



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**



**GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOCÁRVÃO NO CRESCIMENTO,  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DO TOMATE CEREJA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**AGOSTO - 2022**

**GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOCÁRVÃO NO CRESCIMENTO,  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DO TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração:

Engenharia de Irrigação e Drenagem

Orientadores:

Prof. PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra – UAEEA/CTRN/UFPG

Prof. Dr. Josely Dantas Fernandes – CCAA/UEPB

**CAMPINA GRANDE – PB**

**AGOSTO – 2022**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- K951 Kubo, Gustavo Tomio Magalhães.  
Lâminas de irrigação e doses de biocarvão no crescimento, produção e qualidade do tomate cereja / Gustavo Tomio Magalhães Kubo. - Campina Grande, 2022.  
60 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.  
"Orientação: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, Prof. Dr. Josely Dantas Fernandes."  
Referências.
1. Tomate Cereja (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*). 2. Irrigação e Drenagem. 3. Pirólise. 4. Automação. 5. Cama de Aviário. I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho. II. Fernandes, Josely Dantas. III. Título.
- CDU 635.64(043)

**GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOCÁRVÃO NO CRESCIMENTO,  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DO TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Aprovado (a) em:** 12/08/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra - UAEEA/CTRN/UFCG

Orientador

---

Prof. Dr. Josely Dantas Fernandes – CCAA/UEPB

Orientador

---

Prof. Dra. Lucia Helena Garófalo Chaves – UAEEA/CTRN/UFCG

Membro interno

---

Prof. Dr. Jorge Alves de Sousa – UAFM/CES/UFCG

Membro externo



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

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 05 DE AGOSTO DE 2022.**

CANDIDATO(A): **GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO**

**COMISSÃO EXAMINADORA:** Hugo Orlando Carvalho Guerra - Orientador - PPGEA/CTR/UFCEG; Josely Dantas Fernandes - Orientadora - CCAA/UEPB; Lucia Helena Garofalo Chaves - Examinadora Interna - PPGEA/CTR/UFCEG; e Jorge Alves de Sousa - Examinador Externo - UAFM/CES/UFCEG (PORTARIA PPGEA - MS 13/2022)

**TÍTULO:** Lâminas de irrigação e doses de biocarvão no crescimento, produção e qualidade do tomate cereja

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Irrigação e Drenagem

**LOCAL:** presencial no auditório do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Bloco CS

**HORÁRIO:** 14h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é assinada por ROBERTO ROMAN DOS SANTOS (secretário do PPGEA) e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 16 de agosto de 2022.

Roberto Roman dos Santos - Secretário do PPGEA/UFCEG



Hugo Orlando Carvalho Guerra - Orientador - PPGEA/CTRN/UFMG

Josely Dantas Fernandes - Orientadora - CCAA/UEPB

Lucia Helena Garofalo Chaves - Examinadora Interna - PPGEA/CTRN/UFMG

Jorge Alves de Sousa - Examinador Externo - UAFM/CES/UFMG

GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO - Discente

1. Segue a presente Ata de Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) **GUSTAVO TOMIO MAGALHÃES KUBO**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.

#### AGOSTO DE 2022



Documento assinado eletronicamente por **ROBERTO ROMAN DOS SANTOS, SECRETÁRIO (A)**, em 17/08/2022, às 11:04, 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 **JORGE ALVES DE SOUSA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 17/08/2022, às 13:59, 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 DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/08/2022, às 14:50, 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 **Gustavo Tomio Magalhães Kubo, Usuário Externo**, em 18/08/2022, às 18:05, 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, Usuário Externo**, em 19/08/2022, às 09:28, 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 **Josely Dantas Fernandes, Usuário Externo**, em 19/08/2022, às 16:21, 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 **2633109** e o código CRC **3AB45638**.

Agradeço a Deus, por colocar em meus ombros apenas aquilo que posso carregar, e por permitir a minha chegada até aqui.

Dedico

*“O educador se eterniza em cada ser que educa”*

*(Paulo Freire)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida.

Aos meus pais, Luciene Magalhães Moreira Kubo e Yoshihiro Kubo, pelo incentivo e toda dedicação.

À minha esposa Lívia de Almeida Rocha, pelo companheirismo e paciência.

À Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, pela oportunidade de realizar este curso, e a todos os professores do programa pelos ensinamentos os quais levarei para toda a vida.

À Coordenadora da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Josivanda Palmeiras Gomes e ao Representante Técnico Administrativo, Roberto Roman dos Santos, pelas assistências, paciência e dedicação em seus cargos.

Ao meu orientador, Dr, Hugo Orlando Carvallo Guerra, pelos ensinamentos, orientações e disponibilidade sem igual, sempre me encaminhando para o sucesso deste trabalho.

Ao primo Gabriel Villanova Novaes Magalhães, pela grande ajuda no desenvolvimento da automação e programação do sistema de irrigação.

Ao amigo Josely Dantas Fernandes, pelo tempo dedicado, ensinamentos e ajuda no desenvolvimento deste estudo.

Expresso os meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iii
<b>RESUMO.</b> ....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1. Geral.....	2
2.2. Específicos .....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
3.1. Aspectos gerais da cultura .....	3
3.2. Aspectos econômicos.....	4
3.3. Deficiência hídrica no tomateiro.....	5
3.4. Necessidades nutricionais do tomateiro.....	7
3.5. Biocarvão .....	9
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
4.1. Localização da pesquisa.....	11
4.2. Tratamentos e desenho experimental.....	13
4.3. Controle da irrigação .....	14
4.4. Classificação do solo e características físico-químicas .....	16
4.5. Produção de mudas e transplântio .....	17
4.6. Instalação do experimento .....	18
4.6.1. Irrigação.....	18
4.6.2. Biocarvão.....	19
4.6.3. Adubação nitrogenada .....	20
4.6.4. Tratos culturais .....	21

4.6.5.	Variáveis analisadas .....	21
4.6.6.	Variáveis de crescimento.....	21
4.6.7.	Fitomassa.....	22
4.6.8.	Variáveis de produção e qualidade do fruto .....	22
4.6.9.	Análise estatística .....	23
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.</b>	<b>Variáveis de crescimento da planta.....</b>	<b>24</b>
5.1.1.	Altura de planta .....	24
5.1.2.	Diâmetro caulinar .....	29
5.1.3.	Número de folhas .....	33
5.1.4.	Área foliar.....	35
5.1.5.	Fitomassa.....	38
<b>6.</b>	<b>Variáveis de produção e qualidade dos frutos do tomateiro .....</b>	<b>41</b>
6.1.	Produção total de frutos (PTF).....	42
6.2.	Número total de frutos (NTF).....	43
6.3.	Diâmetro polar do fruto (DPO).....	44
6.4.	Diâmetro equatorial do fruto (DEQ).....	45
6.5.	Teor de sólidos solúveis totais (°Brix).....	46
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Local da experimentação (casa de vegetação - UFCG) .....	11
<b>Figura 2</b> - Sensores de temperatura e umidade DHT 11. ....	12
<b>Figura 3</b> – Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima durante a condução do experimento. ....	12
<b>Figura 4</b> - Valores máximos e mínimos de umidade relativa do ar em relação aos dias do ano durante a condução do experimento. ....	13
<b>Figura 5</b> - Disposição dos tratamentos e equipamentos dentro da área de experimentação, aplicado o delineamento proposto. ....	14
<b>Figura 6</b> - Sensor de umidade do solo com haste de 10 cm, inserido no solo. ....	15
<b>Figura 7</b> - Preparativos para a determinação da leitura do sensor de umidade na capacidade de campo nos tratamentos. ....	15
<b>Figura 8</b> -Valores de umidade do solo em (%) capturados pelos sensores de cada tratamento. ....	16
<b>Figura 9</b> - Gotejadores inseridos na extremidade do tubo gotejador. ....	18
<b>Figura 10</b> - Bomba elétrica de máquina de lavar roupas adaptada para irrigação por gotejamento (A); Central controladora (B). ....	19
<b>Figura 11</b> - Disposição do biocarvão (em preto) no vaso. ....	20
<b>Figura 12</b> - Altura da planta em função das lâminas de irrigação aos 47 (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D) e 107 (E) dias após a germinação. ....	25
<b>Figura 13</b> - Altura da planta em função das doses de biocarvão aos 47 (A) e 59 (B) dias após a germinação. ....	27
<b>Figura 14</b> -Desdobramento das lâminas de irrigação e níveis de biocarvão para altura da planta aos 59 (A) e 120 (B) dias após a germinação. ....	28
<b>Figura 15</b> - Diâmetro caulinar em função das lâminas de irrigação aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação. ....	30
<b>Figura 16</b> - Diâmetro caulinar em função do efeito isolado das doses de biocarvão aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação. ....	32
<b>Figura 17</b> - Número de folhas em função do efeito isolado de lâminas de irrigação aos 59 (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação. ....	34
<b>Figura 18</b> - Efeito da variação de lâminas de irrigação na variável área foliar (AF) do tomate cereja. Colocar na abcissa (% da capacidade de campo) .....	36

<b>Figura 19</b> - Efeito das de lâminas de irrigação (A e B) e doses de biocarvão (C e D) em relação à fitomassa fresca e seca da parte aérea do tomateiro tipo cereja 120 dias após a germinação. ....	39
<b>Figura 20</b> - Produção total de frutos em relação à variação de lâminas de irrigação de forma isolada.....	42
<b>Figura 21</b> - Número total de frutos em função das lâminas de irrigação de forma isolada. ...	43
<b>Figura 22</b> - Diâmetro polar dos frutos de tomate cereja em relação ao efeito isolado das lâminas de irrigação. ....	44
<b>Figura 23</b> - Diâmetro equatorial dos frutos de tomate cereja em relação ao efeito isolado das lâminas de irrigação. ....	45
<b>Figura 24</b> - Efeitos das diferentes lâminas de irrigação (A) e doses de biocarvão (B) no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) nos frutos do tomate cereja. ....	47

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Análise físico-química do solo (Argissolo acinzentado distrófico). .....	17
<b>Tabela 2</b> - Caracterização química do biocarvão de cama de aviário. ....	19
<b>Tabela 3</b> - Resumo das análises de variância para a variável altura de planta em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação. ....	24
<b>Tabela 4</b> - Resumo das análises de variância para a variável diâmetro caulinar (DC) em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão. ....	29
<b>Tabela 5</b> - Resumo das análises de variância para a variável número de folhas em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.....	33
<b>Tabela 6</b> - Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão. ....	36
<b>Tabela 7</b> - Resumo da análise de variância para fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão. ....	38
<b>Tabela 8</b> - Resumo da análise de variância para produção total de frutos (PTF), número total de frutos (NTF), diâmetro polar (DPO), diâmetro equatorial (DEQ) e teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em função dos diferentes tratamentos. ....	41

## LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOCARVÃO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO TOMATE CEREJA

**RESUMO:** O cultivo do tomateiro cereja (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme), vem se tornando uma opção muito rentável devido ao seu elevado valor agregado, tratos culturais simplificados, boa rusticidade, resistência a diversas pragas e doenças, alto valor de mercado e aceitação pelos consumidores. Para se alcançar um rendimento satisfatório e consequente retorno econômico, torna-se de grande importância a aplicação de tecnologias de produção, podendo ser destacados a irrigação, o cultivo em ambiente protegido e, ultimamente, o uso de condicionadores para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Objetivou-se, assim, com o presente estudo, avaliar a variação de lâminas de irrigação e o uso do biocarvão de cama de aviário no crescimento, produção e qualidade do tomate cereja vermelho cultivar “Carolina” em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente a UAEA/CTRN da Universidade Federal de Campina Grande, no período de julho a novembro de 2021. Os fatores estudados foram quatro lâminas de irrigação (70, 80, 90 e 100% da capacidade de campo) e quatro doses de biocarvão de cama de aviário (0, 4, 8 e 12 t.ha<sup>-1</sup>). Para o controle da umidade do solo e manejo da irrigação, foram utilizados quatro sensores (higrômetros) instalados no solo (Argissolo acinzentado distrófico). Avaliaram-se aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação as variáveis de crescimento do tomateiro cereja, e semanalmente as variáveis de produção e qualidade, sendo os dados submetidos à análise de variância e regressão. O método estatístico adotado na presente pesquisa foi o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 com três repetições, em parcelas subdivididas. Com exceção do °Brix que diminuiu com a irrigação, crescimento, área foliar, fitomassa, e variáveis de produção e qualidade, do tomateiro foram influenciados de forma positiva pela variação de lâminas de irrigação, sendo a melhor resposta quando utilizado a lâmina de 100% da capacidade de campo. Em relação ao biocarvão, houve efeito significativo para o diâmetro caulinar, fitomassa fresca e seca da parte aérea e para o teor de °Brix, sendo a dose de 12 t.ha<sup>-1</sup> a melhor resposta para o diâmetro caulinar e fitomassa fresca e seca da parte aérea e 8 t.ha<sup>-1</sup> para o teor de °Brix. Com exceção da altura e diâmetro caulinar aos 71 e 120 DAG, respectivamente, não houve efeito significativo da interação lâminas de irrigação e doses de biocarvão em nenhuma variável. Conclui-se que a utilização de lâmina de irrigação próxima a capacidade de campo e o uso do biocarvão como reaproveitamento da biomassa e substituição parcial dos fertilizantes minerais, pode ser recomendado para a produção do tomate cereja em ambientes semiprotégidos.

**PALAVRAS - CHAVE:** *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme, pirólise, automação, cama de aviário.

## IRRIGATION LEVELS AND BIOCHAR DOSES ON THE GROWTH, PRODUCTION AND QUALITY OF CHERRY TOMATO

**ABSTRACT:** The cultivation of the cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) is increasing in due to its sustainability, rational water use, management more simplified, rusticity, resistance to pests and diseases, high consumer acceptance and market demand. To reach satisfactory yields and economic returns is necessary to apply production technologies such as the production of tomato in semi-protected environments, irrigation and using soil conditioners to meliorate soil physical, chemical, and biological characteristics. Thus, the objective of the present work was to study the effect of the irrigation and poultry litter biochar on the growth and production of the cherry tomato, Carolina cultivar, growing in a semi-protected environment. The experiment was conducted in a semi-protected greenhouse of the UAEA/CTRN, Federal University of Campina Grande during the period of July to November of 2021. The factors studied were four levels of irrigation (70, 80, 90 e 100% of the soil field capacity) and four doses of poultry litter biochar (0, 4, 8 e 12 t.ha<sup>-1</sup>). To control the soil water content and the irrigation management four sensors (hygrometers) inserted in the soil (Dystrophic grey Argisol) were used. The growth variables were evaluated at 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 and 120 days after the germination and weekly for the production and quality of the fruits. The statistical design used was a 4 x4 factorial entirely casualized with sub-divided parcels and three replicates. With the exception of °Brix, which decreased with irrigation, growth, leaf area, phytomass, and production and quality variables of tomato plants were positively influenced by the variation of irrigation depths, with the best response when using the irrigation depth than 100% of field capacity. Regarding the biochar, there was a significant effect for the stem diameter, fresh and dry phytomass of the shoot and for the °Brix content, with the dose of 12 t.ha<sup>-1</sup> being the best response for the stem diameter and fresh and dry phytomass. shoot and 8 t.ha<sup>-1</sup> for °Brix content.. Except for plant height and the stem diameter at 71 and 120 DAG, respectively, there was not statistical significance of the irrigation and biochar doses interaction on the growth and production variables. The results obtained under the conditions the study was conducted, allow to conclude that the use of the irrigation level corresponding to the soil field capacity and the poultry litter biochar to reuse of the biomass and for a partial substitution of mineral fertilization can be recommended for the cherry tomato cultivated in semi protected environments.

**KEY WORDS:** *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme, pyrolysis, automation, poultry litter.



## 1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças tem grande importância social e econômica no mundo inteiro, sendo uma atividade que produz alimento, gera emprego e renda para as populações, fortalecendo a agricultura, reduzindo o êxodo rural e possibilitando o maior desenvolvimento das regiões produtoras. O tomate (*Solanum lycopersicum* L.), que classificado como fruto, é estudado dentro do grupo das hortaliças por fazer parte da dieta humana, e segundo Barros *et al.* (2014), se destaca tanto no ponto de vista social e econômico, pelo volume produzido e comercializado, como pela geração de emprego.

O cultivo do tomateiro tipo cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* Cerasiforme) vem se tornando para muitos produtores uma opção rentável de cultivo, devido ao seu elevado valor agregado e tratos culturais mais simplificados, destacando-se ainda, boa rusticidade, resistência a diversas pragas e doenças, alto valor de mercado e aceitação pelos consumidores (LUCINI *et al.*, 2016; ZANIN *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2019). Aliado a essas vantagens, pode ser cultivado em pequenas áreas e devido ao maior tempo de prateleira dos frutos, que podem chegar aos 18 dias após a colheita, proporcionando ótimo retorno econômico.

Para se alcançar um rendimento satisfatório e consequente retorno econômico no cultivo do tomate cereja, torna-se de grande importância a aplicação de tecnologias de produção, podendo ser destacados a irrigação e o cultivo em ambiente protegido (SILVA *et al.*, 2013). Nesse contexto, a utilização de métodos de irrigação como a localizada, são bastante usuais em ambientes protegidos, principalmente em culturas sensíveis ao estresse hídrico e ao excesso de umidade, como é o caso do tomateiro (SANTANA *et al.*, 2010; SOARES *et al.*, 2013). O cultivo em ambiente protegido proporciona uma melhor adaptação das plantas, principalmente em regiões com fatores climáticos adversos, contribuindo na mitigação dos riscos no cultivo do tomateiro, possibilitando a produção de frutos de qualidade em períodos desfavoráveis à condução da cultura em condições de campo (ALVARENGA, 2013).

Outra tecnologia relativamente nova é a utilização de condicionadores na melhoria da parte física, química e biológica do solo. A vista disso, a utilização do biocarvão como condicionador incorporado ao solo vem sendo amplamente estudado, visto que suas propriedades físico-químicas favorecem a retenção de água, complementam a fertilidade e favorecem o meio ambiente pelo aproveitamento da sua biomassa. Segundo Mendes (2020), o biocarvão é a transformação da biomassa quando submetida à decomposição, degradação ou

modificação da composição por meio da ação do calor (pirólise) de forma rápida ou lenta e na presença de pouco ou ausência de oxigênio, possuindo entre outras vantagens a disponibilização de nutrientes (macro e micronutrientes). Segundo Sohi et al. (2010), o biocarvão pode resultar em economia de água, pois esse material possui poros relativamente fixos, otimizando a retenção da umidade principalmente em solos de textura arenosa. Tryon (1948) *apud* Glaser, Lehmann e Zech (2002), encontraram um valor de 18% no aumento da umidade do solo incorporado com biocarvão, sendo essa porcentagem em solo arenoso, não obtendo variação da umidade em solos de textura média e argiloso, explicando tal efeito devido à hidrofobicidade do biocarvão.

Portanto, em virtude das circunstâncias colocadas acima, o estudo da variação das lâminas de irrigação e a aplicação de biocarvão, torna-se uma alternativa na redução do consumo de água pela irrigação, bem como no fornecimento de nutrientes, potencializando a produção das culturas agrônômicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar o crescimento, a produção e qualidade do tomateiro tipo cereja vermelho, cultivar “Carolina”, submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão de cama de aviário.

### **2.2. Específicos**

Estudar o efeito de níveis de irrigação no desenvolvimento, produção e qualidade do fruto do tomateiro tipo cereja.

Avaliar efeito de diferentes doses de biocarvão de cama de aviário no crescimento, produção e qualidade do fruto do tomateiro tipo cereja.

Analisar a interação entre as lâminas de irrigação e doses de biocarvão no crescimento, produção e qualidade do fruto do tomateiro tipo cereja.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos gerais da cultura

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae, é amplamente cultivado em todos os continentes e em quase todos os países do mundo. Essa espécie cosmopolita originou-se a partir do tomateiro tipo cereja, o qual era cultivada na costa oeste da América do Sul, onde se encontra as Cordilheiras dos Andes, abrangendo desde o norte do Chile ao Equador, sendo inicialmente cultivada como planta ornamental não comestível, pelo fato de se acreditar que sua coloração avermelhada estava relacionada a alguma toxicidade (FILGUEIRA, 2008).

O tomateiro apresenta um porte arbustivo, com projeções de diversas brotações laterais e caule herbáceo flexível, o que faz necessário o tutoramento para manter-se em posição vertical (SILVA, 1994). As folhas se apresentam de forma alternadas, sendo pilosas e com número ímpar de folíolos (AZEVEDO *et al.*, 2006). Seu sistema radicular se apresenta bem desenvolvido, com raiz principal ou pivotante, secundária e adventícias, sendo que 70% das raízes se concentram na profundidade de 0 – 20 cm (PEIXOTO *et al.*, 2017).

As flores do tomateiro são dioicas, ocorrendo a polinização antes da antese; apresentando coloração amarelada; são agrupadas em cachos; as sépalas e estames ocorrem geralmente em número de cinco e sua disposição na flor facilita a autopolinização, dificultando a polinização cruzada (MARINHO, 2018). Os frutos do tomateiro são classificados como baga, apresentando tamanhos e formatos variados, com coloração vermelho intenso, possuindo película, polpa, placenta e sementes, e pode se apresentar bi, tri, tetra e pluriloculares (FILGUEIRA, 2008). As cultivares são em sua maioria híbridas e apresentam frutos pequenos (15 a 25 g), formato oblongo, baixo índice de acidez, ricos em vitaminas e elevado teor de açúcares, apresentando-se como iguaria na composição de novos pratos e cardápios, ocorrendo um menor desperdício devido ao seu tamanho reduzido (SILVA *et al.*, 2012; YURI *et al.*, 2016).

O hábito de crescimento do tomateiro pode ser dividido em duas formas: os de crescimento indeterminado, em que se encontra a maioria das cultivares, podendo chegar a mais de dois metros de altura, sendo frutos destinados para consumo in natura, e o de crescimento determinado, que chegam a medir cerca de um metro de altura e são geralmente destinados a processamento industrial (FILGUEIRA, 2008).

No aspecto nutricional, o tomate cereja possui em sua composição, vitaminas B e C, ácido fólico, potássio e magnésio, ferro, fósforo e aminoácidos (SILVA *et al.*, 2017). Outra importante característica nutricional dos frutos do tomateiro, se encontra na elevada concentração de licopeno, apontado como um importante carotenoide de ação antioxidante na proteção do organismo humano contra os radicais livres, responsáveis por provocar o desencadeamento do câncer de próstata e algumas doenças crônicas (MOLVITA *et al.*, 2014).

### **3.2. Aspectos econômicos**

O tomateiro é considerado uma das hortaliças de maior importância econômica em escala mundial. Segundo dados do FAOSTAT (2018), o tomate é cultivado em 175 países, com uma produção de 177 milhões de toneladas em uma área de 4,8 milhões de hectares, sendo a China o maior produtor mundial, com uma área superior a um milhão de hectares e uma produção anual que ultrapassam os 56 milhões de toneladas, seguido da Índia, USA, Turquia, Egito, Itália, Irã e Espanha.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) e através do Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA), no Brasil, a safra da cultura do tomate, ano base 2021, alcançou uma produção de 3.886 milhões de toneladas, isso em uma área total plantada de 54.484 hectares, e uma área colhida de 54.267 hectares com um rendimento médio de 71.609 Kg.ha<sup>-1</sup>. Nesse cenário, os estados que se destacam na produção de tomate são: Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, sendo a demanda de mercado sempre crescente (IBGE, 2018).

Uma especificidade do tomate se encontra em seu preço, no qual nos últimos anos vem variando conforme a produção, ocorrendo uma grande oscilação quando ocorre a alta oferta, comumente ocasionada por condições climáticas, mas no geral, o preço estabelecido traz rentabilidade positiva ao longo da colheita. No entanto, a divergência no preço recebido pelos produtores e o custo pago pelos consumidores são enormes, o que vem destacando o produto como responsável pela alta na inflação em determinado período, especialmente quando ocorre a quebra da produção (CONAB, 2019).

### 3.3. Deficiência hídrica no tomateiro

Pode ser denominado déficit hídrico quando a água disponível para as plantas é menor do que a evapotranspiração destas em um determinado período, ou seja, quando ocorre a falta de água no momento no qual a planta necessita para seu pleno desenvolvimento. Esse efeito é comum no semiárido brasileiro, sendo considerado o déficit hídrico um fator abiótico limitante da produção das culturas agrônômicas, o que se deve a irregularidade das precipitações nessa região (FERRARI *et al.*, 2015).

A resposta das plantas ao déficit hídrico está associada a uma rede complexa de alterações morfológicas e fisiológicas. As alterações morfológicas podem ser mais facilmente percebidas, como a redução do porte da planta e na produção, mas pode apresentar-se mais complexa, como o aumento do volume do sistema radicular e diminuição na massa fresca e seca da parte aérea e dos frutos da planta (MORALES *et al.*, 2015). Além disso, o déficit hídrico causa outros distúrbios fisiológicos secundários, como prejuízo na expansão foliar, atividades celulares e metabólicas, fechamento estomático, inibição fotossintética e abscisão foliar (TAIZ *et al.*, 2017).

Ainda, segundo Taiz & Zeiger (2009), em situação de déficit hídrico, a taxa de divisão e alongamento celular são prejudicados, por razão da redução da pressão de turgescência, perceptível pelo conteúdo reduzido de água, o que resulta por consequência, na menor expansão da parede celular, crescimento vegetal, abertura estomática e movimento de folhas e flores. O fornecimento deficiente de água na cultura do tomate pode ocasionar interferências negativas na sua produção, devido à queda dos botões florais e rachaduras nos frutos (VAN DAM *et al.*, 2006).

Assim como para todas as culturas, a água é o elemento primordial para a produção, agindo no metabolismo e no transporte dos nutrientes, possibilitando o crescimento e a produção das plantas. Nesse contexto, em regiões com má distribuição de chuvas os sistemas de irrigação são indispensáveis no fornecimento de água para as culturas, pois, sem o fornecimento adequado, o déficit hídrico ocasiona perdas irreparáveis na produção (PEREIRA *et al.*, 2015).

Em muitas regiões do mundo, o cultivo do tomateiro ainda se encontra limitado, em razão da precipitação irregular e da elevada taxa de evaporação, no qual se faz necessário a utilização da irrigação, mitigando os riscos de perdas de produção, possibilitando o aumento na quantidade e qualidade dos frutos (MAROUELLI & SILVA, 2005). Atualmente, o método de

irrigação localizada, e especialmente o sistema por gotejamento, vem ganhando destaque pela economia de água e alta eficiência de aplicação, proporcionando elevados níveis de produção (NASCIMENTO, 2020).

Segundo a FAO (2017), a agricultura é apontada como a maior utilizadora de água doce no mundo, consumindo cerca de 70% do recurso. Com o crescimento populacional mundial, relacionado com a crescente demanda por alimentos, a escassez hídrica se torna um fator limitante para o desenvolvimento da agricultura e da economia mundial (GAO *et al.*, 2018). Nesse sentido, sistemas que contribuem na tomada de decisão para a irrigação e conservação dos recursos hídricos necessitam ser mais difundidos, pois destinam-se a minimizar a demanda de água e maximizar o rendimento da cultura (MENDES *et al.*, 2019).

Dessa forma, ultimamente o estudo de sistemas de irrigação que controlam a umidade do solo em tempo real, vem trazendo resultados positivos, economizando uma grande quantidade de água (LOZOYA *et al.*, 2016). Na área da irrigação automatizada, é possível empregar as medições de variáveis do solo, planta e atmosfera, relativo ao estado da água na planta e no solo, e com esses dados calcular o momento certo da realização da próxima irrigação. Com o auxílio da tecnologia, já se encontra em utilização sensores específicos que permitem medir o conteúdo da água no solo em tempo real, geralmente ligados a controladores automáticos os quais acionam o sistema que administra o conteúdo de água no solo baseado nas leituras dos sensores no solo (ROMERO *et al.*, 2012).

Silva (2020), estudando a produção e a evapotranspiração do tomate cereja submetidos a lâminas de irrigação e ambiente protegido, verificou resultados significativos em sua automatização da irrigação com sensores de umidade do solo, concluindo que os melhores resultados obtidos ocorreram com a maior lâmina de irrigação, que foi de 120% da ETr.

Campos (2019), avaliando um sistema de automação (idêntico ao do presente estudo) no cultivo do tomateiro tipo cereja sob conteúdo volumétrico de água no solo, concluiu que a automação com Arduino e sensores de umidade do solo se mostrou bastante eficiente, tendo a capacidade de monitorar e acionar o sistema irrigação, mantendo a umidade do solo dentro dos padrões estabelecidos previamente.

### 3.4. Necessidades nutricionais do tomateiro

O tomateiro é uma espécie muito exigente em adubação, e nesse ponto, ter o conhecimento das exigências nutricionais, os principais sintomas de deficiências e a maneira de corrigi-los se torna de extrema importância para o êxito da cultura (BECKMANN-CAVALCANTE *et al.*, 2007). De mesmo modo, o teor e o conteúdo de nutrientes do tomateiro variam com o desenvolvimento da cultura, e o seu conhecimento é de grande importância na tomada de decisão sobre a utilização racional dos fertilizantes (HAAG *et al.*, 1978).

Dessa forma, a quantia absorvida de nutrientes pelo tomateiro durante seu ciclo, depende de alguns fatores bióticos e abióticos, como a luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar e do solo (PAPADOPOULOS, 1991; DUART, 2019); época de plantio, genótipo e concentração de nutrientes no solo (HEUVELINK, 1995). Somado a esses fatores, a fertirrigação, condução vertical da cultura e cobertura plástica podem influenciar na absorção dos nutrientes (FAYAD *et al.*, 2002).

De maneira geral, a utilização de adubos minerais como NPK influenciam os processos que envolvem as fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, interferindo na distribuição dos assimilados entre as partes vegetativas e reprodutivas (SILVA *et al.*, 2018). Nesse sentido, o tomateiro é uma das hortaliças mais exigente em relação à nutrição, denotando uma demanda diferenciada em relação aos estádios de desenvolvimento, e segundo a Embrapa (1994), os nutrientes mais exigidos pela cultura do tomateiro em ordem decrescente são: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu).

No Brasil, o trabalho precursor na investigação de acúmulo de nutrientes do tomateiro foi desenvolvido por Gargantini & Blanco (1963), utilizando a cultivar “Santa Clara”, cultivado em vasos sob ambiente protegido e, revelando que o nutriente acumulado em maior quantidade foi o K, seguidamente pelo N, Ca, S, P e Mg, sendo as quantidades acumulada em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  foram, na ordem decrescente: K;185, N; 94, Ca; S; 28, P; 21 e Mg; 9.

Segundo o boletim de recomendação de adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), e baseado nas quantidades de nutrientes encontrados via análise química do solo, recomenda-se para o espaçamento de 1,2 x 0,5 m, a aplicação em cobertura de 45 a 120  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio, de 45 a 180  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 45 a 135  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A aplicação do nitrogênio deve ser realizada 30 dias após o plantio, e em caso de solo arenoso, pode ser parcelado em duas vezes, aos 25 e 50 dias após o plantio (IPA, 2008).



Ferreira *et al.*, (2010), concluíram que o número e o peso de frutos comercializáveis do tomate, aumentam com a elevação do nível de N no solo. Por outro lado, o uso excessivo deste nutriente, pode ocasionar o crescimento demasiado das hastes e das folhas, ocorrendo a possibilidade de acamamento das plantas e maior suscetibilidade ao aparecimento de doenças e danos fisiológicos (ALVARENGA, 2013).

Com respeito ao fósforo, Alvarenga (2013) afirmou que este elemento é acumulado em pouca quantidade, quando comparado a outros macronutrientes, mas importante na adubação do tomateiro. Para o cultivo em campo, Trani *et al.* (2018) recomenda a aplicação de  $P_2O_5$  na quantidade de 200 a 800  $kg.ha^{-1}$ , levando em consideração o teor inicial de P no solo, e para ambiente protegido por meio da fertirrigação, a aplicação de 249  $kg.ha^{-1}$ . Ainda que seja o nutriente menos acumulado dos macronutrientes primários, é o recomendado em maior quantidade pela baixa eficiência deste elemento, ficando em torno de 10% (ARAÚJO, 2018).

Segundo Alvarenga (2013), o K é o elemento mais requerido pelo tomateiro, desempenhando importante papel como ativador enzimático, podendo aumentar a produção em até 30%, resultando em efeito maior na qualidade comercial dos frutos. A deficiência do K na planta, se manifesta por meio de clorose internerval, folhas com coloração mais escuras, pecíolos mais curtos e rígidos, internódios menores e finos, além da redução no número, na massa fresca e na produção de frutos (CARVALHO *et al.*, 2004). Quando em excesso, o K possui uma grande capacidade de competir com outros cátions, como o Ca e Mg, proporcionando a deficiência destes últimos em alguns casos, causando alguns distúrbios fisiológicos nas plantas (SANTOS, 2018).

Para um desenvolvimento e produção de qualidade, deve-se verificar o equilíbrio nutricional dos micronutrientes, e segundo Silva & Giordano (2000), avaliando o tomateiro para processamento industrial, constataram que os níveis adequados para os micronutrientes em ppm verificado em análise foliar, foram: 50 a 70 de B; 60 a 70 de Zn; 10 a 20 de Cu; 250 a 400 para Mn e 400 a 600 de Fe. Prado *et al.*, (2011) avaliando o crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar “Raísa”, verificaram o maior acúmulo de micronutrientes nas folhas, quando comparado com o caule, raiz e o fruto, sendo o B o mais importante, pois na sua deficiência os frutos apresentam partes moles e em situação severa pode restringir a formação de frutos.

### 3.5. Biocarvão

A ideia do uso do biocarvão na agricultura provém das características observadas nas Terras Pretas de Índio (TPI), da Amazônia, com alta fertilidade e de coloração escura, isto devido à presença de uma alta concentração de matéria orgânica decomposta, proveniente da queima de material residual doméstico e da incineração da vegetação para uso agrícola incorporado ao solo. Dessa forma, com o intuito de reproduzir o referido solo com alto aporte de nutrientes, surgiu a ideia de incorporar o carvão ao solo, que além da alta fertilidade, está ligado a benefícios físicos, químicos e biológicos ao solo (MENDES, 2020).

A utilização do termo biochar ou biocarvão foi adotado para retratar a aplicação da matéria orgânica carbonizada no solo de forma intencional, com o intuito de melhorar as características do solo ou para o sequestro de carbono (LEHMANN & JOSEPH, 2009). Segundo Lehmann (2007), o biocarvão é um material sólido muito rico em carbono, o qual é desenvolvido a partir da biomassa carbonizada em um processo denominado pirólise. De forma mais detalhada, Mendes (2020), relatou que o biocarvão é a transformação da biomassa quando exposto à decomposição, degradação ou transformação da composição mediante a ação do calor, ou seja, da pirólise, que pode ser na forma rápida ou lenta, na presença de pouco ou ausência de oxigênio, apresentando como benefício a disponibilização de macro e micronutrientes.

No que se refere à capacidade de retenção de água, Nobrega (2011), afirmou que os mecanismos que promovem o aumento da retenção de água no solo pelo biocarvão são bastante simples, podendo ser de forma direta quando a própria partícula consegue reter as moléculas de água e de forma indireta, quando o biocarvão age como parte da estruturação do solo, podendo ser de curta e longa duração.

Hossain *et al.* (2010), trabalhando com diferentes combinações de biocarvão proveniente de lodo de esgoto e fertilizantes em cultivo de tomate cereja na Austrália, constataram um incremento de 64% na produção quando utilizado o biocarvão e comparando-se com as testemunhas, obtendo resultados ainda melhores quando combinado o biocarvão com os fertilizantes minerais, concluindo assim, que

a utilização do biocarvão oriundo de lodo de esgoto proporciona a melhoria química e física no solo, aumento a produção de frutos.

Chaves & Tito (2021), avaliando a cultura da beterraba em função de doses de biocarvão, observaram que o biocarvão de cama de aviário proporcionou um incremento considerável nas variáveis biométricas da beterraba, sendo a dose de 10 t.ha<sup>-1</sup> se destacando com o melhor resultado, tendo ainda como efeito positivo o incremento nos atributos químicos do solo, o que melhorou o nível de fertilidade do solo utilizado.

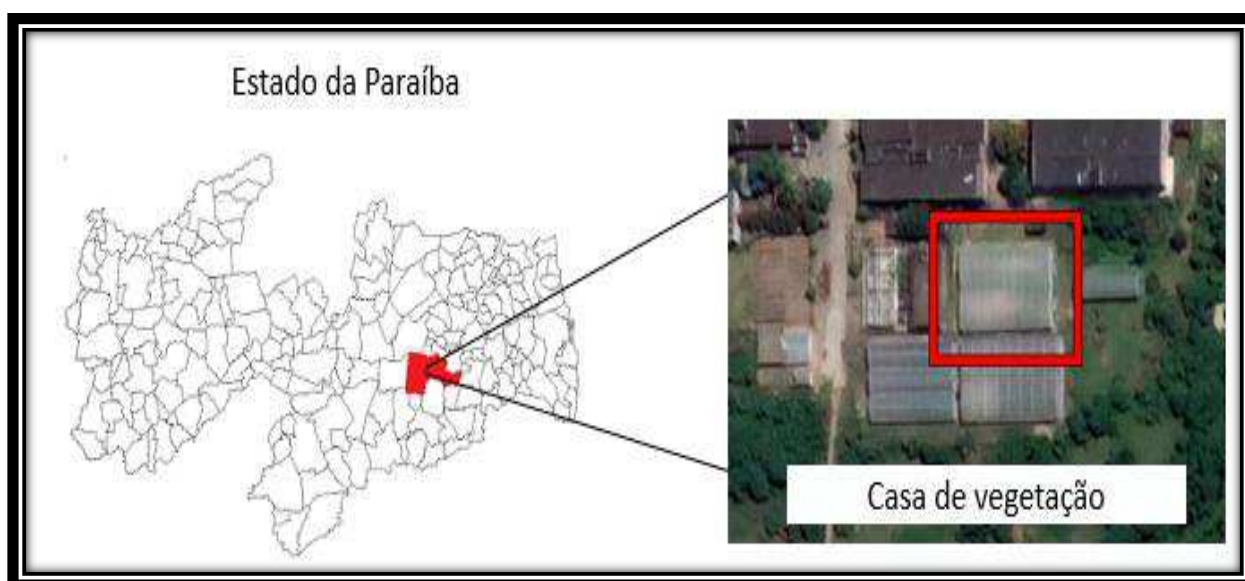
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização da pesquisa

O experimento foi conduzido em ambiente semiprotégido (casa de vegetação) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), situada na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com coordenadas geográficas 7° 12' 52'' latitude Sul e 35° 54' 23'' longitude Oeste, com altitude de 551 m.

O município de Campina Grande está inserido na divisão geoambiental do Planalto da Borborema, no sentido a barlavento, estando geograficamente inserido no semiárido brasileiro, possuindo um clima com temperaturas moderadas, considerado tropical com estação seca do tipo "As" segundo a classificação de Köppen-Geiger (AZEVEDO *et al.*, 2015). A estação chuvosa tem início em maio terminando em setembro, com possível prolongamento até outubro.

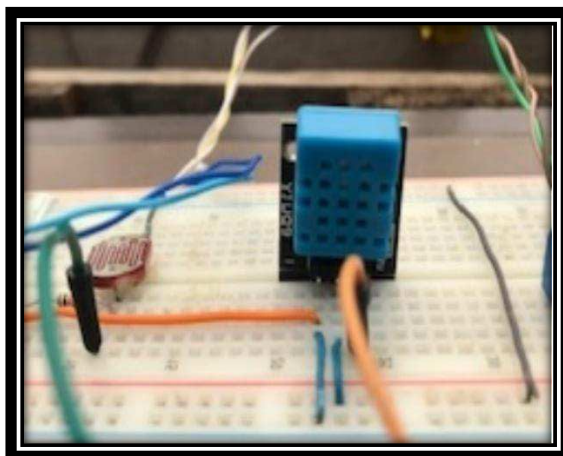
O experimento foi conduzido durante o período de julho a novembro de 2021. A localização da casa de vegetação é apresentada na Figura 1.



**Figura 1** - Local da experimentação (casa de vegetação - UFCG)

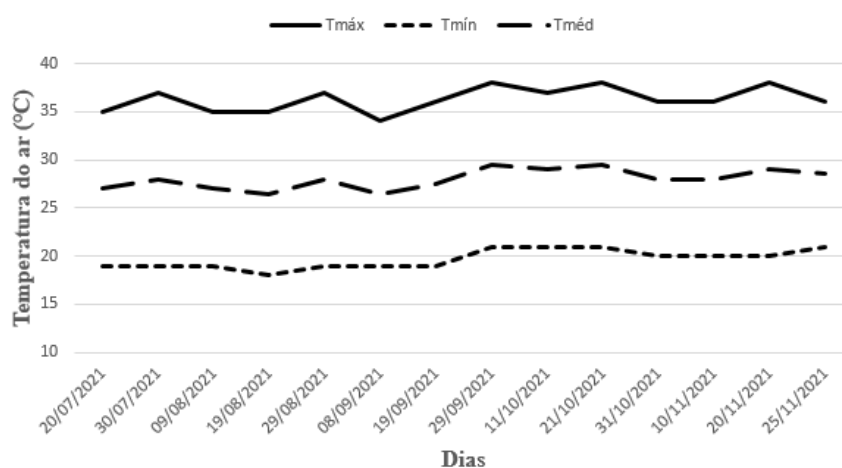
Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, referentes ao período de julho a novembro de 2021, foram obtidos a partir do sensor DHT 11 (Figura 2), da fabricante Newark®, que faz leituras de temperaturas entre 0 a 50 °C e umidade

de 20 a 90% com precisão de  $\pm 2,0$  °C e 5,0% respectivamente. O sensor foi instalado junto à área do cultivo, exposto diretamente à luminosidade e sem a possibilidade de ser sombreado.



**Figura 2** - Sensores de temperatura e umidade DHT 11.

Os dados de temperatura máxima, média e mínima registrados durante a fase de condução do experimento podem ser vistos na Figura 3. O valor mais elevado de temperatura corresponde a 38 °C, alcançados nos meses de setembro, outubro e novembro, e o valor mínimo de 17 °C no mês de agosto, sendo 27 °C a temperatura média observada durante o experimento com o tomate cereja.

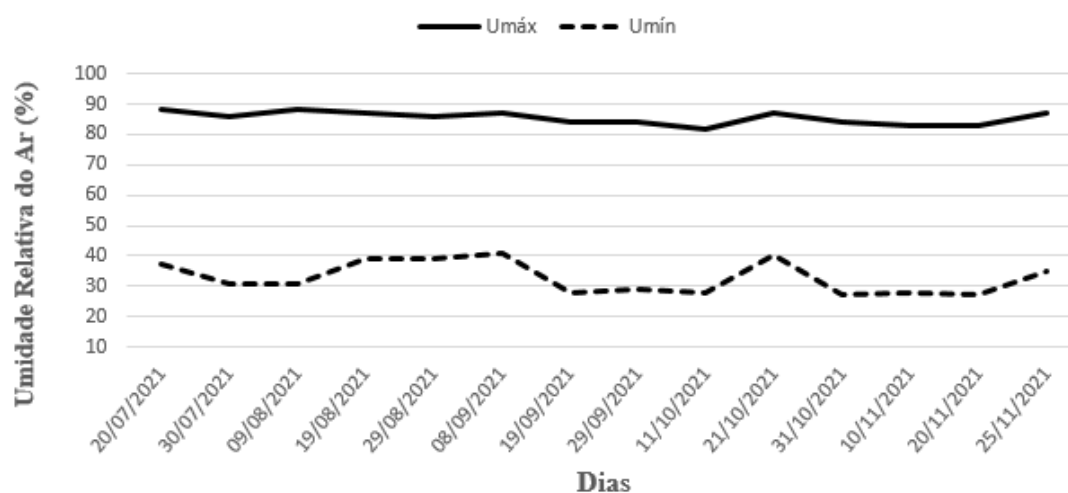


**Figura 3** – Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima durante a condução do experimento.

A umidade relativa do ar máxima e mínima no decorrer dos dias que compreenderam o experimento, podem ser observadas na Figura 4. A umidade máxima registrada foi de 89% nos

meses de agosto e novembro e a mínima de 24% no mês de setembro. Segundo Medeiros *et al.* (2021), a umidade relativa da região pode chegar até 91% no mês de junho.

Normalmente, a umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação é mais elevada em comparação ao ambiente externo, isso, devido à retenção do vapor d'água no plástico o qual recobre o ambiente, que associado a diminuição da temperatura do ar durante o período noturno reduz a tensão de saturação de vapor d'água, contribuindo para o aumento da umidade no interior da casa de vegetação (FARIAS *et al.*, 1993).

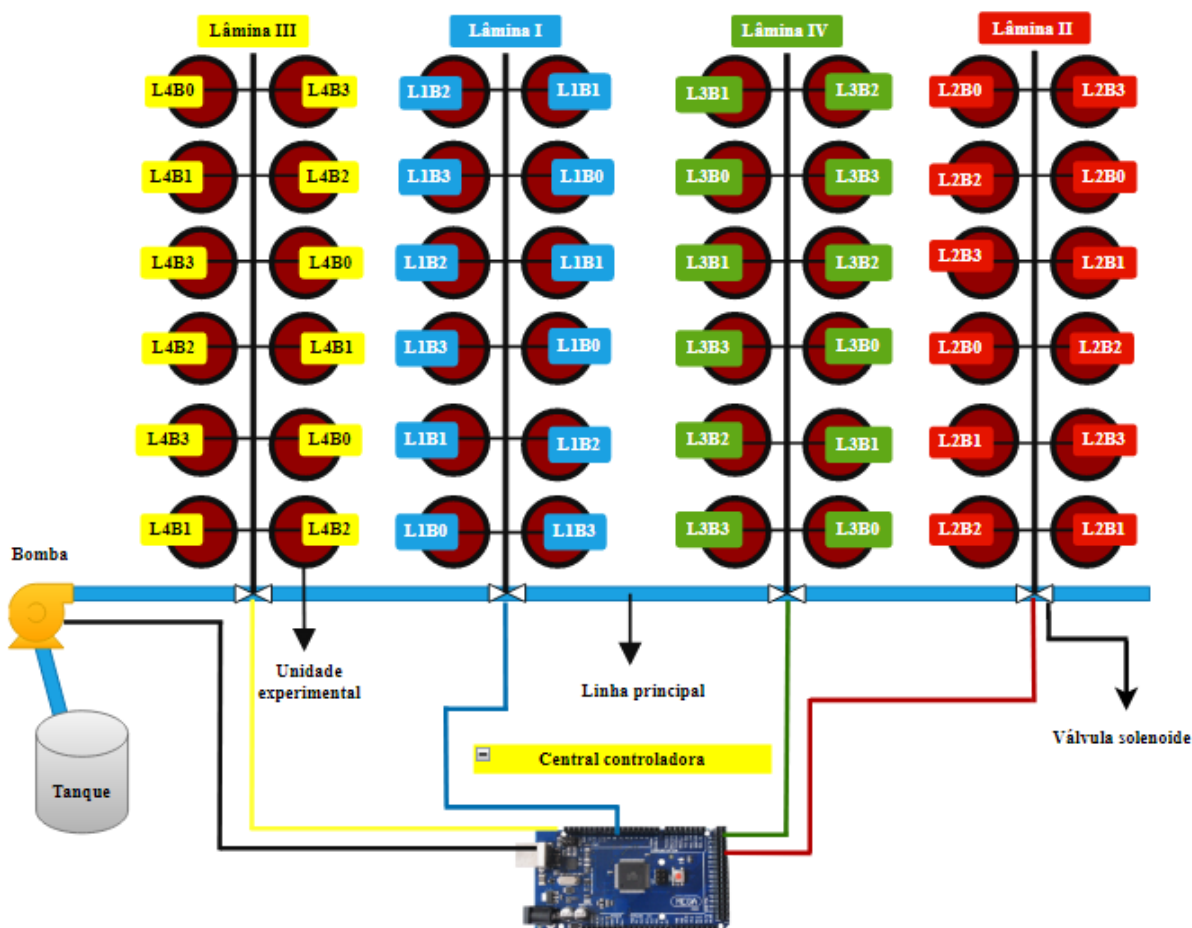


**Figura 4** - Valores máximos e mínimos de umidade relativa do ar em relação aos dias do ano durante a condução do experimento.

#### 4.2. Tratamentos e desenho experimental

Os tratamentos consistiram de quatro lâminas de irrigação (70, 80, 90 e 100% da capacidade de campo do solo) e quatro níveis de biocarvão (0, 4, 8 e 12 t.ha<sup>-1</sup>).

O método estatístico adotado na presente pesquisa foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), analisando em esquema fatorial 4 × 4 com três repetições, em parcelas subdivididas. Um layout com a disposição dos tratamentos dentro da área de experimentação, aplicado ao delineamento proposto é apresentado na Figura 5.



**Figura 5** - Disposição dos tratamentos e equipamentos dentro da área de experimentação, aplicado o delineamento proposto.

### 4.3. Controle da irrigação

Para o controle da irrigação da cultura, foram utilizados sensores de umidade do solo (higrômetros) instalados em hastes de cobre de 10 cm, ligadas a conectores duplos (Figura 6). Quando introduzidos no solo, os sensores medem a resistência elétrica entre as hastes, fazendo o módulo produzir um alto nível de resistência ocasionando uma maior tensão de saída, indicando, dessa forma, baixo nível de umidade do solo. Isso significa que quanto maior for a umidade do solo, menor será a resistência elétrica apresentada (KOLAPKAR *et al.*, 2016). Os valores mínimos e máximos da faixa de operação dos sensores na ausência e presença de umidade são apresentados entre 0 a 1.023 unidades livres (escala utilizada na placa eletrônica), mas para o presente estudo esses valores foram convertidos para a porcentagem, ficando 0% para solo sem umidade e 100% para solo saturado.





**Figura 6** - Sensor de umidade do solo com haste de 10 cm, inserido no solo.

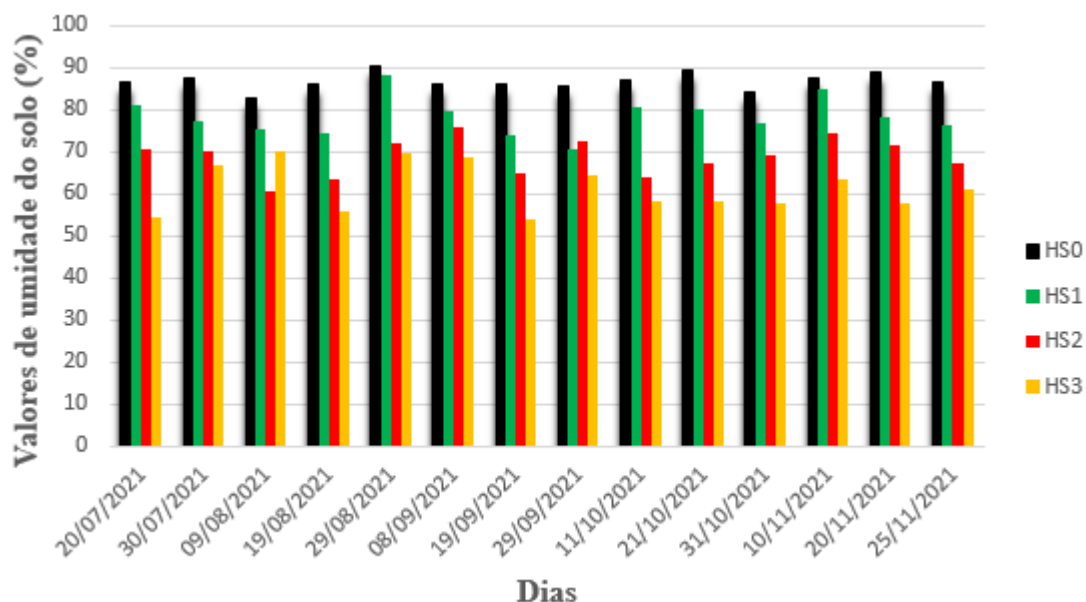
Perante o exposto, para a determinação correta da umidade presente no solo, fez-se necessário a calibração dos sensores de acordo com a capacidade de campo que o solo apresenta. Deste modo, para o presente estudo, a calibração dos sensores de umidade do solo foi determinada *ex situ*, por gravimetria, utilizando para tal feito quatro cilindros de PVC com dimensões de 28 cm de altura por 5 cm de diâmetro, comportando 1 kg de solo cada, papel filtro e uma tela de polietileno no fundo para permitir o fluxo capilar ascendente da água e evitar a perda de solo (Figura 7A). Juntamente ao preenchimento dos cilindros com o solo, foram colocadas as doses de biocarvão referente a cada tratamento (0, 4, 8 e 12 t.ha<sup>-1</sup>), e após a finalização da montagem dos cilindros, estes foram colocados em recipiente com água para saturar o solo por ascensão capilar (Figura 7B). Posteriormente, os cilindros foram retirados da água e postos para drenar até alcançar peso constante em balança de precisão de 0,01g, tendo a partir desse ponto, teoricamente o solo em capacidade de campo. Dessa forma, os sensores foram colocados nos cilindros para a leitura da umidade (Figura 7C), obtendo o valor de 100% da capacidade e campo. Os valores para os outros tratamentos foram obtidos por interpolação.



**Figura 7** - Preparativos para a determinação da leitura do sensor de umidade na capacidade de campo nos tratamentos.

Os dados das leituras dos sensores instalados em cada tratamento, durante o tempo que durou o experimento, estão dispostos na Figura 8. A identificação referente a cada sensor está na ordem decrescente das lâminas de irrigação, sendo HS0, HS1, HS2 e HS3 os tratamentos para as lâminas de 100, 90, 80 e 70% da capacidade de campo, representadas pelas leituras de 86, 77, 69 e 60% de umidade.

Os dados mostram que cada sensor atuou corretamente dentro da umidade esperada, mesmo ocorrendo uma variação para mais ou para menos de acordo com a dinâmica da água no solo, ou seja, o tempo que a água chegava até o sensor de umidade do solo e o tempo de leitura, ocorrendo um tempo de gotejamento a mais, fazendo com que o sensor captasse uma umidade um pouco mais elevada, o que ainda o torna com uma boa acurácia.



**Figura 8** -Valores de umidade do solo em (%) capturados pelos sensores de cada tratamento.

#### 4.4. Classificação do solo e características físico-químicas

O solo utilizado, um Argissolo Acinzentado distrófico, foi coletado em amostras simples na Escola Agrícola Assis Chateaubriand, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, município de Lagoa Seca, Paraíba, na camada arável de 0-20 cm de profundidade. Em seguida, preparou-se uma amostra composta seca ao ar, peneirada em malha de 2,0 mm de abertura e posteriormente analisada físico-quimicamente conforme Teixeira *et al.*, (2017) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Análise físico-química do solo (Argissolo acinzentado distrófico).

Características	Profundidade do solo (0-20cm)
pH (H <sub>2</sub> O)	5,60
Matéria orgânica g kg <sup>-1</sup>	12,2
P, mg dm <sup>-3</sup>	4,12
Na, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,11
K, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,33
Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00
H, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,55
Ca, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,04
Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,15
T	6,18
V%	75,0
Areia, g kg <sup>-1</sup>	830,8
Silte, g kg <sup>-1</sup>	120,6
Argila, g kg <sup>-1</sup>	48,6
Classificação textural (USDA)	Areia Franca
Densidade aparente, g cm <sup>-3</sup>	1,46
Densidade real, g cm <sup>-3</sup>	2,64
Capacidade de campo, %	14,65 (% em volume)
Ponto de murcha permanente, %	5,84 (% em volume)

#### 4.5. Produção de mudas e transplântio

Para a presente pesquisa foi utilizado o tomateiro cereja vermelho, cultivar “Carolina”, que apresentava crescimento indeterminado, frutos pesando entre 10 a 12 g, com elevado teor de sólidos solúveis totais (°Brix), altamente produtivo e resistente a diversas pragas e doenças.

As mudas de tomateiro foram produzidas em copos descartáveis de 300 mL, preenchidos com substrato comercial Bioplant®, utilizando três sementes por copo. Após dez dias foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por copo, 30 dias após a germinação

as mudas apresentaram quatro folhas definitivas, sendo transplantadas para o recipiente definitivo.

#### 4.6. Instalação do experimento

Na instalação do experimento o solo foi acondicionado em vasos de 20 dm<sup>3</sup>, colocando no fundo deste uma camada de 2 cm de brita e uma tela de poliéster como barreira contra perdas de solo, pesando no total 22 kg cada vaso, considerando o solo + vaso + brita + tela, ficando a superfície do solo à 5 cm da borda do vaso. Foi utilizado o espaçamento de 1,00 m entre fileiras por 0,50 m entre plantas, de acordo com o Manual de Recomendação de Adubação Para o Estado de Pernambuco (2º aproximação), do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA.

##### 4.6.1. Irrigação

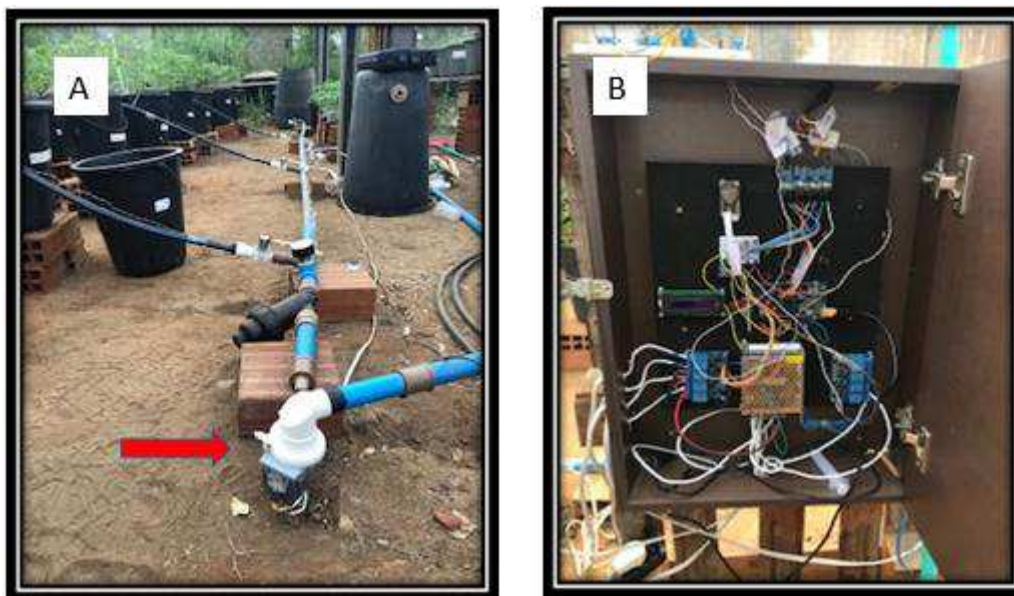
O sistema de irrigação empregado foi do tipo localizado, com o método por gotejamento. Para a linha principal foi utilizado um cano PVC de 32mm; para as linhas laterais quatro tubos de 16 mm e para as linhas de derivação microtubos de 4 mm. Os gotejadores foram do tipo autocompensantes com vazão de 2L/h, conectados nas saídas dos microtubos (Figura 9).



**Figura 9** - Gotejadores inseridos na extremidade do tubo gotejador.

Para o bombeamento da água foi utilizado uma eletrobomba de máquina de lavar roupas (Figura 10 A), que por apresentar baixa pressão não acionou o medidor de pressão. Dessa forma, para verificar a qual pressão estava sendo submetida a tubulação, foi utilizado uma coluna de mercúrio, resultando em uma pressão de 286,0 milibares. Para a automação do sistema de irrigação, foram utilizadas quatro válvulas solenoides normalmente fechadas de 12 VDC, que

trabalham com pressão entre 200 a 8.000 milibares, as quais foram comandadas pelo controlador utilizando um Arduino MEGA2560 (Figura 10 B), programado para acioná-las quando os sensores de umidade do solo detectassem a umidade abaixo da exigida para cada lâmina.



**Figura 10** - Bomba elétrica de máquina de lavar roupas adaptada para irrigação por gotejamento (A); Central controladora (B).

#### 4.6.2. Biocarvão

O biocarvão utilizado na presente pesquisa foi produzido a partir de cama de aviário (mistura de bagaço de cana-de-açúcar e dejeção de frango de corte), por pirólise lenta a 350 °C. Na Tabela 2 pode ser verificada a análise química do biocarvão.

**Tabela 2** - Caracterização química do biocarvão de cama de aviário.

Características	Biocarvão de cama de aviário
pH	8,97
Nitrogênio total, %	3,06
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total, %	5,76
Potássio (K <sub>2</sub> O) total, %	6,61
Cálcio, %	5,27
Magnésio, %	1,08
Carbono Orgânico g kg <sup>-1</sup>	400,2

---

Relação C/N	13,8
CTC, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	58,6

---

Em seguida se acrescentou o solo, colocando o biocarvão na altura de 10 cm da borda do vaso, ou seja, a 5 cm de profundidade, espalhado em formato circular ao centro do vaso (Figura 11).



**Figura 11** - Disposição do biocarvão (em preto) no vaso.

#### **4.6.3. Adubação nitrogenada**

A adubação nitrogenada foi realizada visto que o biocarvão apresentou 3,06% de N em sua composição, podendo a cultura apresentar deficiência nutricional deste elemento. Dessa forma, após o transplante das mudas e de acordo com a análise química do solo, foi realizada a adubação mineral nitrogenada, levando em consideração a área do vaso de  $0,070 \text{ m}^2$ . Para isto, foram seguidas as recomendações de adubação do Manual de Recomendação de Adubação Para o Estado de Pernambuco (2º aproximação), do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, utilizando como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , na quantidade de 34,28 g por planta. Esta aplicação foi parcelada em duas vezes de 17,14 g por planta, sendo a primeira adubação aos 30 dias após a germinação, e a segunda 50 dias após a primeira. Os demais nutrientes não foram complementados, uma vez que se avaliou o uso do biocarvão como condicionador da fertilidade do solo.

#### **4.6.4. Tratos culturais**

Pelo eventual aparecimento de moscas brancas (*Bemisia tabaci*), foi realizado na fase vegetativa o controle em aplicação única de 3 ml do inseticida sistêmico comercial, Provado®, utilizando um pulverizador costal de 10 litros de capacidade.

Com o intuito de evitar um eventual prejuízo na produção, foi realizado semanalmente a remoção das brotações laterais ou ramos improdutivos das plantas, e aos 83 dias após a germinação foi executado a poda de limpeza, objetivando evitar a disseminação de doenças fúngicas como o Oídio (*Sphaerotheca fugilinea*), causada pela alta umidade apresentada nas lâminas de 90 e 100% da capacidade de campo principalmente. Dessa forma, para o aparecimento do oídio, foi utilizado o controle com uma solução natural de leite cru de vaca a 10% na fase de produção, com 3 aplicações uma vez por semana.

Para a condução vertical da cultura do tomateiro do presente estudo, foi utilizado fitilho de polipropileno no tutoramento, amarrados ao colo da planta e a um arame fixado a 2,50 m acima de cada linha.

#### **4.6.5. Variáveis analisadas**

Avaliaram-se os efeitos dos tratamentos adotados sobre as características de crescimento e produção do tomateiro tipo cereja vermelho, cultivar “Carolina” aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107, 120 dias após a germinação.

#### **4.6.6. Variáveis de crescimento**

Aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107, 120 dias após a germinação foi avaliado as seguintes variáveis: altura de planta (AP), medindo-se do colo até o ápice da mesma com o auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros; diâmetro caulinar (DC), utilizando como referência o colo da planta, medido com o auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros; o número de folhas (NF) foi verificado através da contagem direta de todas as folhas. A área foliar (AF), determinada aos 120 dias após a germinação, utilizando a metodologia de área foliar proposto por REIS *et al.*, (2013), disposto na Equação 1, em que foi medido o comprimento e largura das folhas e multiplicado pelo fator de correção adimensional “f”, multiplicando ainda



o resultado da equação pelo total de folhas apresentadas em cada planta, obtendo assim, a área foliar total.

$$AF = C. L. f \quad (1)$$

Em que: AF - área foliar, em cm<sup>2</sup>;

C - comprimento da folha, em cm;

L - largura da folha, em cm; e

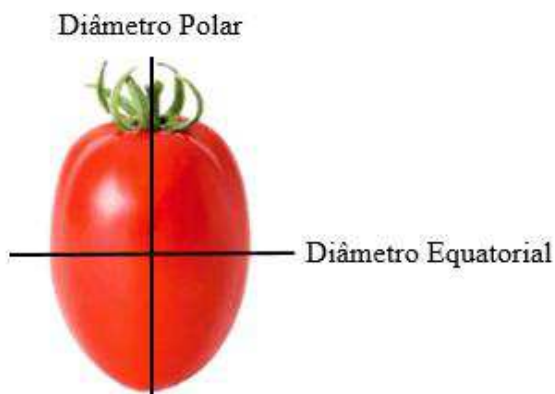
f - fator de correção (0,59), adimensional.

#### **4.6.7. Fitomassa**

A fitomassa fresca da parte aérea foi obtida aos 120 DAG, cortando cada planta na altura do colo e segmentando-as em pedaços menores, sendo acondicionadas em sacos de papel Kraft, identificadas e pesadas em balança de precisão de 0,1 g imediatamente após a retirada. Para determinar a fitomassa seca, as amostras frescas foram levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), onde foram secadas em estufa com ventilação de ar forçada a 65 °C por nove dias. Ao final do nono dia as amostras atingiram o peso constante, verificado pela não variação do peso das amostras em balança de precisão de 0,1g.

#### **4.6.8. Variáveis de produção e qualidade do fruto**

Para a produção foram avaliados o número total de frutos (NTF) e a produção total de frutos (PTF). A qualidade de fruto foi avaliada determinando o diâmetro equatorial dos frutos (DEF) e o diâmetro polar dos frutos (DPF) (Figura 12), com auxílio de um paquímetro digital. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi medido com auxílio de um refratômetro de campo.



**Figura 12** - Sentido do diâmetro equatorial e polar do fruto de tomate cereja.

#### **4.6.9. Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 1 e 5% de probabilidade. As variáveis significativas foram analisadas utilizando regressão polinomial linear e quadrática. A análise estatística foi realizada com auxílio do software estatístico SISVAR de acordo com FERREIRA (2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Variáveis de crescimento da planta

#### 5.1.1. Altura de planta

O resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) do tomate cereja em função da variação de lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação (DAG), está exposto na Tabela 3.

**Tabela 3** - Resumo das análises de variância para a variável altura de planta em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação.

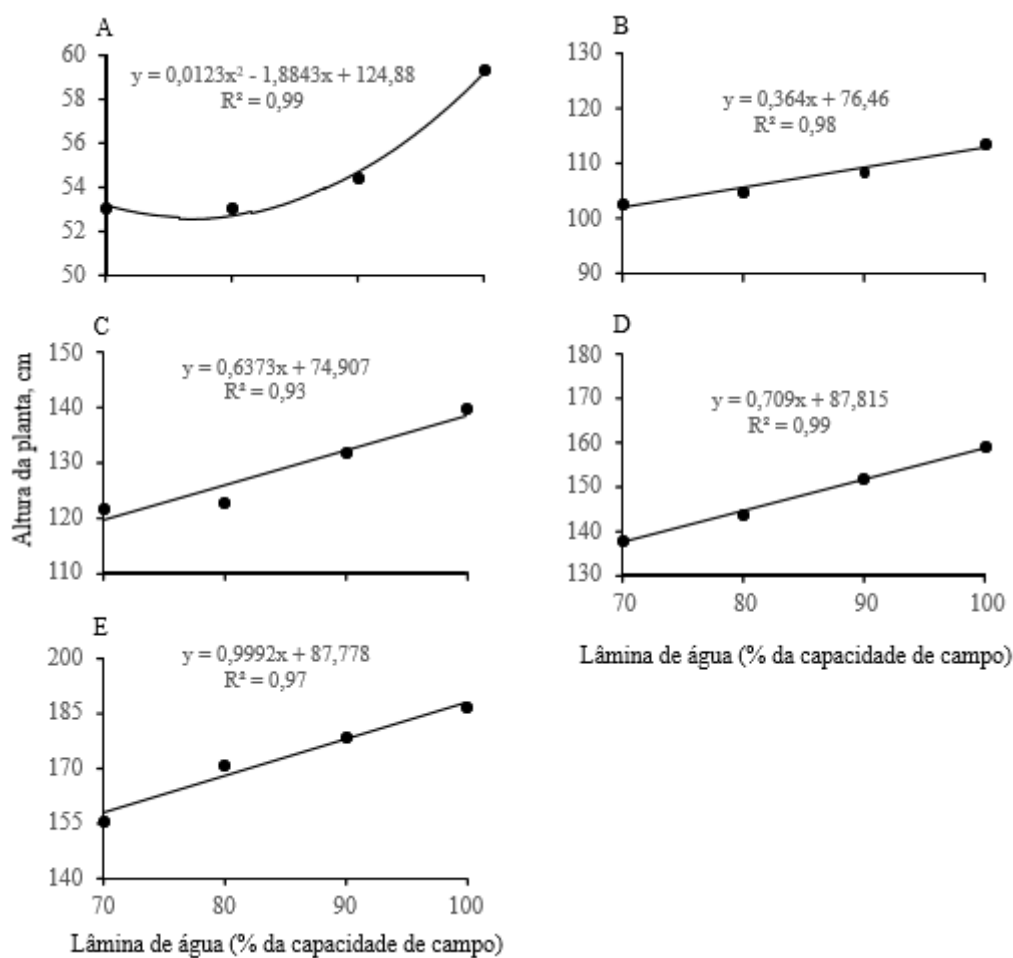
Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		Dias após a germinação							
		35	47	59	71	83	95	107	120
<b>Lâmina (L)</b>	3	3,07ns	107,1**	51,42*	271,6**	877,6**	1008,9**	2060,6**	4632,6**
<b>Linear</b>	1	-	245,8**	89,1*	795,7**	2438,43**	3016,08**	5991,00**	13697,21**
<b>Quadrático</b>	1	-	72,2**	32,1ns	19,2ns	139,40ns	4,94ns	155,88ns	155,16ns
<b>Desvio</b>	1	-	3,3ns	32,9ns	0,004ns	55,10ns	5,82ns	35,03ns	45,67ns
<b>Biocarvão (B)</b>	3	0,56ns	23,7*	51,37*	25,0ns	36,1ns	44,4ns	260,2ns	602,8ns
<b>Linear</b>	1	-	38,6*	102,3*	-	-	-	-	-
<b>Quadrático</b>	1	-	18,6ns	11,7ns	-	-	-	-	-
<b>Desvio</b>	1	-	13,9ns	40,0ns	-	-	-	-	-
<b>L x B</b>	9	1,75ns	3,9ns	39,89*	67,2ns	67,3ns	133,8ns	324,5ns	740,7*
<b>Resíduo</b>	32	1,47	5,7	17,28	34,9	73,8	130,5	215,8	300,9
<b>CV (%)</b>		4,65	4,36	4,94	5,50	6,66	7,72	8,51	8,72
<b>Média geral (cm)</b>		26,10	54,94	84,17	107,45	129,07	148,08	172,71	198,87

GL - Grau de liberdade; \*\*, \* ns Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Com exceção dos resultados encontrados aos 35 dias, o efeito das lâminas de irrigação foi altamente significativo sobre a altura da planta. A não significância aos 35 dias após a germinação é atribuída ao fato de se tratar de uma muda transplantada com permanência de 5 dias apenas nos vasos definitivos, em que ocorreram os tratamentos. Para o fator biocarvão isoladamente, foi significativo apenas para 47 e 59 dias após a germinação a nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Com relação à interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biocarvão (L x B), estatisticamente houve significância a nível de 5% de probabilidade somente aos 59 e 120 DAG.

Observa-se ainda que a média geral foi crescente dos 35 aos 120 dias após a germinação, mas com uma média de crescimento um pouco maior dos 35 aos 83 DAG (25,74 cm) em relação a 83 aos 120 DAG (22,85 cm), notadamente, o crescimento da planta vai diminuindo ao tempo que concentra sua energia para a produção de frutos, o que de fato se mostraria caso houvesse avaliações após os 120 DAG.

As curvas de regressão com suas respectivas equações da altura da planta (AP) para as diferentes lâminas de irrigação, aos 47 (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D) e 107 (E) dias após a germinação, encontram-se na Figura 13.



**Figura 13** - Altura da planta em função das lâminas de irrigação aos 47 (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D) e 107 (E) dias após a germinação.

Verifica-se que aos 71 (B), 83 (C), 95 (D) e 107 DAG (E) os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear, enquanto aos 47 DAG (A) o ajuste foi quadrático. De qualquer

forma, foi observado que a lâmina de 100% da capacidade de campo resultou em aumento na variável altura de planta (AP).

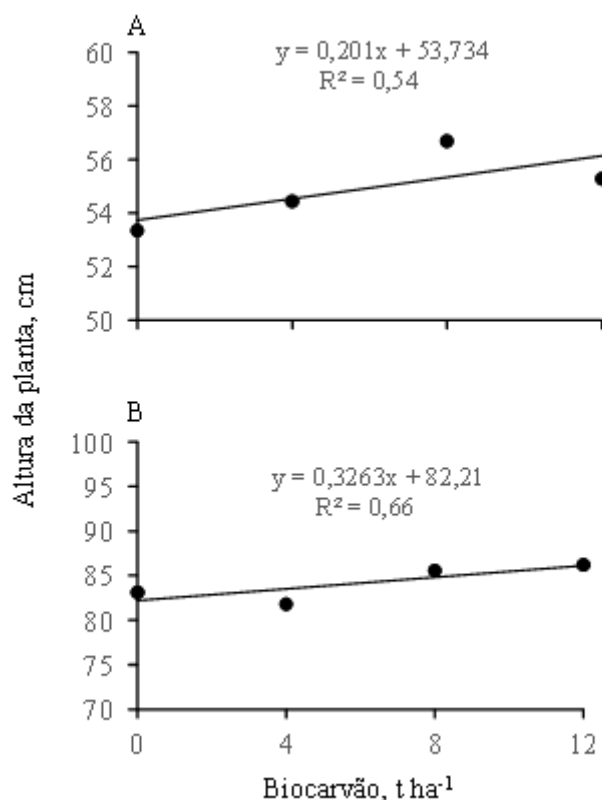
Aos 47 DAG (A) constata-se que a maior média de altura de planta (59,5 cm) obtida com a lâmina de 100% da capacidade de campo, foi 11,84% maior em relação a obtida com a lâmina de 70%, resultando em uma média de 53,2 cm por planta. Aos 71 DAG (B) o melhor resultado foi de 112,9 cm, ficando a planta 11 cm maior quando comparada a que recebeu a lâmina de irrigação de 70%, cuja média foi de 101,9 cm por planta. Para 83 DAG (C), a maior média de altura de planta foi de 138,6 cm, sendo 19,1 cm maior que as plantas submetidas à lâmina de irrigação de 70%, que indicou 119,5 cm. Da mesma forma, para 95 (D) e 107 DAG (E), obtive-se diferenças de 21,3 e 30,0 cm respectivamente na altura entre a maior lâmina de irrigação (100% da Cc) e a menor lâmina (70% da Cc), mostrando que a altura de planta foi influenciada diretamente pela maior disponibilidade de água no solo.

Sousa *et al.* (2019), avaliando os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento e produção do tomateiro tipo cereja, verificaram maior aumento na altura de planta quando utilizado uma lâmina de 100% da capacidade de campo, resultado esse, condizente com o presente trabalho.

Soares *et al.* (2011), avaliando a taxa de crescimento do tomateiro de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) com hábito de crescimento determinado sob condições de estresse hídrico, verificaram que o maior ganho na altura de planta foi observado quando submetido aos tratamentos com a maior lâmina (120% com base na evapotranspiração real), chegando a uma média de 80,93 cm por planta.

Lopes Sobrinho (2020), em estudo com o tomateiro cultivar “Gaúcho” melhorado e variando a lâmina de irrigação, verificou aos 66 dias após o plantio para a variável altura de planta (AP), uma média de 92 cm com a lâmina de irrigação de 90,5% da capacidade de campo, como a melhor resposta para o crescimento. No presente estudo a melhor lâmina de irrigação com a melhor resposta para altura de planta foi a de 100% da capacidade de campo, chegando a ter uma altura média de 112,9 cm aos 71 dias após a germinação (DAG).

Assim como para a fonte de variação lâmina de irrigação, o biocarvão não apresentou efeito significativo aos 35 DAG, isso devido às mudas se apresentarem recém-transplantadas nos vasos. Dessa forma, as doses de biocarvão assumiram efeitos significativos a nível de 5% de probabilidade apenas para 47 (A) e 59 DAG (B), havendo um comportamento linear crescente, como pode ser observado na Figura 14.



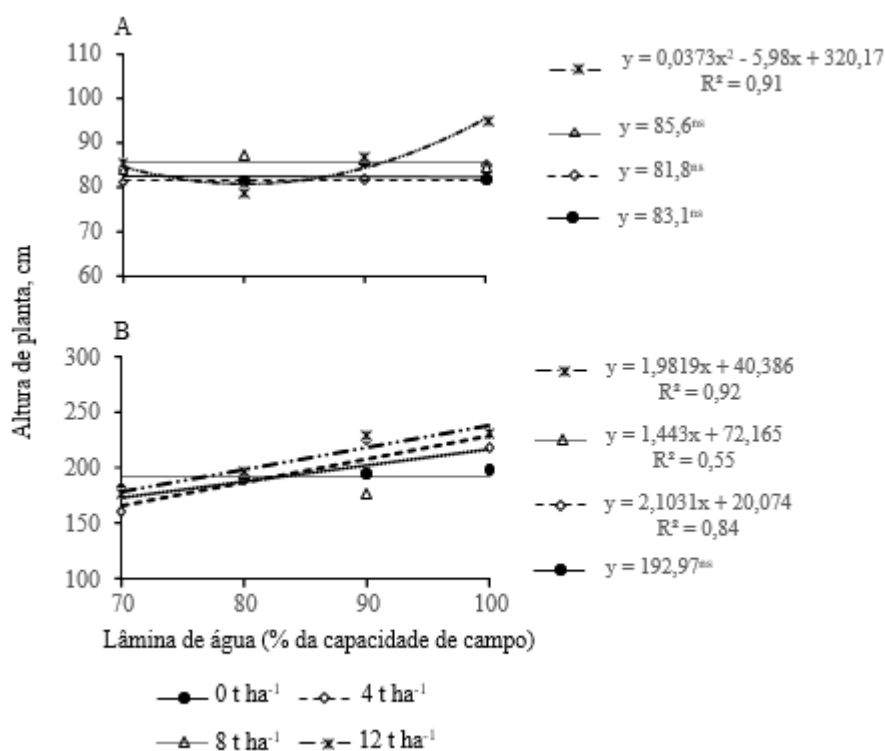
**Figura 14** - Altura da planta em função das doses de biocarcvão aos 47 (A) e 59 (B) dias após a germinação.

Aos 47 DAG (A) a melhor resposta para a variável altura de planta (AP) em relação às doses de biocarcvão ocorreu com a dose correspondente a 12 t.ha<sup>-1</sup>, alcançando uma média de 56,1 cm, projetando uma diferença no crescimento de 2,4 cm comparando com as plantas submetidas a menor dose de biocarcvão ou testemunha (0 t.ha<sup>-1</sup>). Aos 59 DAG (B) o tratamento com a dose de 12 t.ha<sup>-1</sup> apresentou a maior altura de planta, com uma média de 86,1 cm, incrementando 3,9 cm quando comparado com o tratamento testemunha de 0 t.ha<sup>-1</sup>.

De Lima *et al.* (2019), estudando o efeito do biocarcvão de cama de aviário na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) cultivar “Ikeda”, apresentaram efeito linear positivo na altura de planta, atribuindo a tal efeito a quantidade de nitrogênio residual apresentado no biocarcvão, levando em conta que o material de origem é rico nesse nutriente.

Já no presente estudo, aos 71, 83, 95, 107 e 120 após a germinação não houve efeito significativo para o biocarcvão para a variável altura de planta (AP), podendo associar a este resultado, ao efeito da adubação nitrogenada complementar em fundação.

A interação entre as lâminas de irrigação dentro de cada nível do biocarvão para a altura de planta, foram significativos a nível de 5% de probabilidade pela análise de regressão apenas para os 59 (A) e 120 DAG (B), o que pode ser verificado na Figura 15.



**Figura 15** -Desdobramento das lâminas de irrigação e níveis de biocarvão para altura da planta aos 59 (A) e 120 (B) dias após a germinação.

Aos 59 DAG (A) a interação lâminas dentro da dose de 12 t.ha<sup>-1</sup> foi significativa, atingindo uma altura máxima de 95,2 cm, não sendo expressiva para as interações dos outros tratamentos. Quando o tomate atingiu os 120 DAG, com exceção da testemunha, houve significância para a interação entre os tratamentos lâminas de irrigação e doses de biocarvão, sendo a melhor resposta para altura de planta quando disponibilizado 12 t.ha<sup>-1</sup> de biocarvão, com uma lâmina de 100% da capacidade de campo.

### 5.1.2. Diâmetro caulinar

Nos dados descritos na Tabela 4 pode ser observado o resumo da análise de variância para o diâmetro caulinar (DC) do tomateiro tipo cereja, com a variação de lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação (DAG).

**Tabela 4** - Resumo das análises de variância para a variável diâmetro caulinar (DC) em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.

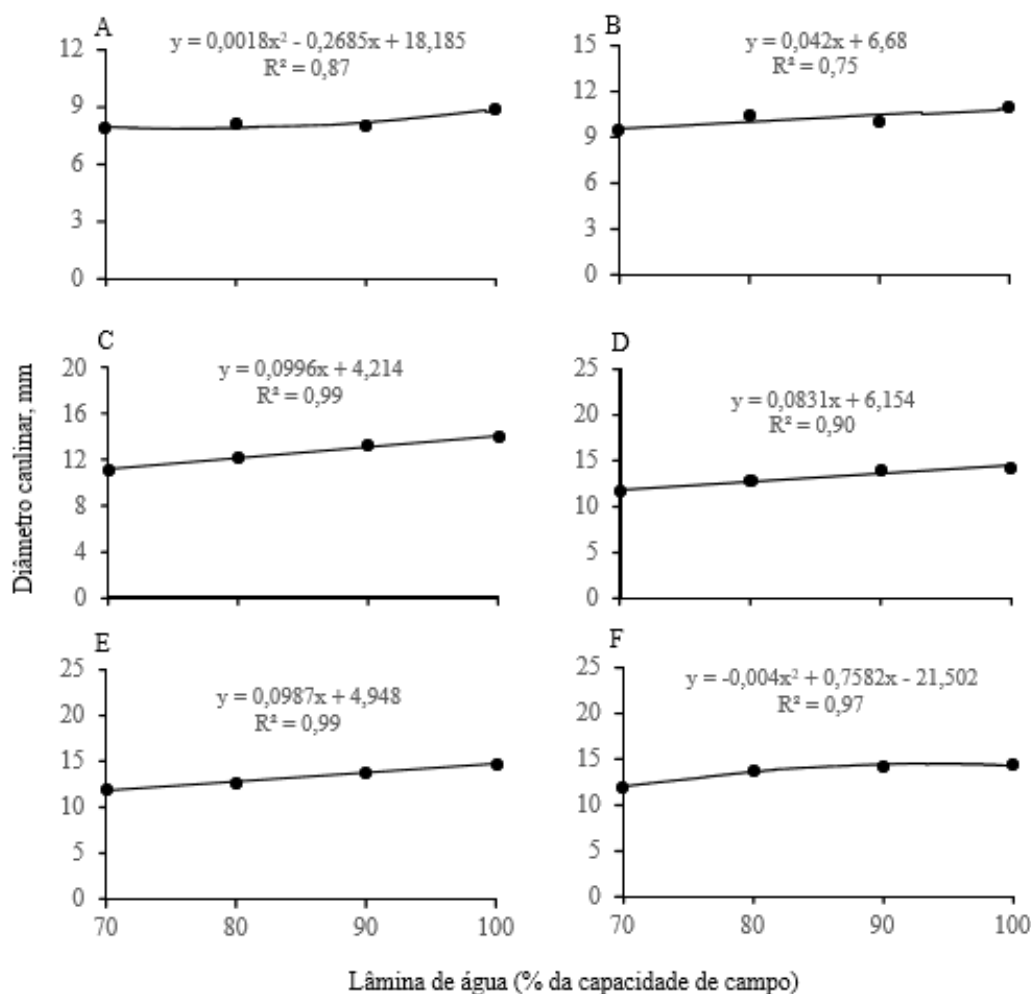
Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		Dias após a germinação							
		35	47	59	71	83	95	107	120
<b>Lâmina (L)</b>	3	0,05ns	2,33**	5,21**	16,71**	19,96**	15,35**	19,48**	15,24**
<b>Linear</b>	1	-	4,80**	11,5**	41,8**	59,481**	41,6**	58,371**	36,53**
<b>Quadrático</b>	1	-	1,12*	0,004ns	7,3**	0,399ns	3,6ns	0,038ns	7,61**
<b>Desvio</b>	1	-	1,07*	4,0**	0,9ns	0,006ns	0,7ns	0,059ns	1,59ns
<b>Biocarvão (B)</b>	3	0,11ns	1,17**	4,70**	11,73**	3,21**	6,84**	3,20*	2,18*
<b>Linear</b>	1	-	1,33*	10,68**	29,793**	8,694**	14,39**	8,7**	5,34**
<b>Quadrático</b>	1	-	2,06**	1,81*	4,712*	0,896ns	6,08*	0,006ns	0,85ns
<b>Desvio</b>	1	-	0,13ns	1,63*	0,702ns	0,041ns	0,06ns	0,83ns	0,35ns
<b>L x B</b>	9	0,04ns	0,16ns	0,42ns	3,95**	0,72ns	0,48ns	0,91ns	0,91ns
<b>Resíduo</b>	32	0,09	0,19	0,30	0,83	0,71	1,07	1,02	0,52
<b>CV (%)</b>		5,30	5,35	5,37	7,35	6,67	7,84	7,59	5,35
<b>Média geral (mm)</b>		5,83	8,25	10,29	12,40	12,68	13,21	13,34	13,54

GL - Grau de liberdade; \*\*,\*,ns Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Verifica-se que o fator de variação lâmina de irrigação não foi significativo aos 35 DAG, provavelmente, devido ao pouco tempo ocorrido após o transplante das mudas. Porém, para as demais datas de avaliação após a germinação, a variação de lâminas de irrigação foi significativa a nível de 1% de probabilidade para o diâmetro caulinar. Quanto as doses de biocarvão, houve influência de forma significativa no diâmetro caulinar a nível de 1% de probabilidade aos 47, 59, 71, 83 e 95 DAG e a nível de 5% de probabilidade aos 107 e 120 DAG, podendo associar tal efeito à disposição de nutrientes pelo biocarvão, resultando no maior porte da planta. A interação entre lâmina de irrigação e doses de biocarvão (L x B) foi significativo ao nível de 1% de probabilidade apenas aos 71 DAG.

As curvas de regressão referentes as lâminas de irrigação aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação sobre o diâmetro caulinar encontra-se na Figura 16.





**Figura 16** - Diâmetro caulinar em função das lâminas de irrigação aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação.

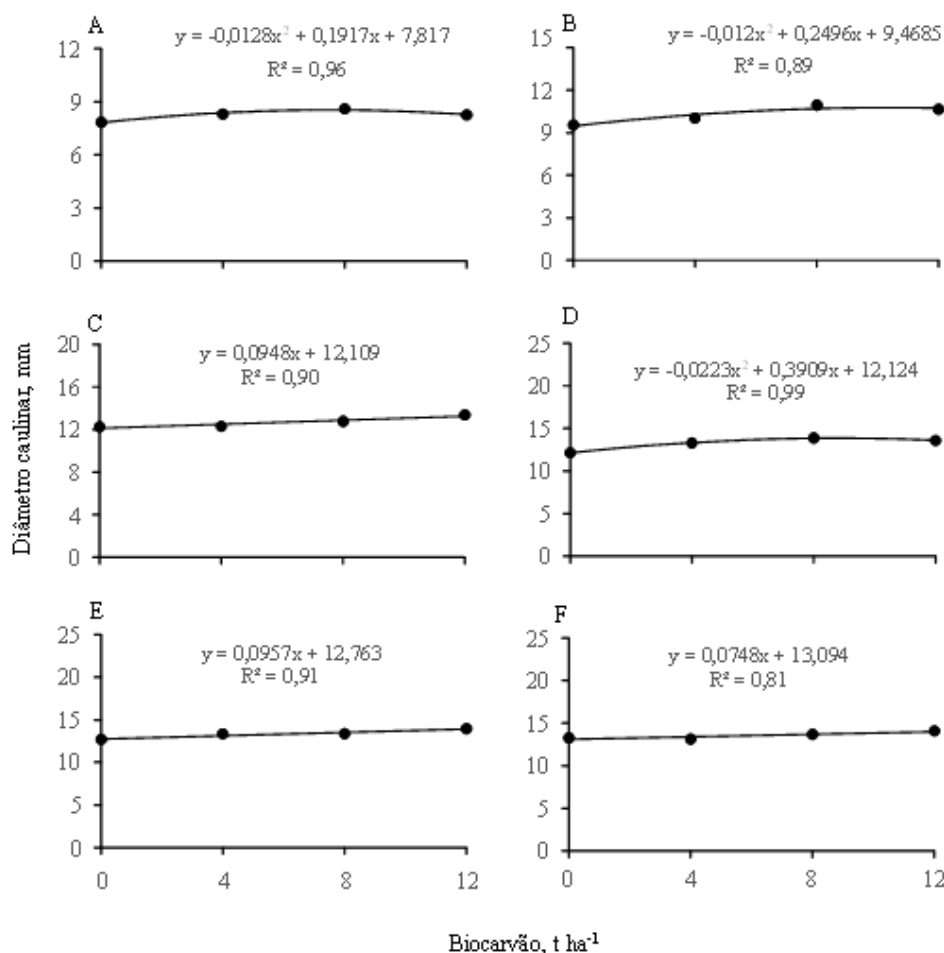
Quanto ao diâmetro caulinar em função do efeito isolado das lâminas de irrigação, as figuras 16 (A), (B), (C), (D) e (E) mostraram um comportamento linear, sendo para todos os melhores resultados com lâminas de irrigação de 100% da Cc, cujos valores corresponderam a 9,33 (A) 10,9 (B), 14,2 (C), 14,5 (D) e 14,8 (E) respectivamente, evidenciando também que após 83 DAG o incremento no diâmetro do caule foi pequeno até os 107 DAG, com um ganho de 0,6 mm, possivelmente devido ao maior requerimento de assimilados para a produção de frutos. Dessa forma, dos 107 aos 120 DAG, devido à aproximação do final do ciclo da cultura e o início da senescência das plantas, houve a diminuição no diâmetro caulinar em 0,05 mm, enquadrando o gráfico (F) no modelo polinomial quadrático, com melhor resultado na lâmina de 94,77% da capacidade de campo.

Santana et al. (2010), trabalhando com tomateiro de mesa híbrido “Andréa” obtiveram o maior diâmetro caulinar quando disponibilizada a lâmina de 100% da Cc aos 55, 70, 85 e 100 dias após o plantio (DAP), mostrando que a lâmina de água aplicada é muito importante para o crescimento em diâmetro do caule do tomateiro, o que corrobora os resultados do presente estudo.

Lopes Sobrinho (2020), trabalhando com lâminas de irrigação e doses de fósforo no desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos do tomateiro cultivar “Gaúcho melhorado”, observou efeito significativo para o fator isolado lâmina de irrigação, para a variável diâmetro de caule, obtendo-se os melhores resultados quando aplicado a lâmina de 125% da Cc, ganhando um incremento no diâmetro caulinar a cada acréscimo de 25% na lâmina de irrigação aos 96 (DAP).

Pires *et al.* (2009), avaliando diferentes frequências de irrigação no desenvolvimento e produção do tomateiro híbrido “Sahel” em ambiente protegido, afirmaram que não houve efeito significativo para o diâmetro caulinar em avaliações aos 43 e 99 dias após o transplante. Da mesma forma, Lima *et al.* (2017), em estudo com diferentes níveis de reposição hídrica e formas de adubação na produção do tomateiro híbrido “Natália”, não observaram efeitos significativos sobre a variável de diâmetro de caule relacionado com as diferentes lâminas aplicadas.

O efeito isolado das doses de biocarvão aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação sobre o diâmetro caulinar, pode ser avaliado de acordo com a Figura 17.



**Figura 17** - Diâmetro caulinar em função do efeito isolado das doses de biocarvão aos 47 (A), 59 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação.

Para as diferentes doses de biocarvão em relação ao diâmetro caulinar, pode-se observar que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático aos 47 (A) 59 (B) e 95 DAG (D) (Figura 17), com um incremento até a dose de 7,48, 10,4 e 8,76 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Assim, aos 47, 59 e 95 DAG os maiores valores de diâmetro caulinar do tomateiro tipo cereja, corresponderam a 7,82, 12,31 e 15,16 mm, ocorrendo um incremento de 7,34 mm dos 47 aos 95 DAG. Para os gráficos (C), (E) e (F) (Figura 17), o modelo que mais se adequou aos dados foi o linear, com a melhor dose de biocarvão de 12 t.ha<sup>-1</sup>, obtendo-se um diâmetro caulinar de 13,2, 13,9 e 14,0 mm, respectivamente.

De lima *et al.* (2019), verificaram resultados positivos com a utilização do biocarvão de cama de aviário para o diâmetro do caule na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), enfatizando que o aumento no diâmetro caulinar com a utilização do biocarvão, está diretamente ligado à disponibilização de nutrientes e sua eficiência em otimizar a concentração nutricional no solo, com conseqüente elevação da produção de biomassa das plantas.

Crispim *et al.* (2020), trabalhando com o aspecto nutricional do biocarvão de várias espécies vegetais do semiárido, na produção de mudas de rúcula (*Eruca sativa* L) em condições semiáridas, observaram um incremento no diâmetro do caule. De igual forma, Mendes (2020), avaliando o crescimento inicial do milho (*Zea mays* L.), verificou que a utilização do tratamento com biocarvão aumentou significativamente o diâmetro do caule.

Dessa forma, como constatado para outras culturas supracitadas, no presente estudo, a utilização do biocarvão na produção do tomate cereja também trouxe efeito significativo e positivo quando analisado a variável diâmetro do caule, provando que a utilização desse material traz diversos benefícios às culturas agrícolas, dentre elas, o tomateiro.

### 5.1.3. Número de folhas

Na Tabela 5 apresenta-se o resumo da análise de variância para a variável número de folhas do tomateiro tipo cereja, com a variação de lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 35, 47, 59, 71, 83, 95, 107 e 120 dias após a germinação (DAG).

**Tabela 5** - Resumo das análises de variância para a variável número de folhas em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Dias após a germinação						
		35	59	71	83	95	107	120
<b>Lâmina (L)</b>	3	0,40ns	451,7**	1122,25**	1240,0**	170,6*	354,0*	324,9*
<b>Linear</b>	1	-	1320,7**	3110,40**	3397,53**	478,83**	960,00**	697,00*
<b>Quadrático</b>	1	-	0,02ns	147,00*	157,68**	1,68ns	102,08ns	63,02ns
<b>Desvio</b>	1	-	34,5ns	109,35*	165,00**	31,53ns	-0,00ns	214,70ns
<b>Biocarvão (B)</b>	3	0,13ns	115,1**	60,69*	75,6*	94,2ns	74,8ns	74,1ns
<b>Linear</b>	1	-	246,03**	160,06**	196,20**	-	-	-
<b>Quadrático</b>	1	-	99,18**	18,75ns	20,02ns	-	-	-
<b>Desvio</b>	1	-	0,33ns	3,26ns	10,83ns	-	-	-
<b>L x B</b>	9	0,35ns	20,1ns	12,19ns	9,9ns	30,0ns	138,0ns	139,9ns
<b>Resíduo</b>	32	0,20	12,6	20,41	18,8	50,4	94,4	107,4
<b>CV (%)</b>		10,38	10,95	8,72	7,35	18,24	26,84	32,17
<b>Média geral (cm)</b>		4,0	33,0	52,0	59,0	39,0	36,0	32,0

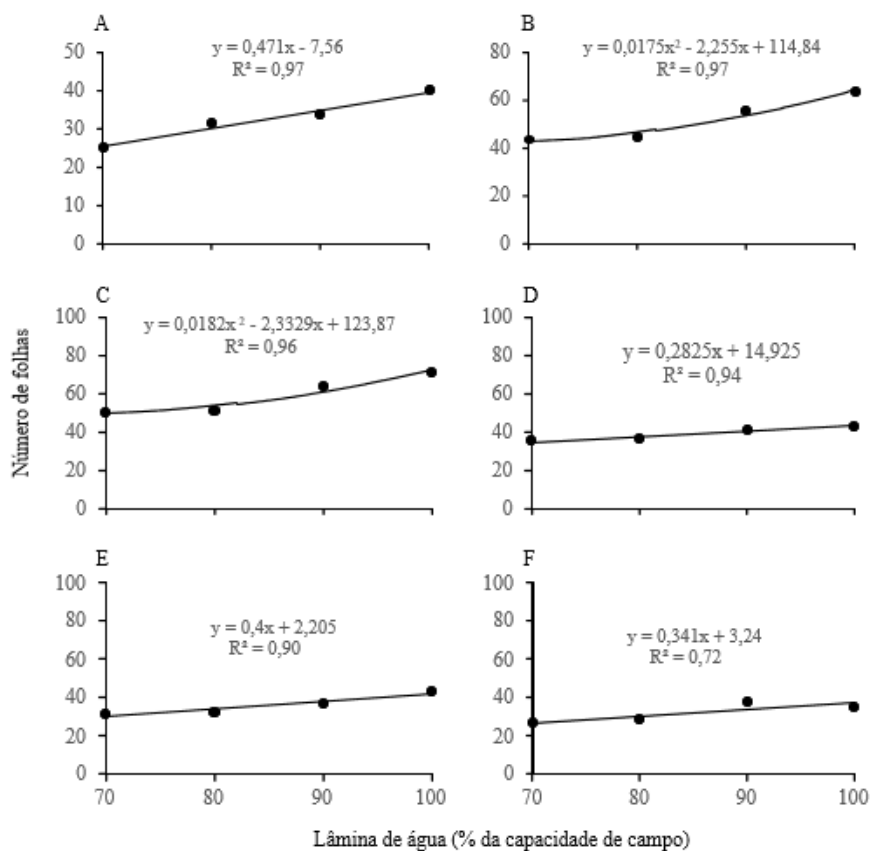
GL - Grau de liberdade; \*\*, \*, ns Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Para o número de folhas, os dados referentes a 47 DAG não seguiram distribuição normal nem homogeneidade de variância antes e após a transformação dos dados, não sendo representados na Tabela 5. Por outro lado, verifica-se que o fator lâmina de irrigação foi

significativo aos 59, 71, 83 DAG a nível de 1% de probabilidade, e a nível de 5% aos 95, 107 e 120 DAG. Quanto as doses de biocarvão, influenciaram significativamente o número de folhas a nível de 1% de probabilidade aos 59, 71 e 83 dias após a germinação, e tal efeito pode ser associado à disponibilidade de nutrientes, aumento da capacidade de trocas de cátions (CTC), diminuição da acidez do solo, melhor estruturação do solo e capacidade de retenção de água em decorrência da utilização do biocarvão no solo (SOKCHEA & PRESTON, 2011; ISHII & KADOYA, 1994; OGUNTUNDE et al., 2004; LEHMANN et al., 2006; ASAI et al., 2009; AJAYI & HORN 2016).

A média geral do número de folhas foi crescente dos 35 aos 83 dias após a germinação, ocorrendo uma queda sucessiva dos 83 aos 120 DAG devido à poda realizada aos 83 DAG e consequente processo de senescência das folhas mais velhas das plantas.

O número de folhas em função do efeito isolado da variação das lâminas de irrigação aos 59, (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação, encontra-se na Figura 18.



**Figura 18** - Número de folhas em função do efeito isolado de lâminas de irrigação aos 59 (A), 71 (B), 83 (C), 95 (D), 107 (E) e 120 (F) dias após a germinação.

De acordo com os gráficos (A), (B) e (C) da Figura 18, referentes ao fator lâminas de irrigação de forma isolada, aos 59, 71 e 83 DAG, a quantidade do número de folhas foi crescente, possuindo uma média de 39,5, 64,3 e 72,6 folhas/planta, fato natural associado ao crescimento do tomateiro. Porém, após aos 83 DAG foi realizado a poda de limpeza nas plantas, a fim de permitir a entrada da luz solar e prevenir o aparecimento de doenças associadas à alta umidade proporcionada pelas lâminas de irrigação. Dessa forma, como pode ser visto nos gráficos (D), (E) e (F) da Figura 18, a quantidade de folhas diminuíram drasticamente devido à poda e posteriormente de forma gradual pela senescência decorrente da proximidade do fim do ciclo da cultura, ficando uma média de 43,2, 45,2 e 37,3 folhas/planta respectivamente quando submetidas à lâmina de 100% da Cc. Comparando-se a diferença no número de folhas após a realização da poda de limpeza, verifica-se que houve uma redução de 21,9% no número de folhas nas plantas submetidas à lâmina de 70% da Cc, e de 13,6% quando sujeitadas às lâminas de 100% da Cc (Gráficos D e F).

Matos (2016), avaliando o crescimento e produção do tomate cereja vermelho, sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação, verificou resultado semelhante ao do presente estudo, ocorrendo a redução do número de folhas a partir dos 96 dias após o transplântio devido à senescência das folhas mais velhas.

Andriolo & Falcão (2000), estudando o efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca em tomateiro híbrido “Raísa”, observaram aumento do número de folhas com a lâmina de irrigação e o início da diminuição aos 90 dias após o plantio, ficando bem próximo ao período de diminuição no número de folhas constatado no presente estudo.

Da mesma forma, Fayad *et al.* (2001), avaliando o crescimento e produção do tomateiro cultivar “Santa Clara”, em condições de campo e ambiente protegido, perceberam que a diminuição no número de folhas teve início aos 93 dias após o transplântio em ambiente protegido.

#### **5.1.4. Área foliar**

O resumo da análise de variância para a área foliar (AF) do tomateiro tipo cereja, em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 120 dias após a germinação, encontra-se na Tabela 6.

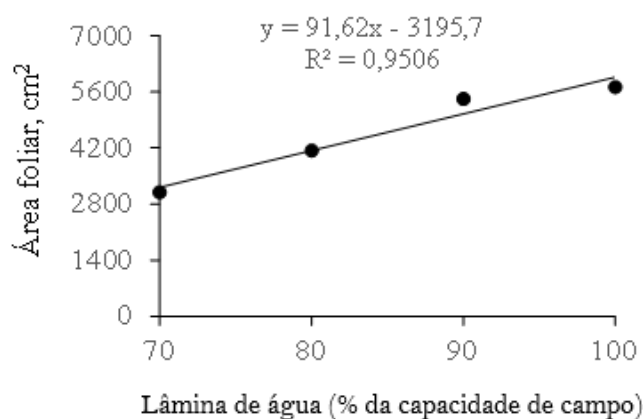
**Tabela 6** - Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
		Área foliar
Lâmina (L)	3	17660299,3**
Linear	1	50365520,4**
Quadrático	1	1676706,0 <sup>ns</sup>
Desvio	1	938671,6 <sup>ns</sup>
Biocarvão (B)	3	5727436,5 <sup>ns</sup>
L x B	9	761017,5 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	3645983,5
CV (%)		41,6
Média geral		4592,0

GL - Grau de liberdade; \*\*,\*,<sup>ns</sup>Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

A área foliar (AF) em relação às lâminas de irrigação foi afetada significativamente a nível de 1% de probabilidade, efeito que pode ser associado à disponibilidade adequada na demanda de água pelo tomateiro, uma vez que na deficiência ou déficit hídrico, o tomateiro pouco se desenvolve, ocasionando plantas raquíticas e conseqüentemente folhas pequenas.

O efeito isolado das lâminas de irrigação na área foliar do tomateiro tipo cereja, pode ser visualizado na Figura 19.



**Figura 19** - Efeito da variação de lâminas de irrigação na variável área foliar (AF) do tomate cereja.

Como pode ser verificado no gráfico relativo à área foliar (Figura 19), constata-se que o aumento das lâminas de irrigação promoveu uma resposta linear crescente, comprovando que

a lâmina de 100% da capacidade de campo resultou em melhores resultados, obtendo uma área foliar de 5966,3 cm<sup>2</sup>, um aumento percentual de 18,1% quando comparado com a lâmina de 90% da capacidade de campo, e 85,4% em relação à lâmina de 70% da Cc.

Lima (2014), percebeu resultado semelhante ao avaliar o cultivo do tomate cereja sob adubação orgânica e mineral e irrigado com diferentes volumes de água, observando maior área foliar quando irrigado com a maior lâmina, correspondente a 130% da ETo, obtendo uma área foliar de 3560,8 cm<sup>2</sup>, ficando abaixo do melhor resultado do presente estudo.

Matos (2016), avaliando o crescimento do tomate cereja vermelho sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação, alcançou resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho, ocorrendo os maiores valores de área foliar quando aplicado a maior lâmina de irrigação, correspondente a 130% da ETc, obtendo uma área foliar máxima de 6761,0 cm<sup>2</sup>.

Soares *et al.* (2012), avaliando o cultivo do tomateiro cultivar “Super Marmande”, na fase vegetativa sob diferentes lâminas de irrigação e ambiente protegido, verificaram uma área foliar máxima de 4091,3 cm<sup>2</sup>, com uma lâmina de 76% da evapotranspiração de referência.

Em relação ao biocarvão de cama de aviário, não houve efeito significativo para a variável área foliar (AF), podendo ser associado este resultado à adubação nitrogenada realizada em fundação, uma vez que o N garante o crescimento da planta e conseqüentemente aumento de área foliar.

Furtado (2015), em estudo com adubação de doses crescentes de biocarvão de cama de frango no crescimento e produção do girassol (*Helianthus annuus*), obteve redução linear na área foliar.

Porém, Mendes (2020), em experimento com biocarvão de cama de aviário no desempenho agrônômico do milho híbrido BRS 2022, obteve resultado significativo na área foliar, alcançando melhor efeito quando aplicado a dose de 6,9 t.ha<sup>-1</sup>.



### 5.1.5. Fitomassa

O resumo da análise de variância para a fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão aos 120 dias após a germinação (DAG), encontra-se na Tabela 7.

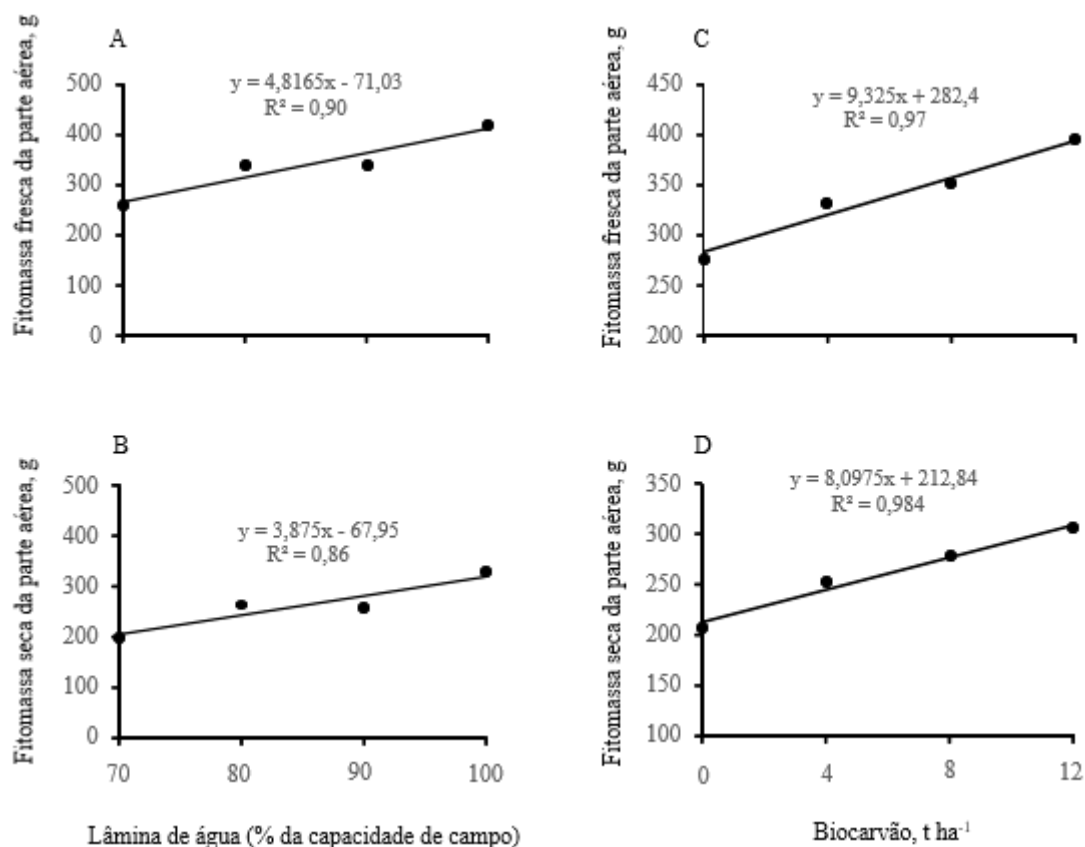
**Tabela 7** - Resumo da análise de variância para fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		FFPA	FSPA
<b>Lâmina (L)</b>	3	51750,8**	34803,4**
<b>Linear</b>	1	139201,6**	90192,9**
<b>Quadrático</b>	1	44,0 <sup>ns</sup>	90,5 <sup>ns</sup>
<b>Desvio</b>	1	16006,6 <sup>ns</sup>	14126,9 <sup>ns</sup>
<b>Biocarvão (B)</b>	3	28652,3*	21482,8*
<b>Linear</b>	1	83552,0**	62920,8**
<b>Quadrático</b>	1	444,0 <sup>ns</sup>	1170,7 <sup>ns</sup>
<b>Desvio</b>	1	1960,8 <sup>ns</sup>	356,9 <sup>ns</sup>
<b>L x B</b>	9	6218,1 <sup>ns</sup>	5835,0 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	32	7368,7	6577,5
<b>CV (%)</b>		25,4	31,0
<b>Média geral</b>		338,4g	261,5g

GL - Grau de liberdade; \*\*,\*,<sup>ns</sup>Significativo a 1 e 5% e não significativo, respectivamente.

As lâminas de irrigação e as doses de biocarvão afetaram significativamente, a nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, quando avaliados separadamente para a fitomassa fresca e seca da parte aérea. Para a interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biocarvão, não houve efeito significativo para ambas as variáveis de fitomassa.

O efeito da variação de lâminas de irrigação e doses de biocarvão, em relação aos fatores estudados para a fitomassa fresca e fitomassa seca da parte aérea do tomateiro tipo cereja aos 120 dias após a germinação, estão dispostos na Figura 20.



**Figura 20** - Efeito das de lâminas de irrigação (A e B) e doses de biocarvão (C e D) em relação à fitomassa fresca e seca da parte aérea do tomateiro tipo cereja 120 dias após a germinação.

O modelo matemático que se ajustou mais adequadamente nas variáveis da fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), em relação às lâminas de irrigação foi o linear. Verificou-se que os tratamentos relacionados à lâmina de 100% da capacidade de campo produziram o equivalente a 410,6 g/planta, proporcionando um incremento de 54,3% em relação a menor lâmina de irrigação (70% da Cc), apresentando 266,1 g/planta. Estes resultados podem ser associados ao adequado suprimento de água para as plantas, visto a grande importância que ela representa para os processos metabólicos, ocasionando o perfeito funcionamento do sistema e pleno desenvolvimento da planta.

Oliveira *et al.* (2012), trabalhando com níveis crescente de água no solo para o girassol, obtiveram um comportamento linear para a variável fitomassa fresca da parte aérea, alcançando o máximo acúmulo de fitomassa associado ao nível de 100% da água disponível do solo.

Para a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados foi o linear, havendo um acréscimo quando irrigado com a maior lâmina de

irrigação (100%), ficando com um ganho de 319,6 g/planta, ou seja, 57,2% maior quando comparado com os 203,3 g/planta da menor lâmina de irrigação (70%).

Soares *et al.* (2012), observaram uma tendência quadrática, verificando que as lâminas maiores de 97% da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), ocasionaram decréscimos na fitomassa seca da parte aérea do tomateiro cultivar “Super Marmande”.

Soares *et al.* (2011), avaliando o crescimento e qualidade física dos frutos do tomateiro cultivar “Nemadouro” sob estresse hídrico, obtiveram resultados significativos para a variável fitomassa seca da parte aérea, observando comportamento linear e crescente com o aumento da disponibilidade hídrica, sendo a lâmina de 120% responsável pelos melhores resultados.

Brito *et al.* (2015), analisando o crescimento e formação de fitomassa do tomateiro cultivar “Super Marmande” nas fases fenológicas e submetidos ao estresse hídrico, observaram que o maior acúmulo de fitomassa seca da parte aérea ocorreu quando houve a disponibilização das lâminas de 90 e 97% da evapotranspiração real da cultura.

Para as doses de biocarvão, os dados das variáveis da fitomassa fresca da parte aérea se ajustaram ao modelo linear, os quais apresentaram um ganho médio de 111,9 g, diferença essa entre 394,3 g, quando disponibilizado a dose máxima de 12 t.ha<sup>-1</sup> e 282,4 g apresentado pela testemunha (0 t.ha<sup>-1</sup>).

O maior resultado obtido pela fitomassa seca da parte aérea foi de 310,0 g/planta, alcançada com a dose de 12 t.ha<sup>-1</sup>, um ganho de 97,2 g em relação à testemunha (0 t.ha<sup>-1</sup>), com média de 212,84 g/planta.

O incremento produzido pelo biocarvão na fitomassa fresca e seca da parte aérea, pode estar relacionado pela disposição de nutrientes fornecido por esse material, bem como pela retenção de água e conseqüente disponibilização dela, contribuindo para o desenvolvimento da planta.

Coomer *et al.* (2012), avaliando a influência do biocarvão de cama de aviário no crescimento inicial do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), verificaram resultados significativos para a variável fitomassa fresca e seca da parte aérea, utilizado no estudo a dose máxima de 3 t.ha<sup>-1</sup> de biocarvão, conferindo 14,7 g para fitomassa fresca e 1,87 g para fitomassa seca da parte aérea.

Suppadit *et al.* (2012), estudando os efeitos do biocarvão de cama de codornas na qualidade de grãos de soja (*Glycine max* L.), avaliaram efeitos significativos no aumento da fitomassa seca a partir do incremento das doses de biocarvão, acumulando 6,38 g/planta, com a dose de 98,4 g por vaso, utilizando 10 kg de solo por vaso.

## 6. Variáveis de produção e qualidade dos frutos do tomateiro

A Tabela 8 apresenta o resumo da análise de variância para a produção total de fruto (PTF), número total de frutos (NTF), diâmetro polar do fruto (DPO), diâmetro equatorial do fruto (DEQ) e teor de sólidos solúveis totais (°Brix) para o tomateiro cereja, em função das diferentes lâminas de irrigação e doses de biocarvão.

**Tabela 8** - Resumo da análise de variância para produção total de frutos (PTF), número total de frutos (NTF), diâmetro polar (DPO), diâmetro equatorial (DEQ) e teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em função dos diferentes tratamentos.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		PTF	NTF	DPO	DEQ	°Brix
<b>Lâmina (L)</b>	3	63576,4**	173,6**	8,17**	6,48**	2,37**
<b>Linear</b>	1	184080,3**	312,8*	19,99**	14,87**	7,05**
<b>Quadrático</b>	1	3363,9 <sup>ns</sup>	60,7 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
<b>Desvio</b>	1	3285,2 <sup>ns</sup>	147,2 <sup>ns</sup>	4,53*	3,71*	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Biocarvão (B)</b>	3	12301,8 <sup>ns</sup>	76,1 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,96**
<b>Linear</b>	1	-	-	-	-	3,90**
<b>Quadrático</b>	1	-	-	-	-	2,93**
<b>Desvio</b>	1	-	-	-	-	2,05**
<b>L x B</b>	9	10161,1 <sup>ns</sup>	132,0 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	32	6679,1	60,1	0,73	0,86	0,14
<b>CV (%)</b>		17,47	12,15	3,06	4,08	5,13
<b>Média geral</b>		467,70g	64,0	27,8 mm	22,7 mm	7,48

GL - Grau de liberdade; \*\*,\*,<sup>ns</sup>Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

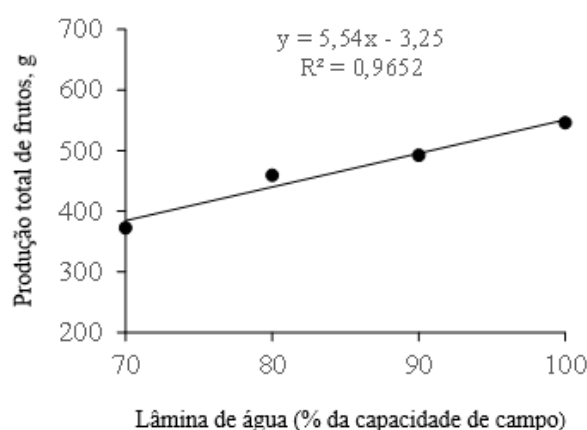
A variação das lâminas de irrigação influenciou de forma significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F todas as variáveis de produção e qualidade dos frutos, número total de frutos, diâmetro polar, diâmetro equatorial dos frutos e teor de sólidos solúveis totais (°Brix).

A variação biocarvão, foi significativa a nível de 1% de probabilidade somente para a variável sólido solúveis totais (°Brix), não sendo expressiva para as demais variáveis

analisadas. Para a interação lâmina de irrigação e doses de biocarvão (L x B), não houve resultados significativos em nenhuma das variáveis de produção analisadas.

### 6.1. Produção total de frutos (PTF)

A regressão para a variação de lâminas de irrigação de forma isolada para a variável produção total de frutos, encontra-se na Figura 21.



**Figura 21** - Produção total de frutos em relação à variação de lâminas de irrigação de forma isolada.

Pode ser verificado na Figura 21 que a maior média de produção ocorreu quando aplicado a lâmina de irrigação correspondente a 100% da capacidade de campo, chegando a uma produção total de 550,08 g/planta, significando um aumento de 43% quando comparado com a menor lâmina de irrigação (70% da Cc), apresentando 384,6 g/planta.

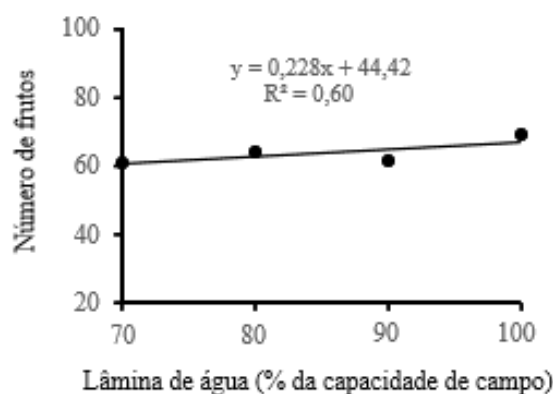
Pacheco (2017), analisando o tomate cereja cultivar “BRS Iracema”, sob disponibilidades hídricas e doses de potássio com irrigação semiautomatizada em ambiente protegido, obteve uma produção máxima de 406 g/planta ou 4,1 ton.ha<sup>-1</sup>, com uma tensão de água no solo de 24 kPa ou 0,23 atm (considerando que a capacidade de campo em solos argilosos é aproximadamente 0,33 atm) obtendo um incremento de 31% quando comparado a menor tensão de 4 kPa ou 0,039 atm.

Silva *et al.* (2013), trabalhando com níveis de irrigação no tomateiro “Caline IPA 6”, em ambiente protegido, verificaram que tanto a menor taxa de reposição da evapotranspiração

(33%) quanto a maior taxa (166%), ocasionaram perdas na produção, obtendo os melhores resultados de produção (kg/planta) na taxa de reposição da evapotranspiração de 133%.

## 6.2. Número total de frutos (NTF)

A regressão para a variação de lâminas de irrigação de forma isolada para a variável número total de frutos, pode ser visualizado na Figura 22.



**Figura 22** - Número total de frutos em função das lâminas de irrigação de forma isolada.

Para a variável número total de frutos (NTF), os dados se adequaram da melhor forma ao modelo linear, no qual a média de número total de frutos por planta, ficou na faixa de 67,2 frutos, sendo 11,3% maior em comparação com a lâmina de irrigação de 70% da capacidade de campo, chegando a uma média de 60,4 frutos. O aumento do número de frutos está relacionado com o bom estado nutricional e hídrico das plantas, desde o estágio de desenvolvimento radicular à frutificação. Nesse sentido, estudos relatam o aumento do número total de frutos com o incremento nas doses de N e K (SAXENA *et al.*, 1975; SAMPAIO, 1998; CHURATA-MASCA *et al.*, 2001),

Sousa (2017), trabalhando com tomate cereja cultivar “Carolina”, com diferentes diluições de água residuária e em ambiente protegido, disponibilizando uma lâmina de 100% da ETc, obteve uma produção média variando de 43,83 a 50,33 frutos/planta, resultado inferior ao obtido no presente trabalho.

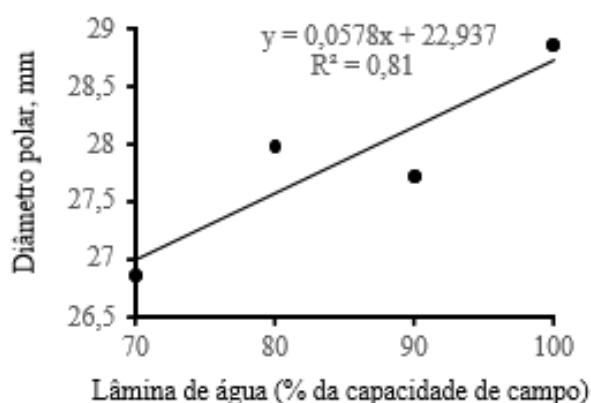
Cabral (2021), avaliando a racionalização de recursos hídricos com auxílio de polímero hidroretentor no cultivo de tomate cereja, cultivar “BRS Zamir”, híbrido desenvolvido para

consumo fresco, verificou a maior produção de frutos com a lâmina de irrigação de 100% da evaporação do tanque Classe A.

Silva *et al.* (2012), avaliando a cultivar “Caline IPA 6” em ambiente protegido e variando a taxa de reposição da evapotranspiração, verificaram que a lâmina de 110% da ETc proporcionou um maior número de frutos por planta, obtendo um rendimento máximo de 34,7 frutos.

### 6.3. Diâmetro polar do fruto (DPO)

A regressão para a variação de lâminas de irrigação de forma isolada para a variável diâmetro polar, pode ser visualizado na Figura 23.



**Figura 23** - Diâmetro polar dos frutos de tomate cereja em relação ao efeito isolado das lâminas de irrigação.

A lâmina de irrigação influenciou significativamente a variável diâmetro polar (DPO) dos frutos do tomateiro tipo cereja, podendo ser observado que o maior diâmetro médio alcançado foi de 28,72 mm, quando disponibilizado a lâmina de 100% da capacidade de campo, sendo 6,4% maior em comparação aos irrigados com lâminas de 70% da Cc, que ficaram com 26,98 mm em média. Tal efeito pode ser explicado pela importância que a água apresenta no desenvolvimento e conteúdo do fruto, dado que em 100 g de tomate fresco, estima-se que contenha 94% de água.

Kalungu (2008), trabalhando com o tomateiro cultivar “Débora Plus” sob diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo, verificou que a lâmina de irrigação de 50% da capacidade de campo, ocasionou tomates denominados de não comerciais,

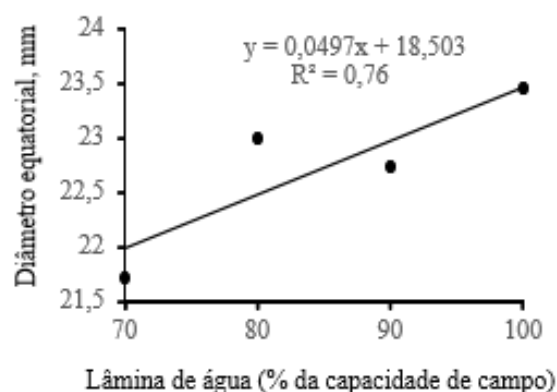
justamente pelo seu tamanho diminuto e fora do padrão de comercialização, que possivelmente foram causados pelo subdesenvolvimento vegetativo das plantas submetidas a menor lâmina de irrigação.

Matos (2016), avaliando o crescimento e produção do tomateiro tipo cereja vermelho sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação, constatou a melhor média de diâmetro polar de 21,50 mm, com uma lâmina de 97,09% da ETc, sendo um diâmetro inferior ao do presente trabalho disponibilizando uma quantidade de água semelhante.

Sousa (2020), analisando o fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária em tomate cereja vermelho, verificou que plantas submetidas à falta de água na fase vegetativa, obtiveram um diâmetro polar médio de 23,52 mm, sendo na fase de floração o maior reflexo que o déficit hídrico pode causar na produção do tomate cereja, obtendo diâmetros polares em média 16,32% menores quando comparado à fase vegetativa. Segundo Silva *et al.* (2013), os baixos valores de diâmetro polar dos frutos estão diretamente relacionados as menores lâminas, sendo ocasionado pelo déficit hídrico, afetando de forma direta os processos fotossintéticos, diminuindo a capacidade de desenvolvimento dos frutos.

#### 6.4. Diâmetro equatorial do fruto (DEQ)

A variável diâmetro equatorial (DEQ) em relação à variação de lâminas de irrigação de forma isolada, pode ser visualizado na Figura 24.



**Figura 24** - Diâmetro equatorial dos frutos de tomate cereja em relação ao efeito isolado das lâminas de irrigação.



Em relação ao diâmetro equatorial (DEQ), a análise de regressão demonstra que a maior média de diâmetro equatorial dos frutos de tomate cereja, ficaram em torno de 23,5 mm quando irrigadas com 100% da capacidade de campo, tendo em contrapartida uma média de 18,5 mm no diâmetro equatorial quando disponibilizado 70% da capacidade de campo, diferença de 27% entre a maior e menor lâmina de irrigação.

Soares *et al.* (2011), avaliando o crescimento do tomateiro cultivar “Nemadouro” sob estresse hídrico em ambiente protegido, verificaram que a lâmina de 120% da ETr ocasionou a maior média de diâmetro transversal dos frutos do tomateiro, tendo um incremento de 10,53% em relação ao diâmetro transversal dos frutos irrigados com 60% da ETr.

Ao contrário dos resultados encontrados no presente estudo, Matos (2016), avaliando o crescimento e produção do tomate cereja vermelho sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração, relatou que não houve efeito significativo para a variável diâmetro transversal dos frutos com a aplicação de diferentes taxas de reposição de água.

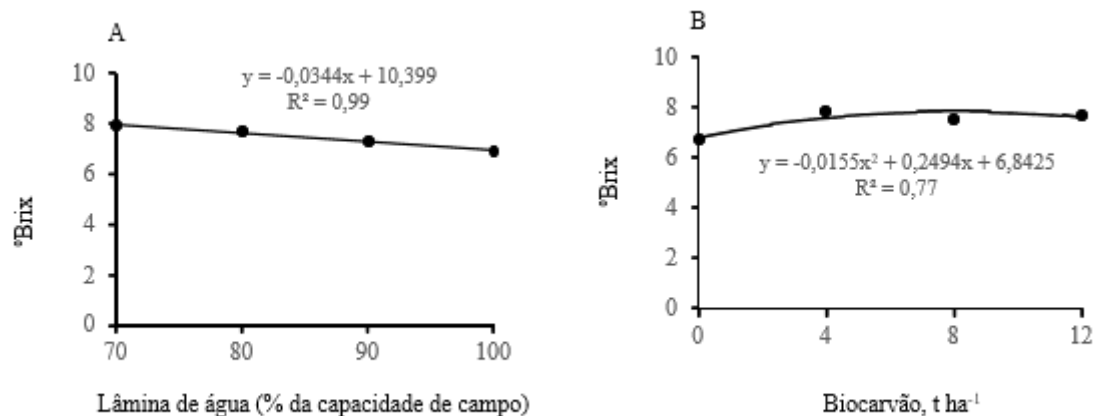
Pacheco (2017), avaliando a disponibilidade hídrica e doses de potássio sobre a produção do tomate cereja cultivar “BRS Itacema”, verificou que o maior diâmetro médio de fruto, ficou em 24,1 mm com uma tensão de água no solo de 4 kPa, obtendo um incremento de 18% comparando-se com a maior tensão de água no solo, que foi de 44 kPa.

Tanto o presente estudo, quanto os trabalhos supracitados, evidenciam que o diâmetro do fruto diminui com menores disponibilidades de água na irrigação. Segundo Chevalier *et al.* (2011), as dimensões dos frutos de tomateiro dependem da taxa e do período da expansão celular. Tendo isso em vista, e considerando que os processos fisiológicos das plantas são diretamente influenciados pela disponibilidade hídrica, é justificável que os frutos permaneçam menores quando se disponibiliza uma menor quantidade de água.

Segundo Fernandes *et al.* (2007), analisando a classificação do tomate cereja determinado pela Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP, (2004), sugeriram uma nova classificação em relação ao diâmetro equatorial dos frutos de tomate cereja, sendo não considerado frutos comerciais os menores que 20 mm.

## **6.5. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)**

O efeito das lâminas de irrigação (A) e das doses de biocarvão (B) sobre o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) do tomate cereja, pode ser visualizado na Figura 25.



**Figura 25** - Efeitos das diferentes lâminas de irrigação (A) e doses de biocarvão (B) no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) nos frutos de tomate cereja.

Como destacado no gráfico da Figura 25 A, para lâminas de irrigação, o modelo matemático mais adequado à variável (°Brix) foi o linear negativo, obtendo-se o maior teor de concentração de sólidos solúveis totais (8,0 °Brix) com a menor lâmina de irrigação, correspondente a 70% da capacidade de campo. Para a maior lâmina de irrigação (100%), o teor de sólidos solúveis totais caiu para (7,0 °Brix), evidenciando que o maior conteúdo de água disponível afeta diretamente o °Brix dos frutos do tomateiro. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os resultados obtidos por Carvalho (2017), que estudando o efeito do regime hídrico e da fertilização nitrogenada no rendimento e qualidade da cultura do tomate, cultivar “Coração de boi”, verificou que os teores de sólidos solúveis totais diminuíram com o aumento das lâminas de irrigação.

Segundo a Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP, (2016), o conteúdo de sólidos solúveis totais pode ser influenciado pela região de produção; amplitude e variação entre os dias e as noites; insolação; manejo nutricional e irrigação, dentre outros fatores.

Koetz *et al.* (2010), avaliando a caracterização agrônômica e o °Brix em frutos de tomate híbrido “Heinz 9498”, sob irrigação por gotejamento, obtiveram resultados similares na variável °Brix, observando uma diminuição do teor de sólidos solúveis totais com as lâminas de irrigação de 125% da capacidade de campo, regredindo de 6,57 para 6,0 °Brix.

Matos (2016), considerando o crescimento e produção do tomate cereja vermelho, obteve resultados similares aos do presente estudo, referente ao teor de sólidos solúveis totais

(°Brix), enfatizando que a cada 15% de aumento na reposição da ETc, houve um decréscimo de -0,28 °Brix, sendo a maior média de 6,29 °Brix quando realizado a reposição com 70% da evapotranspiração da cultura e a menor 5,18 °Brix, comparando-se com a reposição de 130% da ETc.

Para o efeito da utilização do biocarvão na concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) do fruto, a melhor resposta ocorreu quando se aplicou a dose de 8 t.ha<sup>-1</sup>, obtendo uma concentração de 7,8 °Brix, sendo 2,6% maior quando comparado à dose de 12 t.ha<sup>-1</sup>, obtendo uma média de 7,6 °Brix por fruto (Figura 25 B). Uma hipótese para o efeito significativo do biocarvão no teor de sólidos solúveis totais, ocorre pelo quantitativo superior ao recomendado de potássio (K) apresentado no biocarvão do presente estudo, sendo confirmado a importância deste nutriente por Oliveira *et al.* (2003), os quais observaram um aumento do °Brix no meloeiro híbrido “Red Monami” com o aumento da disponibilidade de potássio de até 13,5 g por planta. De mesma forma, Meurer (2006), destacou que o K favorece o incremento de sólidos solúveis totais dos frutos.

## 7. CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento do tomate cereja cultivar “Carolina”, como altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA), foram influenciadas positivamente pelas lâminas de irrigação, tendo como melhores resultados para as variáveis supracitadas, a lâmina de 100% da capacidade campo.

Em relação às doses de biocarvão de cama de aviário para as variáveis de crescimento, houve significância para o diâmetro caulinar (DC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA), apresentando no geral melhores resultados com a dose correspondente a 12 t.ha<sup>-1</sup>, mostrando ainda significância apenas no início para altura de planta (AP) e número de folhas (NF), não sendo significativo para a área foliar e para a interação das lâminas de irrigação com as doses de biocarvão.

As variáveis de produção e qualidade referente à variação das lâminas de irrigação, apresentaram efeitos significativos para a produção total de frutos (PTF), número total de frutos (NTF), diâmetro polar (DPO), diâmetro equatorial (DEQ) e sólidos solúveis totais (°Brix), submetidas a lâmina de irrigação de 100% da capacidade campo. Já em relação as mesmas variáveis citadas, o biocarvão não apresentou efeito significativo, exceto para a variável sólidos solúveis totais (°Brix), observando a melhor resposta com dose de 12 t.ha<sup>-1</sup>.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJAYI, A. E.; HORN, R. Modification of chemical and hydrophysical properties of two texturally differentiated soils due to varying magnitudes of added biochar. **Soil & Tillage Research**, v. 164, 34 - 44, 2016.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

ANDRIOLO, J. L.; FALCÃO, L. L. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 75-83, 2000.

ARAÚJO, V. R. **Eficiência de adubação fosfatada no cultivo do tomateiro**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2018.

ASAI H.; SAMSON, B.K.; STEPHAN, H. M.; SONGYIKHANGSUTHOR, K.; INOUE, Y.; SHIRAIWA, T.; HORIE, T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. **Field Crops Research**, v. 111, p. 81 - 84, 2009.

AZEVEDO, J. V. V.; SANTOS, C. A. C.; ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de; OLINDA, R. A. Influência do clima na incidência de infecção respiratória aguda em crianças nos municípios de Campina Grande e Monteiro, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v, 30, n. 4, 467–477, 2015.

AZEVEDO, V. F. **Produção orgânica de tomateiro tipo ‘Cereja’: Comparação entre cultivares, espaçamento e sistema de condução da cultura**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. p. 9. 2006.

BARROS, P. C. S.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C.; COSTA, R. A. Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 265-270, 2014.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; MENDEZ, M. E. G.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro cultivado sob diferentes tipos

de adubação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 180-184, 2007.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; NOVOTNY, H.; REIS, E. L.; KER, J. C. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes Brazil. **Geoderma**, v. 127, p 104-113, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2005. 611 p.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T.; SILVA, E. C. B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

CABRAL, M. A. **Racionalização de recursos hídricos com auxílio de polímero hidroretentor no cultivo de tomate sweet grape cv. BRS Zamir**. 2021. 28 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Urutaí, 2021.

CAMPOS, H. M. **Automação da irrigação no cultivo de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) sob conteúdos volumétricos de água no solo**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2019.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, p. 63-120, 2004.

CARVALHO, M. R. **Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada no rendimento e qualidade da cultura do tomate**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária, Bragança, 2017.

CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Classificação de tomate**, 2014.

CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. **A medida da doçura das frutas. Centro de qualidade, pesquisa e desenvolvimento**. Cartilha técnica 08, p 17, São Paulo, 2016.

CHURATA-MASCA, M. G. C.; BONOMO, R.; GONÇALVES, V. S.; OLIVEIRA, A. B. Resposta de híbridos de tomate industrial a diferentes níveis de potássio aplicado em fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, 2001.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise dos indicadores da produção e comercialização no mercado mundial, brasileiro e catarinense**. Compêndio de estudos CONAB. Brasília. v. 21, 2019.

COOMER, T. D.; OOSTERHUIS, D. M.; LONGER, D. E.; LOKA, D. A. **Effect of poultry litter biochar on early-season cotton growth**. P, 89-94, 2012. (Research Series 610).

CUNHA, T. J. F.; SANTOS, H. G.; C FILHO, B.; PEREIRA, N. R.; MARTINS, J. S.; ZARONI, M. J.; SILVA, E. F. Horizonte A antrópico em novas classes de solos na Amazônia Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 2001, **Anais...**Londrina-PR. SBCS, 2001.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G, A. Produção de beterraba em função de doses de biocarvão. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 7, **Anais...**CONTECC, 2021.

CHIOMENTO, J. L. T. **Crescimento e produção do tomateiro tipo cereja sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação**. 2020. 93 f. Tese – (Doutorado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo fundo, 2020.

CRISPIM, J. F.; LIMA, J. J. S.; SILVA, J. K. B.; SILVA, A. G. C.; FERNANDES, G. K. F. BENTO, J. E. A. Aspecto nutricional do biocarvão na produção de mudas de rúcula em condições semiáridas. **Colloquium Agrariae**, v. /, p. 12-17. 2020.

DE LIMA, W. B.; CALVACANTE, A. R.; BONIFÁCIO, B. P.; OLIVEIRA, L. D.; CHAVES, L. H. G. Potencial nutricional do biocarvão e nitrogênio na cultura do pimentão. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 76, 2019, Palmas. **Anais..** Palmas/TO: CREA-TO, 2019.

DUART, A M. **Acúmulo e exportação e nutrientes por híbridos de tomate em ambiente protegido**. Campinas – SP, 2019. 49 p. Dissertação (Mestrado) – Tecnologia da Produção Agrícola. Instituto Agronômico de Campinas – IAC. 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Para industrialização**. Embrapa – CNPH, Brasília, 36 p, 1994.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASHI, H.; MARTINS, S. R.; BERLATO, M. A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The future of food and agriculture – Trends and challenges**. Rome. 2017

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, L. F.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 232-237, 2001.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, Brasília, 2007.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais Sinop**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência Agrônômica**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57. n. 2, p. 263 – 273. Viçosa, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421p.

FURTADO, G. F. **Crescimento e produção de girassol sob doses de biocarvão de cama de frango e NPK**. 2015. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, **Bragantia**, v. 22, n. 56, p. 693-713, 1963.



GAO, X.; HUO, ZAILIN.; XU, X.; QU, Z.; HUANG, G.; TANG, P.; BAI, Y. Shallow groundwater plays an important role in enhancing irrigation water productivity in an arid area: the perspective from a regional agricultural hydrology simulation. **Agricultural Water Management**, v. 208, p. 43-58, 2018.

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.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BARBOSA, V.; SILVA, J.M. Nutrição mineral de hortaliças. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. **Anais da ESALQ**, v. 35, p. 243-270, 1978.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v. 61, p. 77-99, 1995.

HOSSAIN, M. K. et al. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Chemosphere**, v. 78, n. 9, p. 1167–1171, fev. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal – PAM – 2017**. Brasília: IBGE, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasil: IBGE, 2021.

IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco**, 2º aproximação. Recife, 2008.

ISHII, T.; KADOYA, K. Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus growth and vesicular-arbuscular mycorrhizal development. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v. 63, p. 529 –535, 1994.

KALUNGU, J. W. **Resposta do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido**. Piracicaba – SP. 2008, 81 f. Dissertação – (Mestrado) em irrigação e drenagem. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 2008.

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; JUNIOR, D. G. S.; FILHO, R. R. G. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob

irrigação por gotejamento no sudoeste de goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 1, p. 14-22, 01 fev. 2010.

KOLAPKAR, M. M.; KHIRADE, P. W.; SAYYAD, S. B. Design and development of embedded system for measurement of humidity, soil moisture and temperature in polyhouse using 89E516RD microcontroller. **International Journal of Advanced Agricultural Sciences and Technology**, v.5, n.1, p. 96-110, 2016.

LAURENTINO, L. G. S. **Influência do biocarvão na fertilidade do substrato, emergência e crescimento inicial de mudas de melão e mamão**. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial in ecosystem - A review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 11, p. 403 - 427, 2006.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management science and technology**. 2 edições. London: Earthscan, 2009. p. 207–226.

LIMA, A. S. **Cultivo do tomateiro tipo cereja sob adubação orgânica e mineral irrigado com diferentes volumes de água**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2014.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 191 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LIMA, L. B. **Desempenho agrônomo da soja, fertilidade e dinâmica da matéria orgânica em solo sob aplicação de biochar no cerrado brasileiro**. 2014. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

LIMA, T. P.; GOMES FILHO, R. R.; CADORE, R.; FREITAS, D. S.; CARVALHO, C. M.; AGUIAR NETTO, A. O. A. Lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate de mesa. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 18-25, 2017.

LOPES SOBRINHO, O. P. **Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro, submetidos a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação**. 2020. 178, f. Dissertação – (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde – GO, 2020.

LOZOYA, C.; MENDOZA, C.; AGUILAR, A.; ROMÁN, A.; CASTELLÓ, R. Sensor-based model driven control strategy for precision irrigation. **Journal of Sensors**, v. 2016, Article ID 9784071, 12 p, 2016

MARINHO, D. V. **Parâmetros genéticos para caracteres agronômicos no cruzamento de cultivares de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) tolerantes a requeima (*Phytophthora infestans*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. p. 22. 2018.

MAROUELLI, A. W.; SILVA, W. L. C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial “NFT”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.7, v. 40, 2005.

MARTINS, B. N. M. **Doses de fósforo na produção das mudas e sua influência na produção e qualidade de tomate**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, SP. P. 67, 2015.

MATOS, R. M. **Crescimento e produção do tomateiro tipo cereja sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. P. 65, 2016.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; ARAÚJO, W. R.; FILHO, M. C.; HOLANDA, R. M.; JUNIOR, J. C. M. C. Comparativos das variabilidades do clima e do conforto ambiental nos municípios de Campina Grande e Monteiro, PB. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 11, p. 1-16, 2021.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: Nutrição Mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre Fernandes. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 432 p, 2006.

MENDES, J. S. **Biocarvão: caracterização, uso como condicionador de solo e influência no desempenho agrônômico do milho**. 2020. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

MENDES, W. R.; ARAÚJO, F. M. U.; DUTTA, R.; HEEREN, D. M. Fuzzy control system for variable rate irrigation using remote sensing. **Expert Systems With Applications**, v. 124, p. 13-24, 2019.

MOLTIVA, M. J.; MACIÀ, A.; ROMERO, M. P.; LABRADOR, A.; DOMÍNGUEZ, A.; PEIRÓ, L. Optimization and validation of analytical methods for the simultaneous extraction of antioxidants: Application to the analysis of tomato sauces. **Food Chemistry**, v. 163, p. 234-243, 2014.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2015.

NASCIMENTO, J. M. S.; SILVA, A. C. C.; DIOTTO, A. V.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. C. Irrigação por gotejamento subsuperficial e pulsos na produção de tomate de mesa. **Brazilian Journal Of Development**, p. 65903-65916. 2020.

NÓBREGA, I. P. C. **Efeitos do Biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: Sequestro de carbono no solo**. 2011. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa-PT.

OLIVEIRA, J. G.; LAURA, V. A.; BISCOLA, H. E. de G.; FAVERO, S.; DORNAS, M. F. Efeito da adubação potássica sobre o brix em meloeiro híbrido Red Monami. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, 2003.

OLIVEIRA, J. T. L.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A. S; FILHO, D. H. G Fitomassa de girassol cultivados sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

OGUNTUNDE, P. G.; FOSU, M.; AJAYI, A. E.; GIESEN, N. V. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, p. 296-299, 2004.

PACHECO, A. B. **Tomateiro cereja sob disponibilidades hídricas e doses de potássio com irrigação semiautomatizada em ambiente protegido**. 2017. 86 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017.

PAPADOPOULOS, A. P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media**. Ontário: Agriculture Canada Publication, 1991. 79 p.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. M. L.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p. 96-117, 2017.

PEREIRA, R. M.; JÚNIOR, J. A.; CASALORI, D.; SALES, D. L.; RODRIGUEZ, W. D. M.; SOUZA, J. M. F. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, p. 149-157, 2015.

PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A.; MELO, A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 228- 234, 2009.

PRADO, R. de M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. de O.; ALVES, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina; Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p. 19 – 30, Londrina, 2011.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V. de; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA JÚNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.

ROMERO, R.; MURIEL, J. L.; GARCÍA, I.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. **Agricultural Water Management**. 114, 59–66, 2012

SANTANA, M. J. de.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010.

SANTOS, F. F. **Acúmulo de nutrientes em tomateiro e adubação potássica na produtividade e qualidade de fruto**. 2018, 122 f. Tese – (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 2018.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 136-139, 1998.

SAXENA, G. K.; LOCASCIO, S. J.; LUCAS, J. B. Effect of N, P and K rates on response of cabbage and tomato grown on a co-asted clay soil of Guyana. **Tropical Agriculture**, v. 52, n. 2, p. 149-156, 1975.

SILVA, E. T.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Ciências Agrárias Ambientais**, v. 1, p. 51-54. 2003.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Produção mundial e nacional**. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. Tomate para processamento Industrial. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia/ Embrapa Hortaliças, 2000. p. 8-11.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W.; Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização. Brasília: Embrapa CNPH, 1994, 36p. (Embrapa-CNPH. Instruções Técnica, 12)

SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 12 out. 2012.

SILVA, P. F.; SILVA, A. C. C.; TAVARES, K. N.; SANTOS, D. P.; BARROS, A. C. Produção e teor de Brix<sup>o</sup> do tomate cereja irrigado com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 85-89, 2012.

SILVA, J. M. S.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.

SILVA, P. A.; RABELO, J. S.; GUIMARÃES, M. A.; SILVA, J. C. V.; OLIVEIRA, L. S. C. Sistemas de condução na produção comercial de tomate “cereja”. **Revista Nativa**, v. 5, n. 5, p. 316-319, 2017.

SILVA, A. L. **Produção e evapotranspiração do tomate-cereja submetido a lâminas de irrigação, em ambiente protegido**. 2020. 38 f. Monografia (Especialização em Agronomia). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.

SILVA, V. L.; OLIVEIRA, A. C.; FARIAS, G. A.; SILVA, W. V.; SILVA, L. P. Doses de NPK em tomateiro Marmande e seu desempenho a campo no cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p.54-59, 2018.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V.; ARAÚJO, T. T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 203-212, 2011.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 2, p. 38-45, 2012.

SOKCHEA, H.; PRESTON, T.R. Growth of maize in acid soil amended with biochar, derived from gasifier reactor and gasifier stove, with or without organic fertilizer biodigester effluent. **Livestock Research for Rural Development**, v.23, p. 1–7, 2011.

SOUSA, F. G. G. **Irrigação com água residuária em diferentes diluições e disponibilidade para a cultura do tomate cereja**. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2017.

SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; MELO, M. R. M.; SARTORI, M. M. P.; GRASSI FILHO, H. Desenvolvimento e produção do tomate cereja irrigado com diferentes concentrações e disponibilidade de água residuária. **Irriga**, v. 24, p. 582-593, 2019.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**. v. 105, p. 47-82, 2010.

SOUSA, K. C. **Fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária em duas cultivares de tomate cereja**. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SUPPADIT, T.; PHUMKOKRAK, N.; POUNGSUK, P. The effect of using quail litter biochar on soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) Production. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 244-251, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. – Porto Alegre-RS: 888 p, Artmed, 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

TRANI, E. P. Hortaliças: Recomendação de calagem e adubação para o estado de São Paulo. Boletim técnico 251, Capinas: CATI, 2018.

TRYON, E. H. Effects of charcoal on certain physical, chemical, and biological properties of forest soils. **Ecological Monographs**, v. 18, n. 1, p. 81-115, 1948.

VAN DAM, B.; GOFFAU, M.; VAN, L. J. J.; NAIKA, S. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Agrodok, 17. Fundação Agromisa e CTA, Wageningen, 2006.

YURI, J. E.; COSTA, N. D.; de RESENDE, G. M.; FERREIRA, T. D.; SILVA, M. C. Produção de genótipos de tomate tipo salada em duas épocas de plantio. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 10, n. 6, p 1056 - 1064, 2016.