

SUBMETIDO 30/09/2020

APROVADO 23/09/2021

PUBLICADO ON-LINE 09/10/2021

PUBLICADO 30/06/2022

EDITORES ASSOCIADOS


Monaliza Mirella de Morais Andrade  
Cordeiro, Fábio Júnior Araújo Silva.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4967>


ARTIGO ORIGINAL

## Efeitos do carvão vegetal na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo

 José Lucínio de Oliveira Freire <sup>[1]</sup>

 Gléysla Hévilla Dantas  
Moreira <sup>[2]</sup>

 Noatan dos Santos Araújo <sup>[3]</sup>

 Ana Karoliny de Assis  
Medeiros <sup>[4]</sup>

[1] [prof.lucinio@gmail.com](mailto:prof.lucinio@gmail.com)

[2] [gleyslahevilla@gmail.com](mailto:gleyslahevilla@gmail.com)

[3] [noatansantos@gmail.com](mailto:noatansantos@gmail.com)

[4] [anakarolinyjs@gmail.com](mailto:anakarolinyjs@gmail.com)

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Picuí,  
Brasil

**RESUMO:** A pesquisa objetivou avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo, produzidas com substratos compostos por carvão vegetal. O delineamento experimental seguiu o padrão de blocos casualizados, com cinco tratamentos, doze repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos consistiram de cinco tipos de substratos contendo diferentes percentagens de carvão vegetal (0,0%; 25,0%; 50,0%; 75,0% e 100,0%). Foram avaliados os atributos: percentagem de emergência, tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência, taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e em diâmetro caulinar, taxa de crescimento em fitomassa fresca epígea, número de folhas, área foliar, relação altura/diâmetro caulinar, biomassas secas foliar, caulinar, radicular e total, alocações de biomassa nos diferentes órgãos da planta e o índice de qualidade de Dickson. Os atributos de crescimento inicial das mudas de maracujazeiro-amarelo (número de folhas, taxa de crescimento absoluto e relativo em altura, taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea) são prejudicados com cerca de 25,0% de carvão vegetal no substrato. O uso de carvão vegetal no substrato até à proporção de 5,8% resulta em mudas de maracujazeiro-amarelo de boa qualidade agrônômica.

**Palavras-chave:** biocarvão; *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*; produção de mudas; substratos alternativos.

## *Effects of charcoal on the production of yellow passion fruit seedlings*

**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate initial growth and quality of yellow passion fruit seedlings produced with charcoal substrates. The experimental design was arranged in a randomized block pattern, with five treatments, twelve replications and three plants per plot. The treatments consisted of five types of substrates containing different percentages of charcoal (0.0%; 25.0%; 50.0%; 75.0% and 100.0%). The following attributes were evaluated: emergence percentage; mean time of emergence; speed of emergence-index, absolute and relative growth rates in height and stem diameter, growth rate in fresh epigeal

phytomass; number of leaves, leaf area, height/stem diameter ratio, dry leaf, stem, root and total biomass, biomass allocations in different plant organs and Dickson quality index. The use of about 25.0% of charcoal in the substrate led to a decrease in such initial growth attributes as the number of leaves, height growth rates and absolute growth rate in epigeal phytomass. The use of charcoal to a proportion of 5.8% resulted in seedlings of yellow passion fruit with good agronomic quality.

**Keywords:** biochar; *Passiflora edulis f. Flavicarpa*; seedling production; alternative substrates.

## 1 Introdução

A cultura do maracujazeiro-amarelo é fator de sustentabilidade econômica importante na agricultura familiar do semiárido, sendo indispensável estabelecer cultivos comerciais com mudas de qualidade.

Dos tratos iniciais, a preparação do substrato, incluindo a escolha de seus componentes, é imprescindível para obtenção de mudas de boa qualidade (DELARMELINA *et al.*, 2014), devendo ser adquirido com base no baixo custo, facilidade de aquisição e características de solo ideais para o crescimento da espécie.

Neste ponto, diversos são os tipos de materiais utilizados na composição desses substratos, sendo aqueles de procedência orgânica os mais comumente recomendados para esta finalidade, dentre os quais, pode-se citar o biocarvão, produto oriundo da queima de material vegetal ou animal e de potencial agrônomo bastante reconhecido (PANWAR; PAWAR; SALVI, 2019).

De acordo com Trazzi *et al.* (2018), o carvão vegetal apresenta forte utilidade na agricultura, devido principalmente ao seu potencial melhorador dos atributos do solo, sendo visto como ótimo condicionador e que influencia positivamente em sua qualidade final.

Suas características químicas e físicas dependem exclusivamente do material utilizado na sua preparação, podendo limitar ou aumentar a disponibilidade de elementos minerais para absorção pelas plantas (LIMA *et al.*, 2013).

Ademais, de acordo com Akhtar, Andersen e Liu (2015), o biocarvão possui uma grande quantidade de compostos orgânicos, capazes de adsorver elementos químicos da solução do solo, possibilitando assim a diminuição da toxicidade do vegetal pela absorção de elementos indesejáveis.

Como benefícios ambientais, o carvão além de diminuir o uso de produtos agrícolas de alto potencial poluidor, ainda contribui para a diminuição dos gases do efeito estufa na atmosfera por meio do sequestro de carbono (SOUCHIE *et al.*, 2011), podendo ser utilizado por pequenos e médios produtores do semiárido nordestino e demais regiões do Brasil e do mundo.

Quanto aos aspectos de crescimento, convém destacar que o uso do carvão tem sido relatado como fonte promissora na produção de mudas, desde que utilizado em quantidades adequadas pelos viveiristas.

Souchie *et al.* (2011) potencializaram o uso do biocarvão pirolisado como essencial à produção de mudas de *Tachigali vulgaris* L., com incrementos positivos sobre as variáveis de crescimento da espécie. Petter *et al.* (2012) asseveram que o uso do biocarvão na

composição de substratos deve ser utilizado com cautela, pois concentrações acima de 30% inibiram o desenvolvimento morfológico de mudas de eucalipto.

Contudo, é importante frisar que a resposta das culturas às diferentes percentagens de carvão vegetal, associado ou não a outros materiais, é dependente de inúmeros fatores externos, sendo estas respostas variáveis entre diferentes cultivares, genótipos e grupos de plantas. Ademais, fatores como temperatura, matéria-prima e tipo de preparo do carvão vegetal podem influenciar na melhor ou pior qualidade de espécie cultivada.

Neste caso, levando em consideração os fatos acima expostos, presume-se que o carvão vegetal possa ser incrementado dentro dos sistemas de produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Contudo, faz-se necessário um melhor entendimento de seus efeitos sobre os atributos de crescimento inicial e a qualidade de mudas, principalmente no que diz respeito à quantidade utilizada deste insumo como componente de substrato, uma vez que este pode trazer prejuízos aos viveiristas, se utilizado de forma errônea.

Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo, produzidas com substratos com carvão vegetal na composição.

## 2 Referencial teórico

Nesta seção, são apresentados os principais tópicos relacionados à pesquisa dos efeitos do carvão vegetal na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo.

### 2.1 Maracujazeiro-amarelo

De acordo com Silva *et al.* (2010), o maracujazeiro-amarelo é uma cultura fortemente adaptada às condições regionais do Brasil, estando situada, principalmente, no domínio da agricultura familiar.

No mercado comercial, seus frutos são destinados excepcionalmente à produção de polpas, sucos e seus derivados, além do consumo *in natura* e a produção de cosméticos naturais (SANTOS *et al.*, 2017), destacando-se como uma ótima alternativa de renda e incremento da economia local.

A planta se apresenta como do tipo herbácea, com carácter trepador, podendo atingir até dez metros de altura (PAGLIARINI, 2006). O sistema radicular é do tipo pivotante ou axial e desenvolve-se bem nos diferentes tipos de solos, desde que sejam profundos, férteis, ricos em matéria orgânica e com boa drenagem (UCHÔA, 2016).

O maracujazeiro-amarelo é uma cultura exigente e para o seu completo crescimento e desenvolvimento são necessários cuidados extras, desde a germinação até a obtenção do produto final. Por isso, a escolha do material biológico, bem como dos substratos adequados à produção de mudas, além dos tratamentos culturais, são imprescindíveis para o completo estabelecimento da cultura no campo.

Ademais, é importante levar em consideração aqueles relacionados à fertilização e a nutrição mineral da cultura (GONDIM *et al.*, 2009), principalmente em regiões onde os recursos naturais são bastante escassos e a produtividade ótima da cultura está a depender das condições financeiras dos produtores rurais.

## 2.2 Produção de mudas

A produção de mudas de maracujazeiro-amarelo constitui uma atividade de alta relevância para o sistema de produção da cultura, sendo conivente com a obtenção de uma muda de boa qualidade.

De acordo com Lima *et al.* (2008), o processo de produção de mudas de boa qualidade exige preparo e atenção redobrada, onde a sua finalidade principal é proporcionar maior sucesso no estabelecimento da cultura no campo.

Geralmente, a escolha dessa muda é feita com base em algumas características morfofisiológicas, como altura da planta, diâmetro de caule, cor da folha e ausência de pragas e doenças (PEREIRA *et al.*, 2013). No entanto, diversos são os fatores que influenciam no crescimento e na qualidade da espécie cultivada, sendo a irrigação, adubação, técnicas de cultivo e preparo de substratos adequados, alguns deles.

No que concerne ao substrato, Guilherme (2019) argumenta que este deve apresentar características ideais para uma boa germinação de sementes e enraizamento da espécie, tais como boa aeração e drenagem, baixo pH e ausência de patógenos e salinidade.

Dos materiais utilizados na composição dos substratos, cita-se o uso de compostos orgânicos, esterco de animais, resíduos vegetais e de mineração e o próprio carvão vegetal. Contudo, deve-se atentar para aqueles de fácil acesso, baixo custo e que estejam em abundância na propriedade.

Quanto à propagação do maracujazeiro, esta deve-se dar tanto por meio de sementes, como por estaquia e enxertia (SILVA, 2006), sendo a primeira mais comumente utilizada entre os produtores rurais.

## 2.3 Carvão vegetal

O carvão vegetal é um produto oriundo da queima de resíduos orgânicos, sendo utilizado atualmente na recuperação dos atributos do solo.

Quando utilizado de forma correta, proporciona melhorias aos agroecossistemas, tais como sequestro de carbono, aumento da estruturação e fertilidade do solo, infiltração de água e aeração, além da redução na lixiviação de cátions básicos e retenção de elementos químicos de alto potencial poluidor (SHARREF; ZHAO, 2017).

No que concerne à retenção de elementos, esta se deve basicamente aos seus inúmeros grupos funcionais, compostos por cadeias aromáticas e alifáticas que são capazes de reter elementos minerais presentes no solo em grandes quantidades (QAMBRANI *et al.*, 2017), sendo posteriormente disponibilizados às plantas.

Nos sistemas de produção, autores como Jeffery *et al.* (2011) destacaram incrementos positivos sobre o rendimento das culturas após o uso do biocarvão no solo, admitindo haver aumento da produtividade das culturas em até 10% com o uso do insumo orgânico.

Entretanto, é notória a divergência existente entre os diferentes grupos de espécies que são testadas com o carvão vegetal, hajam vista algumas não serem responsivas à elevadas doses.

Como resposta a essa questão, Glaser e Lehr (2019) destacam que fatores relacionados, principalmente com a matéria-prima e a temperatura utilizada durante o processo de pirolise do carvão, são as principais causas do baixo ou alto rendimento agrícola das

culturas, já que tais fatores podem limitar ou aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Portanto, faz-se necessário estudos mais detalhados sobre o desempenho das diversas espécies agrícolas sobre o uso do carvão vegetal, principalmente aqueles oriundos de diferentes fontes residuais.

### 3 Material e métodos

O experimento foi montado em um viveiro telado, de área útil de 18 m<sup>2</sup>, situado sob coordenadas geográficas de 6° 30' 31" de latitude Sul e 36° 21' 49" de longitude Oeste, a 466 m de altitude, na Horta Didática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Picuí.

O delineamento experimental seguiu o padrão de blocos casualizados, com cinco tratamentos, doze repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos consistiram de cinco tipos de substratos contendo diferentes percentagens de carvão vegetal (0,0%; 25,0%; 50,0%; 75,0% e 100,0%), misturados com um Neossolo Regolítico, coletado nas proximidades do município de Picuí (PB), a 0,2 m de profundidade.

Os substratos foram analisados para caracterização de seus atributos químicos e físicos, conforme metodologias de Teixeira *et al.* (2017), com resultados analíticos nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** ▶  
Resultados analíticos dos atributos químicos dos substratos utilizados no experimento.  
*Fonte: dados da pesquisa*

Atributos químicos		Percentuais de carvão vegetal			
		0,0	25,0	50,0	75,0
Atributos	Unidade	%			
pH (H <sub>2</sub> O)	---	9,2	9,1	9,0	8,5
Ca <sup>+2</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,62	6,44	7,69	9,62
Mg <sup>+2</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,19	3,75	3,81	2,62
Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,81	10,19	11,5	12,24
P disponível	mg dm <sup>-3</sup>	355	449	327	238
K <sup>+</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1112	1112	1112	962
Al <sup>+3</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0
Na <sup>+</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	512	512	476	345
Capacidade de troca catiônica	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	15,88	15,26	16,42	16,2
Saturação por bases	%	100	100	100	100
Percentagem de sódio trocável	%	14,02	14,59	12,61	9,26
Condutividade elétrica	dS m <sup>-3</sup>	0,51	0,52	0,59	0,52

Tabela 2 –

**Tabela 2 ►**

Resultados analíticos dos atributos físicos dos substratos utilizados no experimento.

Fonte: dados da pesquisa

Atributos físicos		Percentuais de carvão vegetal			
		0,0	25,0	50,0	75,0
Atributos	Unidade	%			
Areia	g kg <sup>-1</sup>	907	899	882	855
Silte	g kg <sup>-1</sup>	73	81	98	125
Argila	g kg <sup>-1</sup>	20	20	20	20
Densidade aparente	kg dm <sup>-3</sup>	1,56	1,43	1,08	1,00
Capacidade de campo	1/3 ATM	7,59	9,82	19,55	21,95
Água disponível	ATM	1,58	2,16	3,82	1,92
Ponto de murcha permanente	15 ATM	6,01	7,66	15,73	20,03
Classificação textural	---	Areia	Areia	Areia	Areia franca

O carvão vegetal foi adquirido de um agricultor familiar, preparado de forma tradicional (por queima), sendo utilizada a madeira de algaroba como matéria-prima.

As mudas de maracujazeiro-amarelo foram produzidas em recipientes plásticos (tubetes cônicos), com capacidade para armazenar 280 cm<sup>3</sup> de solo, apostos em estruturas rígidas medindo 0,6 m × 0,4 m, e capacidade para 56 tubetes.

Foram semeadas duas sementes de maracujazeiro-amarelo por recipiente, procedendo-se o desbaste de uma plântula cerca de dez dias após a emergência. As dotações hídricas foram efetuadas com uma frequência média de dois dias.

As taxas de crescimento absoluto e relativo em altura, em diâmetro caulinar e em fitomassa fresca epígea foram estimadas conforme Benincasa (2003). Para isso, foram realizadas mensurações das alturas das plantas no dia do desbaste das plântulas e ao final do experimento, 59 dias após a emergência, com auxílio de régua graduada, do coleto até à inserção das últimas folhas. E com o auxílio de um paquímetro digital, modelo Stainless Hardened® foram aferidos os diâmetros caulinares, nos mesmos períodos supracitados para a altura.

A área foliar foi estimada conforme a Equação (1), com fator de correção (0,75) conforme proposto por Freire e Nascimento (2018):

$$AF = C \times L \times FC \quad (1)$$

em que *AF* é a área foliar, em cm<sup>2</sup>; *C* é o comprimento foliar, em cm; *L* é a largura foliar, dado em cm; *FC* é o fator de correção.

O número de folhas foi obtido por meio da contagem de todas as folhas de cada planta e a relação altura diâmetro caulinar através da relação entre ambas.

Ao final do experimento, foi realizado o destaque das partes vegetativas das plantas para obtenção da fitomassa seca das folhas, caule, raiz e total, por meio de pesagem em balança semianalítica, após período de secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas.

A relação altura e diâmetro caulinar foi feito com base na divisão absoluta dos valores dessas variáveis de crescimento.

As partições de biomassa seca nos diferentes órgãos da planta foram quantificadas por meio dos procedimentos de Benincasa (2003).

O índice de qualidade de Dickson foi calculado com base na metodologia de Dickson, Leaf e Hosner (1960), conforme disposto na Equação (2):

$$IQD = FMST / (RAD + RPAR) \quad (2)$$

em que o *IQD* é o Índice de Qualidade de Dickson; *FMST* é a fitomassa seca total (g.planta<sup>-1</sup>); *RAD* é a relação altura/diâmetro das cultivares; *RPAR* é a relação da fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca da raiz (g.planta<sup>-1</sup>).

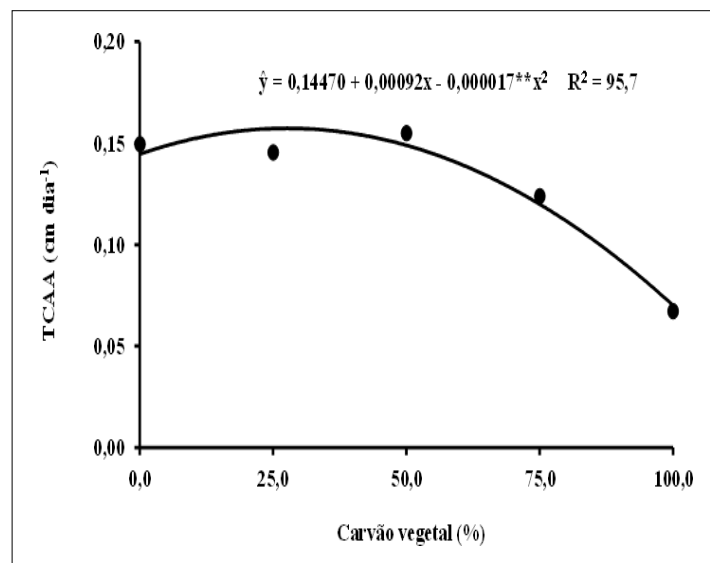
Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão linear e quadrática, utilizando o software estatístico Sisvar 5.6<sup>®</sup> (FERREIRA *et al.*, 2007).

#### 4 Resultados e discussão

A taxa de crescimento absoluto em altura respondeu, de forma quadrática, aos diferentes percentuais avaliados, com valor máximo estimado de 0,16 cm.dia<sup>-1</sup> para a concentração de 27,06% do insumo utilizado, conforme se observa na Figura 1.

**Figura 1** ►

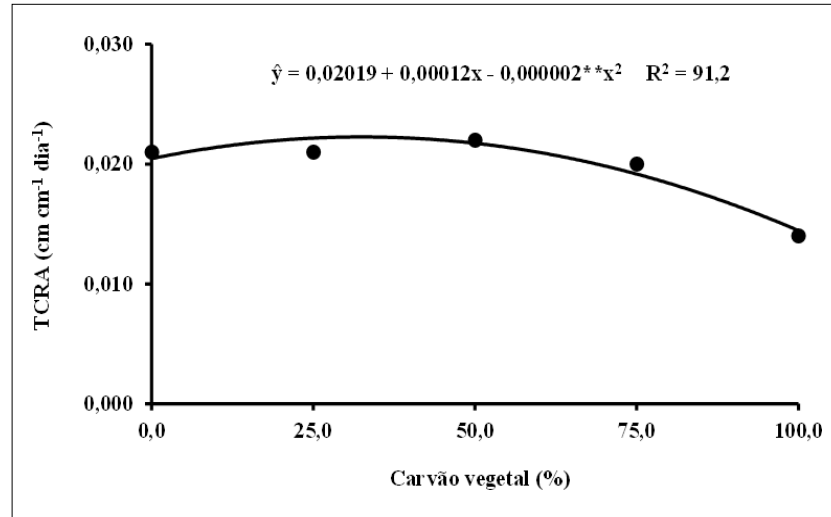
Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAA) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato. Fonte: dados da pesquisa



Para a taxa de crescimento relativo em altura (Figura 2), o maior e menor valores observados com uso das diferentes proporções foram de 0,022 cm cm<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e 0,012 cm.cm<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> com uso de 30,0% e 100,0% de carvão, respectivamente.

**Figura 2** ▶

Taxa de crescimento relativo em altura (TCAA) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
*Fonte: dados da pesquisa*



Para esses resultados, levando-se em consideração a baixa eficiência do carvão como fonte exclusiva de substrato (100,0%), é bem provável que o baixo conteúdo de nutrientes no insumo orgânico tenha limitado o crescimento inicial da espécie cultivada.

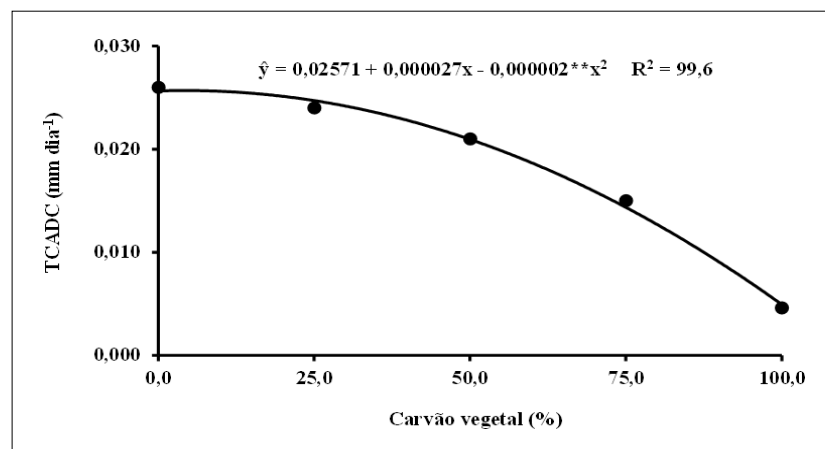
Conforme Rawat, Saxena e Sanwel (2018), quando adicionados ao solo por meio de fontes externas, os elementos minerais são convertidos a formas solúveis, as quais são posteriormente absorvidas pelas plantas. Porém, destes, apenas uma pequena parcela é aproveitada pelas espécies, enquanto a outra parte é perdida por percolação ou transformada em formas insolúveis, as quais, não são absorvidas pelas plantas.

Ademais, possivelmente as melhores características físicas e químicas, contidas nos substratos com 25 e 50% de carvão (Tabelas 1 e 2), tenham favorecido as mudas de maracujazeiro- amarelo, conforme resultados apresentados nas Figuras 1 e 2.

A taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (Figura 3) atingiu valores médios inferiores a 0,022 mm.dia<sup>-1</sup> a partir da proporção de 50,0% de carvão vegetal no substrato. O maior valor estimado foi de 0,026 mm.dia<sup>-1</sup>, observado nos tratamentos contendo 6,7% de carvão vegetal.

**Figura 3** ▶

Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCADC) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
*Fonte: dados da pesquisa*

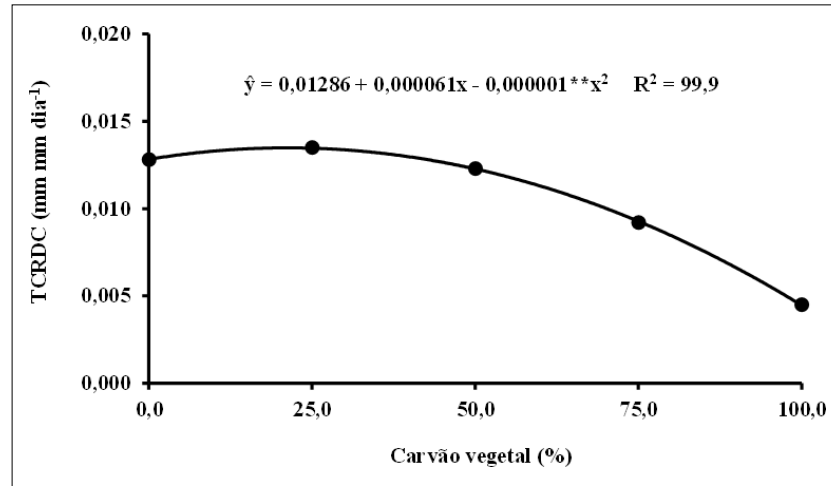




A taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (Figura 4) apresentou comportamento similar ao do observado na variável anterior, com decréscimo do valor após incremento dos percentuais de carvão vegetal no substrato, com valores médios respectivos de 0,013; 0,014; 0,013; 0,012 e 0,08 mm.mm<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> com uso de 0,0%; 25,0%; 50,0%; 75,0% e 100,0% de carvão vegetal no substrato.

**Figura 4** ▶

Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRDC) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa



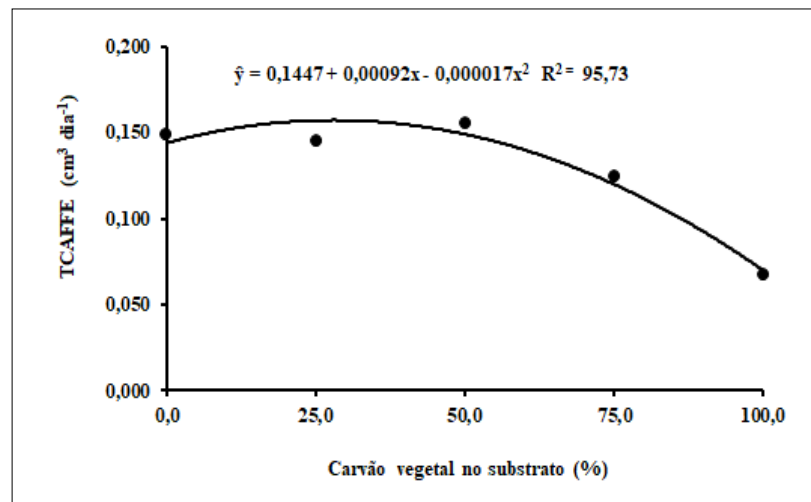
Glaser e Lehr (2019) argumentam que entre os fatores responsáveis pela composição do biocarvão, a matéria-prima é considerada uma das mais importantes, pois está diretamente relacionada com a qualidade do produto final. Tal condição, pode ser responsável pela maior ou menor disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Na literatura, autores como Zoghi *et al.* (2019) também encontraram respostas significativas e positivas para a variável diâmetro caulinar de mudas de *Quercus castaneifolia* CAM sobre uso de biocarvão no substrato.

No que concerne a taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (Figura 5), houve incremento desta variável até a concentração de 27,06% (0,16 cm<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>), quando a partir daí, verificou-se uma tendência de redução, com depleção de 6,2%; 25,0% e 58,1% para os respectivos percentuais 50,0%; 75,0% e 100,0% de carvão no substrato.

**Figura 5** ▶

Taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) em mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa



Isso pode estar relacionado à baixa disponibilidade de nitrogênio, resultante do tipo de material utilizado na preparação do biocarvão (madeira de algaroba) que certamente limitou a absorção e o acúmulo deste elemento na planta (BLOK *et al.*, 2017)

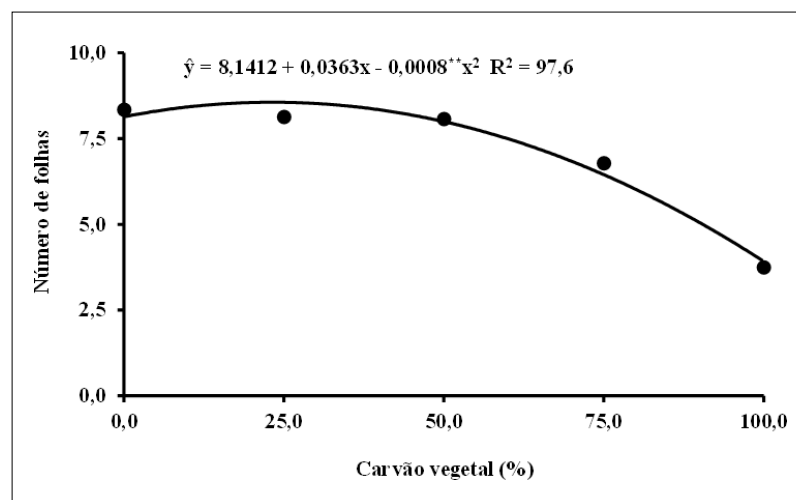
De acordo com Lima *et al.* (2016), o nitrogênio é considerado um elemento mineral que participa ativamente do crescimento celular, formação de proteínas e no metabolismo fotossintético das plantas e sua deficiência pode retardar o crescimento vegetativo da espécie cultivada, resultando em baixos teores de matéria seca nos diferentes compartimentos da planta.

O número de folhas (Figura 6) das mudas de maracujazeiro-amarelo foi afetado estatisticamente, de forma quadrática, pelo percentual do insumo utilizado, com valores médios estimados de 8,1 (0,0%), 8,5 (25,0%), 8,0 (50,0%), 6,4 (75,0%) e 3,9 (100,0%), com decréscimo de 51,9% no número de folhas entre as mudas da testemunha e as produzidas com uso somente do insumo orgânico.

**Figura 6** ►

Número de folhas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



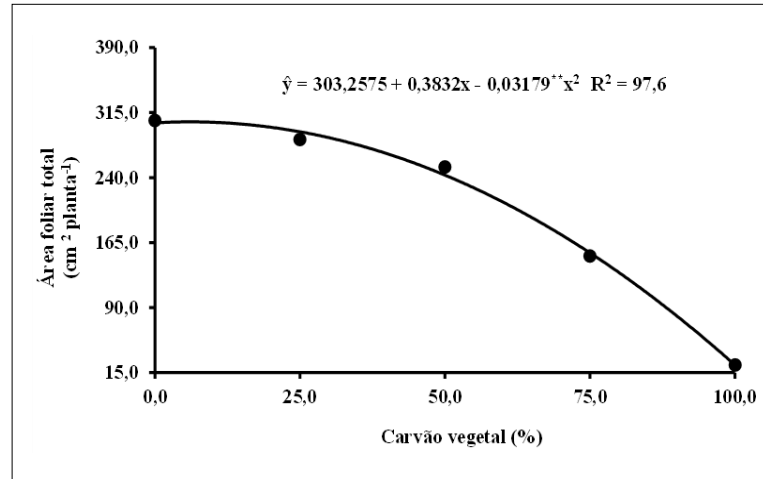
Com a concentração máxima de 23,0% de carvão vegetal no substrato, obteve-se o maior número de folhas (8,6) das mudas de maracujazeiro- amarelo.

O maior número de folhas observado com uso de 23,0% de biocarvão na composição do substrato, possivelmente decorra dos mesmos efeitos positivos observados após o uso de substâncias húmicas, em razão da redução do dispêndio de energia da planta, com o carregamento de mais nutrientes para o crescimento foliar das mudas de maracujazeiro-amarelo, conforme observado por Petter e Madari (2012) em mudas de alfaces com uso de até 60,0% de carvão vegetal no substrato.

A área foliar das mudas de maracujazeiro, da mesma forma que o número de folhas, sofreu influência quadrática da elevação do percentual de carvão vegetal, de 0,0% até 100,0%, na composição do substrato. Os valores médios estimados decresceram de 303,3 cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup> a 23,7 cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>, com o aumento de carvão vegetal no substrato de 0,0% a 100,0%, respectivamente (Figura 7).

**Figura 7** ▶

Área foliar total de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
*Fonte: dados da pesquisa*

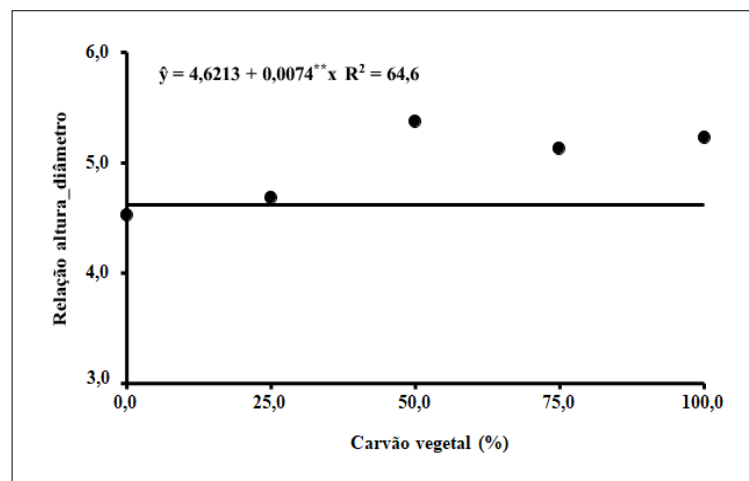


O maior valor médio estimado de área foliar (304,4 cm².planta<sup>-1</sup>) foi observado com a concentração de 6,0% de carvão vegetal, concordando com os achados de Ichwani, Mapegau e Marlina (2020) que também verificaram incrementos positivos sobre a área foliar em plantas de milho por meio do uso de diferentes doses de biocarvão. Os autores atribuíram a este incremento, os teores de fósforo e potássio absorvidos pela planta, que certamente contribuíram para melhor desempenho da espécie sob uso deste insumo orgânico.

A relação altura e diâmetro caulinar foi influenciada linearmente pelas concentrações de carvão vegetal, com acréscimo de 16,0% para as mudas de maracujazeiro-amarelo produzidas com 100,0% de carvão vegetal em comparação ao tratamento testemunha (0,0% de carvão) (Figura 8), demonstrando o potencial agrônomo do insumo sobre os atributos de crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo, podendo ser utilizado dentro dos sistemas de produção. Os valores médios foram aumentados de 4,62 a 5,36.

**Figura 8** ▶

Relação altura e diâmetro caulinar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
*Fonte: dados da pesquisa*



Esse incremento na relação altura/diâmetro caulinar possivelmente está relacionado com a maior disponibilidade de água nos substratos proporcionados pelo uso do carvão vegetal. Esses resultados sugerem que, sob estas condições, as plantas de maracujazeiro-

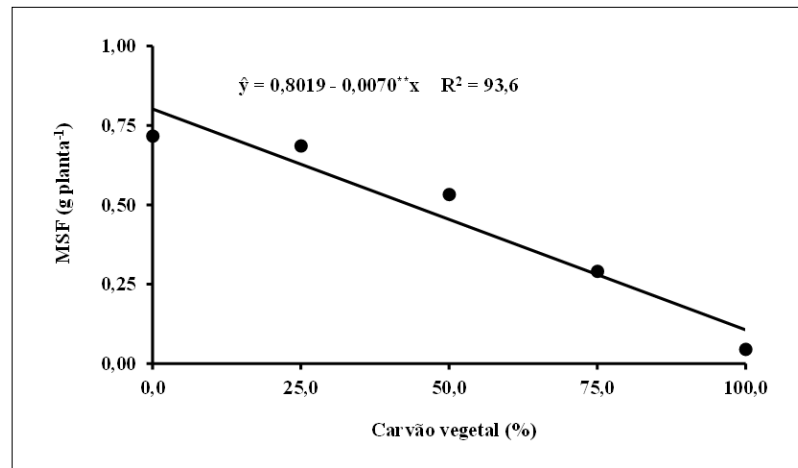
amarelo foram mais estimuladas a crescer verticalmente em relação ao diâmetro caulinar, o que certamente influenciará na antecipação da ida da muda para o campo.

Dutra *et al.* (2012) argumentam que quando há maior disponibilidade de água no substrato, a planta tende a apresentar esse comportamento em decorrência das mudanças hormonais que influenciam na morfologia e fisiologia da espécie cultivada.

Diferentemente da relação altura/diâmetro caulinar, a massa seca foliar das mudas de maracujazeiro-amarelo foi afetada negativamente pelo uso exclusivo do biocarvão como fonte de substrato. Os valores médios, conforme a Figura 9, foram reduzidos de 0,63 g.planta<sup>-1</sup> a 0,10 g.planta<sup>-1</sup>, com uma depleção de 84,1% entre o tratamento testemunha e a máxima concentração de carvão testada (100,0%).

**Figura 9** ►

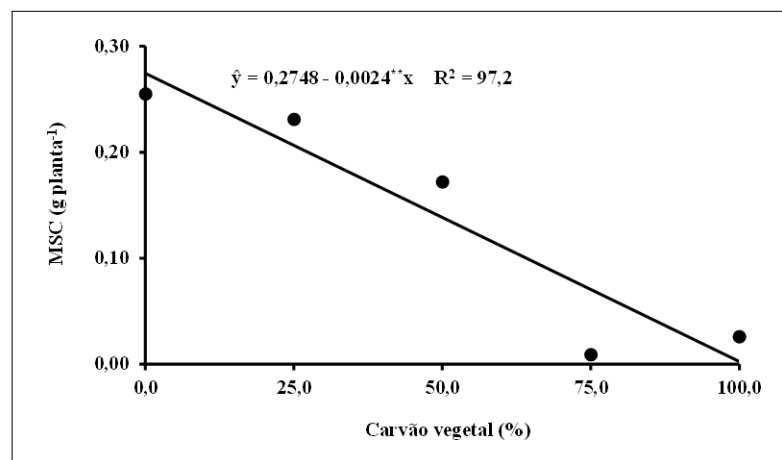
Massa seca foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentuais de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa



A massa seca caulinar também sofreu os efeitos negativos do incremento dos percentuais de carvão no substrato com decréscimo de 87,3% na maior proporção estudada (100,0%). Os valores médios estimados foram de 0,27; 0,21; 0,15; 0,09 e 0,03 g.planta<sup>-1</sup> para os respectivos tratamentos 0,0%; 25,0%; 50,0%; 75,0% e 100,0% do biocarvão (Figura 10).

**Figura 10** ►

Massa seca caulinar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa

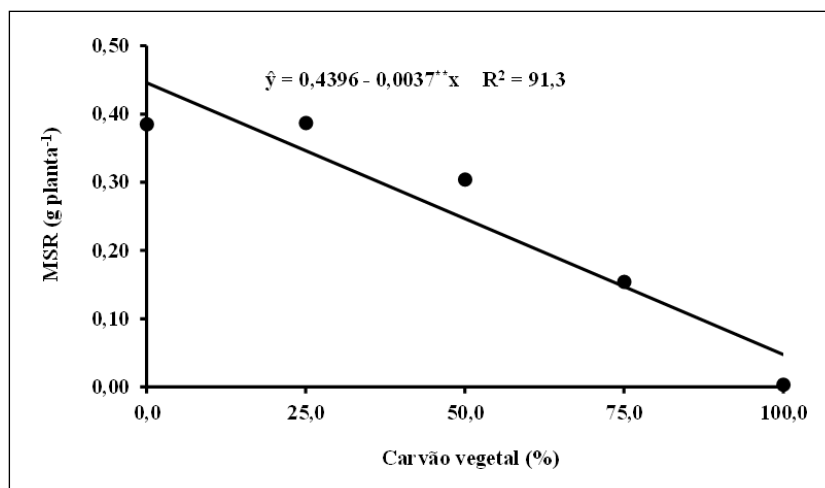


Conforme observado na Figura 11, a utilização do biocarvão como componente do substrato não favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular de mudas de maracujazeiro-amarelo, sendo observado uma redução da produção de biomassa seca com o incremento dos percentuais de carvão no substrato. Os valores foram reduzidos de 0,44 g.planta<sup>-1</sup> a 0,07 g.planta<sup>-1</sup> entre os tratamentos de 0,0 e 100,0% de carvão vegetal.

**Figura 11** ►

Massa seca radicular de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



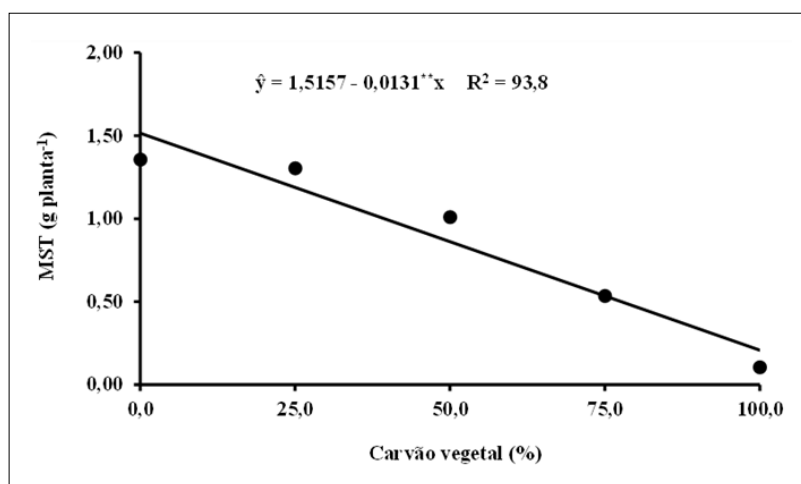
Como consequência do observado nos diferentes órgãos das plantas (Figuras 9, 10 e 11), a produção de biomassa seca total das mudas de maracujazeiro-amarelo foi diminuída com o incremento dos percentuais de carvão no substrato.

Sem o uso do insumo, as mudas de maracujazeiro-amarelo apresentaram valores médios de massa seca total de 1,52 g.planta<sup>-1</sup>, portanto, superior em 623,8% aos 0,21 g.planta<sup>-1</sup> observados nos tratamentos com 100% de carvão vegetal (Figura 12).

**Figura 12** ►

Massa seca total de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



Para estes resultados, é bem provável que o baixo conteúdo de nutrientes no substrato (Tabela 1) tenha limitado a maior produção de biomassa nos diferentes compartimentos da planta, resultando no baixo desempenho produtivo do maracujazeiro-amarelo.

Uma outra explicação para obtenção desses valores, possivelmente esteja relacionada com o elevado pH da solução (Tabela 1) e do excesso de sais solúveis no meio, acarretando mudanças no potencial osmótico e desbalanço nutricional (DIAS; BLANCO, 2010).

De acordo com afirmações apresentadas por Barros, Freire e Silva (2019), sob estas condições de estresse, as plantas podem inibir a atividade fotossintética, provocando alterações na atividade enzimática que, conseqüentemente, afetará a síntese de proteínas, produção de carboidratos e hormônios de crescimento, resultando em diminuição do crescimento e potencial produtivo da cultivar.

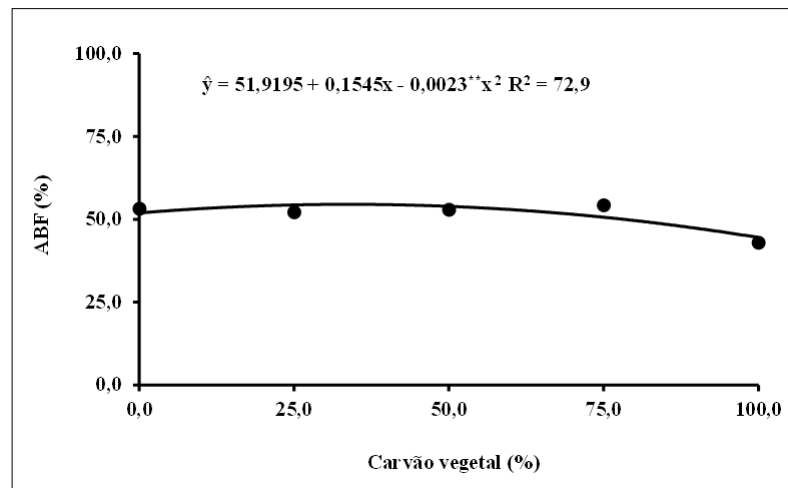
Esses resultados foram semelhantes aos apresentados por Petter *et al.* (2012), trabalhando com diferentes concentrações de carvão na composição do substrato para produção de mudas de eucalipto, mas divergiram dos resultados encontrados por Souchie *et al.* (2011) trabalhando com mudas de *Tachigali vulgaris* L.

O aumento da concentração de carvão proporcionou uma resposta quadrática sobre a alocação de biomassa foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo, com valor máximo estimado de 54,51% sob uso de 33,6% de biocarvão no substrato, conforme se observa na Figura 13.

**Figura 13** ►

Alocação de biomassa foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



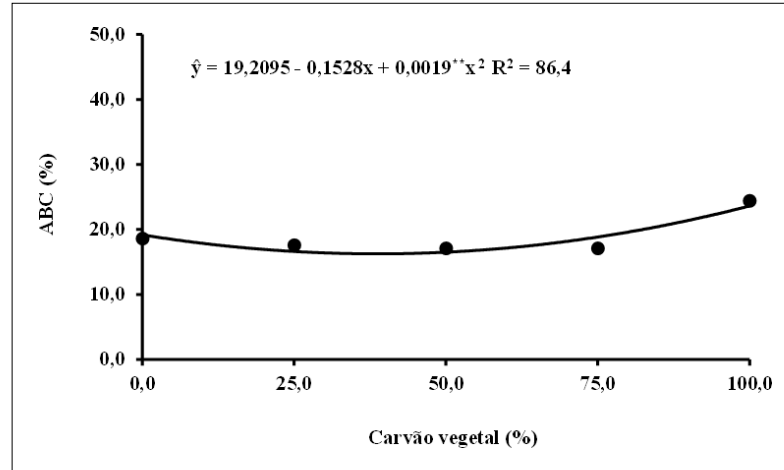
Com relação à alocação de biomassa foliar, é importante frisar que, apesar da maior concentração ter sido observada sobre uso do substrato com 36,6% de carvão, não se verificou tanta variação nos resultados para os demais percentuais avaliados, o que implica afirmar que o incremento nos percentuais de carvão vegetal não afetou negativamente a capacidade de alocação de biomassa foliar das mudas de maracujazeiro-amarelo.

A alocação de biomassa caulinar respondeu positivamente à aplicação da maior concentração testada (100,0%), chegando a atingir valores máximos de até 22,93% em comparação à testemunha (19,21%) (Figura 14), acenando para uma maior necessidade da planta em alocar biomassa no caule sob uso de maior percentual de carvão. Essa resposta da planta à maior concentração, possivelmente esteja relacionada com os mecanismos de adaptação do cultivar à condição imposta.

Figura 14 –

**Figura 14** ►

Alocação de biomassa caulinar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa

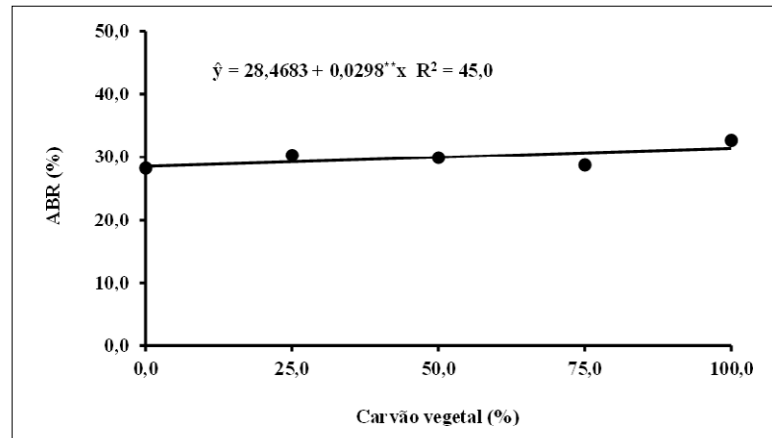


De acordo com Petter *et al.* (2012), respostas positivas da planta à aplicação de biocarvão podem estar relacionadas com o menor gasto de energia das plantas na absorção de determinados elementos minerais.

A alocação de biomassa seca radicular foi aumentada linearmente pelo incremento dos percentuais de biocarvão no substrato. Os valores médios oscilaram de 28,47% a 31,45% entre os tratamentos 0,0% a 100,0% de carvão, respectivamente (Figura 15).

**Figura 15** ►

Alocação de biomassa radicular de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.  
Fonte: dados da pesquisa



De acordo com Barros, Freire e Silva (2019), a avaliação de parâmetros relacionados a produção de biomassa seca nas raízes é fundamental para a determinação do estado fisiológico das plantas, pois está diretamente relacionado com a capacidade de suporte da planta em condições de campo, uma vez que um sistema radicular bem desenvolvido poderá proporcionar melhores condições de suprimento de demanda de água e nutrientes, principalmente nas primeiras semanas, quando as condições adversas podem comprometer sua sobrevivência.

A qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo foi afetada negativamente pelo aumento dos percentuais de biocarvão no substrato.

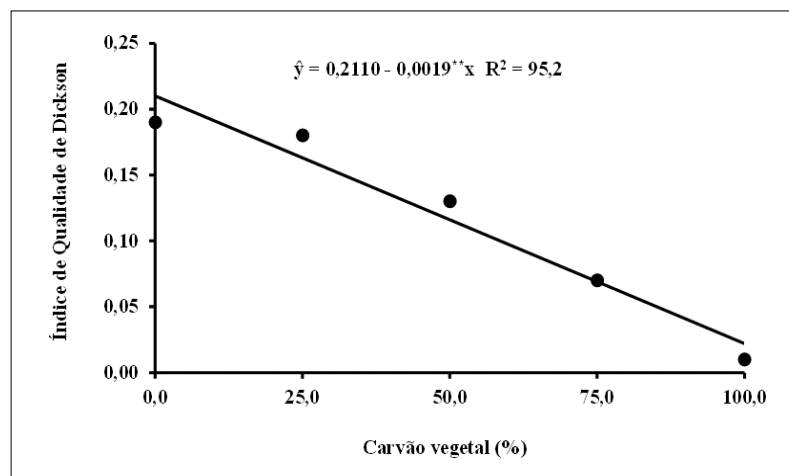
Conforme observado na Figura 16, a maior concentração de carvão vegetal proporcionou às mudas de maracujazeiro-amarelo valor médio de IQD de 0,02 inferior em 90,5% ao do observado no tratamento testemunha (0,21). Para esta pesquisa, mudas

de melhor qualidade foram produzidas até à utilização de 5,8% de carvão vegetal no substrato.

**Figura 16** ►

Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de diferentes percentagens de carvão vegetal no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



Apesar do uso do biocarvão ter proporcionado melhorias a alguns dos atributos de crescimento e produção de biomassa sobre as mudas de maracujazeiro-amarelo, para esta pesquisa, a sua utilização a partir de 5,8% não proporcionou uma qualidade de muda satisfatória ao estabelecimento da espécie no campo, uma vez que, segundo os resultados apresentados na Figura 16, as melhores qualidades de mudas foram produzidas sem a utilização do biocarvão (0,20), conforme padrão ideal apresentado por Hunt (1990).

## 5 Conclusão

Os atributos de crescimento inicial das mudas de maracujazeiro-amarelo (número de folhas, taxa de crescimento absoluto e relativo em altura, taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea) são prejudicados com cerca de 25,0% de carvão vegetal no substrato.

O uso de carvão vegetal no substrato até à proporção de 5,8% resulta em mudas de maracujazeiro-amarelo de boa qualidade agrônômica.

## Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós- Graduação do IFPB e ao CNPq pela concessão da Bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI.

## Referências

AKHTAR, S. S.; ANDERSEN, M. N.; LIU, F. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. **Agricultural Water Management**, v. 158, p. 61-68, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.04.010>.



BARROS, L. M. S. G.; FREIRE, J. L. O.; SILVA, A. A. D. Comportamento vegetativo do tomateiro-cereja (*Lycopersicon pimpinellifolium*) irrigado com águas salinas. **Revista Principia**, v. 44, p. 132-142, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n44p132-142>.

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

BLOK, C.; VAN DER SALM, C.; HOFLAND-ZIJLSTRA, J.; STREMINSKA, M.; EVELEENS, B.; REGELINK, I.; FRYDA, L.; VISSER, R. Biochar for horticultural rooting media improvement: evaluation of biochar from gasification and slow pyrolysis. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 1-23, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy7010006>.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4322/floram.2014.027>.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Salinidade, 2010. Cap. 9, p. 129-140.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, Mar. 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2657>.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 7-16, 2007. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/143>. Acesso em: 21 out. 2021.

FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, G. S. Produção de mudas de maracujazeiros amarelo e roxo irrigadas com águas salinas e uso de urina de vaca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 981-988, out.-dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18164>.

GLASER, B.; LEHR, V. I. Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 9, n. 9338, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45693-z>.

GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, L. F.; CAMPOS, V. B.; MESQUITA, E. F.; GONDIM, P. C. Produção e composição foliar do maracujazeiro amarelo sob lâminas de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 100-107, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1334>. Acesso em: 22 out. 2021.

GUILHERME, J. P. M. **Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em função de substratos alternativos e adubo de liberação lenta**. 2019. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019. Disponível em: <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/dissertacoes-2/2017/joao-paulo.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *In*: ROSE, R.; CAMPBELL, S. J.; LANDIS, T. D. **Target Seedling Symposium**: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. General Technical Report. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/45098>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ICHWANI, B.; MAPEGAU; MARLINA. Coconut husk biochar application on increasing growth and yield of maize plant, and improvement fertility of Ultisol dry land. **Systematic Reviews in Pharmacy**, v. 11, n. 2, p. 187-192, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5530/srp.2020.2.29>.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 144, n. 1, p. 175-187, Nov. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015>.

LIMA, G. S.; OLIVEIRA, L. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; LACERDA, C. F.; SANTOS, J. B.; ARAÚJO, B. M. Cultivation of colored cotton irrigated with saline water under potassium and nitrate/ammonium fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 32-39, Jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10540>.

LIMA, J. D.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S.; DANTAS, V. A. V.; ALMEIDA, C. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000100002>.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK, G. B.; MARIMON, B. S. Biochar as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 333-341, Sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.17542>.

PAGLIARINI, M. F. **Efeito da adubação orgânica na produção e qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*, Sims f. *flavicarpa* Degener)**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

PANWAR, N. L.; PAWAR, A.; SALVI, B. L. Comprehensive review on production and utilization of biochar. **SN Applied Sciences**, v. 1, n. 168, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0172-6>.

PEREIRA, L. R.; MARCILIO, G. S.; MOTA, F. M.; SANT'ANA, B. T.; DARDENGO, M. C. J. Qualidade de mudas do café Conilon Vitória produzidas em viveiros do sul capixaba. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 2213-2220, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3196>. Acesso em: 21 out. 2021.

PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JUNIOR, B. H.; GONÇALVES, L. G.; SCHOSSLER, T. R. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 44-51, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237125883006.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

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, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700009>.

QAMBRANI, N. A.; RAHMAN, M. M.; WON, S.; SHIM, S.; RA, C. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 255-273, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.057>.

RAWAT, J.; SAXENA, J.; SANWAL, P. Biochar: a sustainable approach for improving plant growth and soil properties. In: ABROL, V.; SHARMA, P. (ed.). **Biochar: an imperative amendment for soil and the environment**. Londres: IntechOpen, 2018. p. 1-17. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/7305>. Acesso em: 20 out. 2021.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711612017033>.

SHAREEF, T. M. E.; ZHAO, B. The fundamentals of biochar as a soil amendment tool and management in agriculture scope: an overview for farmers and gardeners. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 6, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4236/jacen.2017.61003>.

SILVA, A. P. P. **Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo em tubetes**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12243>. Acesso em: 20 out. 2021.

SILVA, E. A.; MARUYAMA, W. I.; MENDONÇA, V.; FRANCISCO, M. G. S.; BARDIVIESSO, D. M.; TOSTA, M. S. Composição de substratos e tamanho de recipientes na produção e qualidade das mudas de maracujazeiro ‘amarelo’. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 588-595, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300009>.

SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811-821, out.-dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050984526>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 574 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 30 nov. 2021.

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. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832128>.

UCHÔA, T. L. **Desempenho do maracujazeiro-amarelo em cultivo orgânico sob cobertura morta**. 2016. 66 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2016. Disponível em: <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/dissertacoes-2/2014/thays-lemos-uchoa.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.

ZOGHI, Z.; HOSSEINI, S. M.; KOUCHAKSARAEI, M. T.; KOOCH, Y.; GUIDI, L. The effect of biochar amendment on the growth, morphology and physiology of *Quercus castaneifolia* seedlings under water-deficit stress. **European Journal of Forest Research**, v. 138, p. 967-979, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832128>.