H. P.; BOATENG, A. A.; LIMA, I. M.; LAMB, M. C.; MCALOON, A. J.; LENTZ, R. D.; NICHOLSS, K. A. Biochar: a synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, v. 41, n. 4, p. 973-989, 2012.
- STEFANELLI, D.; GOODWIN, L.; JONES, R. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. **Food Research International**, v. 43, n. 7, p. 1833-1843, 2010.
- SULIMAN, W.; HARSH, J. B.; ABU-LAIL, N. I.; FORTUNA, A. M.; DALLMEYER, I.; GARCIA-PÉREZ, M. The role of biochar porosity and surface functionality in augmenting hydrologic properties of a sandy soil. **Science of the Total Environment**, v. 574, p. 139–147, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FORTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017.
- TERRA, S.B.; FERREIRA, A.A.F.; PEIL, R.M.N.; STUMPF, E.R.T.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; CAVALCANTE, Í.H.L. Alternative substrates for growth and production of potted chrysanthemum (cv. Funny). **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 33, n. 3, p. 465-471, 2011.
- TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, E. R. B.; LAURENTINO, L. G. S.; SOUZA, F. G.; GUERRA, H. O. C Biochar on Soil Chemical Properties and Beak Pepper (*Capsicum chinense*) Production. **Agricultural Sciences**. v. 11, p. 1133-1142, 2020.
- TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIECKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 875-887, 2018.
- VENDRUSCOLO, E. P.; ARAUJO, L. V.; SEMENSATO, L. R.; CAMPOS, L. F. C.; DE OLIVEIRA, P. R.; SELEGUINI, A. Boiler residue as an alternative substrate to the production of Cantaloupe melon seedlings. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1201-1211, 2019.
- VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus olhos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.
- WANG, Z.; TANG, C.; WANG, H.; ZHAO, C.; YIN, D.; YUAN, Y.; YANG, K; LI, Z. Effect of different amounts of biochar on meadow soil characteristics and maize yield over three years, **BioResources**, v. 14, p. 4194-4209, 2019.
- WARNOCK, D. D.; LEHMANN, J.; KUYPER, T. W.; RILLIG, M. C. Mycorrhizal responses to biochar in soil—concepts and mechanisms. **Plant and Soil**, v. 300, n. 1, p. 9-20, 2007.
- YANG, J.; LI, H.; ZHANG, D.; WU, M.; PAN, B. Limited role of biochars in nitrogen fixation through nitrate adsorption. **Science of the Total Environment**, v. 592, p. 758-765, 2017.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O; MATTOS JÚNIOR, D. D.; CARVALHO, S. A. D. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 508-512, 2003.

ZHANG, H.; CHEN, C.; GRAY, E.M.; BOYD, S.; YANG, H.; ZHANG, G. Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. **Geoderma**, v. 276, p.1 – 6, 2016.

ZHANG, J.; LIU, J.; LIU, R. Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate. **Bioresource Technology**, v. 176, p. 288-291, 2015.