



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**



ANDREZA ALCÂNTARA DA COSTA

CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA CULTIVADO EM BIOPONIA

TERESINA - PI

2025

ANDREZA ALCÂNTARA DA COSTA

CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA CULTIVADO EM BIOPONIA

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Dr. Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior

**TERESINA - PI
2025**

ANDREZA ALCÂNTARA DA COSTA

CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA CULTIVADO EM BIOPONIA

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Dr. Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior

Aprovado em 18 de junho de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior - UESPI
Orientador

Dra. Helen Cristina De Arruda Rodrigues - UESPI
Membro

Dr. Diogo De Souza Ferraz - UESPI
Membro

CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA CULTIVADO EM BIOPONIA¹

GROWTH OF CHERRY TOMATOES GROWN IN BIOPONICS

Andreza Alcântara da Costa²
Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior³

Resumo: Este experimento, conduzido no intervalo entre fevereiro e maio de 2025, avaliou a comparação do cultivo hidropônico convencional com o biopônico na nutrição do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), para verificar se o cultivo biopônico apresenta resultados semelhantes ou superiores ao convencional. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação no Núcleo de Biotecnologia e Biodiversidade da UESPI, em Teresina-PI. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Três tratamentos consistiram em diferentes dosagens concentradas de húmus de minhocas (1 Kg/5 L água, 2 Kg/5 L água e 4 Kg /5 L água). Cada litro dessas concentrações foi utilizado para preparar um balde com 7 litros de solução nutritiva no cultivo biopônico. O quarto tratamento foi o controle, utilizando uma solução nutritiva mineral comercial. As mudas foram cultivadas no sistema Deep Water Culture (DWC), com sistema de aeração para garantir a oxigenação adequada das raízes. A análise do crescimento e desenvolvimento das plantas foi feita por medições de altura, diâmetro e número de folhas. Também foi avaliada a concentração de clorofila em três momentos do ciclo com o clorofilômetro SPAD-502. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de significância pelo programa estatístico RSTUDIO. Perante os resultados, a solução mineral promoveu maior crescimento em altura e diâmetro do caule a partir da 3^a semana, com diferenças mais marcantes na 4^a e 5^a semanas, porém, quanto ao número de folhas e os índices de clorofila não diferiram significativamente entre os tratamentos. Entre as concentrações de chás de húmus, a concentração de 2 kg/5 L apresentou desempenho mais próximo ao mineral, sem diferença estatística em várias variáveis, especialmente nas semanas finais. Assim, embora a solução mineral tenha se destacado em alguns parâmetros, a biopônica com húmus demonstrou desempenho semelhante em vários aspectos, configurando-se como alternativa viável ao cultivo convencional.

Palavras-chave: hidroponia; *Solanum lycopersicum*; nutrição vegetal.

Abstract: This experiment, conducted between February and May 2025, evaluated the comparison of conventional hydroponic cultivation with bioponic cultivation in the nutrition of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), to verify whether bioponic cultivation presents similar or superior results to conventional

¹ Artigo apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma. Data de submissão à Universidade: 18/06/2025.

² Aluna do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina-PI. andrezaalcantaracosta@aluno.uespi.br.

³ Professor do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Doutor em Engenharia Agrícola.

cultivation. The research was carried out in a greenhouse at the Center for Biotechnology and Biodiversity of UESPI, in Teresina-PI. A completely randomized design was used, with four treatments and five replicates, totaling 20 experimental units. Three treatments consisted of different concentrated dosages of earthworm humus (1 kg/5 L water, 2 kg/5 L water and 4 kg/5 L water). Each liter of these concentrations was used to prepare a bucket with 7 liters of nutrient solution in bioponic cultivation. The fourth treatment was the control, using a commercial mineral nutrient solution. The seedlings were grown in the Deep Water Culture (DWC) system, with an aeration system to ensure adequate oxygenation of the roots. The analysis of plant growth and development was performed by measuring height, diameter and number of leaves. Chlorophyll concentration was also evaluated at three moments of the cycle with the SPAD-502 chlorophyll meter. The data were subjected to analysis of variance using the F test, with comparison of means using the Tukey test at 5% significance using the RSTUDIO statistical program. In view of the results, the mineral solution promoted greater growth in height and stem diameter from the 3rd week onwards, with more marked differences in the 4th and 5th weeks. However, the number of leaves and chlorophyll indices did not differ significantly between the treatments. Among the humus tea concentrations, the 2 kg/5 L concentration showed performance closest to the mineral, with no statistical difference in several variables, especially in the final weeks. Thus, although the mineral solution stood out in some parameters, bioponics with humus demonstrated similar performance in several aspects, configuring itself as a viable alternative to conventional cultivation.

Keywords: hydroponics; *Solanum lycopersicum*; plant nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a busca por alternativas sustentáveis na agricultura vem crescendo de forma significativa, com destaque para sistemas de cultivo que aproveitam melhor os recursos naturais e minimizam impactos ambientais, como práticas agroecológicas, integração lavoura-pecuária-floresta e uso de bioinsumos (Embrapa)

A hidropônia, técnica de cultivo sem solo, tem ganhado destaque nesse cenário por permitir maior controle nutricional e menor consumo de água. O uso da hidropônia torna-se ainda mais relevante para a produção de hortaliças, por potencialmente economizar de 50 a 70% de água disponibilizada às plantas, uma vez que as taxas de evaporação, escoamento superficial e percolação são significativamente reduzidas (Hidrogood, 2023)

Segundo Genuncio (2015 *apud* Brito; Santos, 2019), o cultivo hidropônico de hortaliças tem se destacado por promover o uso mais racional da água, reduzindo as perdas comuns em cultivos convencionais, como aquelas causadas por evaporação, escoamento e infiltração. Essa eficiência hídrica pode representar uma economia de até 70% no volume utilizado, refletindo positivamente nos custos de produção.

Contudo, o uso contínuo de soluções nutritivas minerais, quando descartadas de forma inadequada, pode gerar sérios problemas ambientais. O excesso de nutrientes pode contaminar corpos d'água e levar à salinização do solo, conforme destaca (Felipe; Souza; Venture, 2021).

Nos últimos anos, a bioponia tem surgido como uma alternativa promissora ao cultivo hidropônico convencional, pois combina princípios da hidropônia com a

introdução de microrganismos benéficos e compostos orgânicos no sistema de cultivo, promovendo um ambiente mais diversificado e complexo. Essa abordagem pode potencialmente melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, promover um estado nutricional mais equilibrado e aumentar a resistência a patógenos (Gartmann *et al.*, 2023). Soluções orgânicas, como o chá de húmus de minhoca, ao final do cultivo, podem ser descartadas diretamente no solo, atuando como fonte de matéria orgânica, nutrientes e contribuindo para a melhoria da fertilidade.

Apesar dos avanços na área, ainda há uma limitada quantidade de estudos comparativos entre esses sistemas hidropônicos, especialmente em cultivos como o tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), que possui elevado valor comercial. Considerando esse cenário, este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a eficiência do cultivo hidropônico convencional e biopônico na nutrição de tomate cereja, buscando identificar se os resultados do cultivo com chá de húmus seriam semelhantes ou superiores àqueles obtidos com a solução mineral tradicional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Núcleo de Biotecnologia e Biodiversidade da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, localizado no município de Teresina, no estado do Piauí (5°04'30" S e 42°48'22" W).

Em 24 de março de 2025, iniciou-se a produção de mudas de tomate cereja, sendo colocadas três sementes por célula de espuma fenólica úmida, que germinaram dentro de copinhos descartáveis, utilizando solução mineral e chá de húmus para as mudas destinadas aos tratamentos correspondentes. Apesar da previsão de 20 mudas, produziram-se 40, considerando uma reserva de 50% a mais. Desses, 30 foram para o uso de chá de húmus e 10 com solução mineral, assegurando maior disponibilidade em caso de problemas na germinação ou desenvolvimento.

Antecipadamente, foram armazenados 140 litros de água potável em baldes por 48 horas para diminuir a concentração de cloro e viabilizar o uso no sistema. Também foi colocado próximo ao sistema um balde de 40 litros de água que a cada dois dias foi utilizado para completar a quantidade de água perdida por evaporação.

Estruturou-se o experimento com quatro tratamentos, definidos por diferentes proporções de chá de húmus/água e uma solução nutritiva mineral comercial como controle, totalizando 20 unidades experimentais, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições.

Para a concentrações de chá de húmus:

- Concentração 1: 1 kg de húmus para 5 litros de água;
- Concentração 2: 2 kg de húmus em 5 litros de água;
- Concentração 3: 4 kg de húmus em 5 litros de água.

Para os tratamentos (tabela 1):

- Tratamento A: 1 litro da concentração 1 para 6 litros de água;
- Tratamento B: 1 litro da concentração 2 para 6 litros de água;
- Tratamento C: 1 litro da concentração 3 para 6 litros de água.
- Tratamento D (Controle): nutrição mineral, conforme a indicação na embalagem (Apêndice 2), 21,88 gramas do produto 1 e 2 em pó para 35 litros de água, posteriormente dividido igualmente entre os baldes.

Tabela 1 – Tratamentos

TRATAMENTOS	REP* 1	REP 2	REP 3	REP 4	REP 5
A: 1L Concentração 1 / 6L água	A1	A2	A3	A4	A5
B: 1L Concentração 2 / 6L água	B1	B2	B3	B4	B5
C: 1L Concentração 3 / 6L água	C1	C2	C3	C4	C5
D: Controle	D1	D2	D3	D4	D5

Fonte: Autores (2025)

* Repetição

Para produzir as concentrações de chá de húmus, acondicionou-se húmus comercial em sacos de TNT, que foram submersos individualmente em três vasos contendo 5 litros de água cada. As proporções de húmus seguiram conforme as concentrações pré-definidas e metodologia similar à empregada por Dionísio (2022).

Os sacos de TNT utilizados para acondicionar o húmus, ficaram imersos nos vasos com água por 12 horas, durante as quais as soluções foram aeradas por uma bomba compressor e mangueira de ar, garantindo a oxigenação adequada e o crescimento microbiano.

No transplantio para o sistema Deep Water Culture (DWC), foram selecionadas plantas com presença de 4 pares de folhas e bom desenvolvimento, aos vinte e três dias após a semeadura.

O sistema escolhido foi o DWC ou cultura em água profunda com 20 baldes, sendo cada unidade experimental constituída por um balde com tampa com capacidade para sete litros e cada tampa contendo um furo para colocar as cestinhas/netpot vazadas que foram produzidas com pote descartável de 400 ml, conforme mostra a figura 1.

Figura 1- Estruturação dos baldes



Fonte: Autores (2025)

Para o substrato, utilizou-se isopor triturado para preenchimento das cestinhas e seixo na superfície para maior sustentação e estabilidade das mudas.

No transplantio para o sistema DWC, foram selecionadas plantas com presença de 4 pares de folhas e bom desenvolvimento.

O sistema de aeração foi implementado conforme mostrado na Figura 2, sendo seus componentes especificados nos apêndices 1 e 3.

A bancada utilizada no experimento possuía dimensões de 3 metros de comprimento por 1 metro de largura, sendo estruturada com vergalhões em forma de arco e fios de aço. Essa estrutura serviu para o tutoramento das plantas, que, à medida que cresciam, eram amarradas horizontalmente com fitilhos. O arco foi coberto com uma lona transparente, destinada à proteção contra as chuvas.

Figura 2- Sistema de aeração



Fonte: Autores (2025)

Com o sistema completamente instalado, as concentrações de húmus e tratamento controle foram adicionados aos baldes contendo água, sendo cada unidade devidamente identificada conforme a tabela 1. No mesmo dia, realizaram-se as primeiras análises de crescimento das plantas (altura, diâmetro do caule e número de folhas), além da medição da temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, pH, temperatura e condutividade elétrica das soluções nutritivas.

A condutividade elétrica (CE) quando necessário foi ajustada para $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ na solução nutritiva do controle e mantida inferior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ nas soluções biológicas. Utilizou-se a média dos resultados obtidos nas análises da primeira semana como base para a reposição dos nutrientes nas soluções biológicas, sendo os valores de condutividade elétrica de $0,354 \text{ dS m}^{-1}$ para o primeiro tratamento, $0,53 \text{ dS m}^{-1}$ para o segundo e $0,88 \text{ dS m}^{-1}$ para o terceiro. Para reajustes na solução mineral foi usado 4,8 gramas de cada produto para elevar em $0,052 \text{ mS/cm}$ de reposição em 100 L de solução nutritiva.

A reposição foi realizada tanto nas soluções minerais quanto nas biológicas, por meio da adição ou diluição das soluções nutritivas nos baldes.

Para a regulação do pH, adotou-se o valor de referência de 5,5 a 6,5 para todos os baldes. De acordo com Hidrogood (2018), nas soluções minerais, o pH foi ajustado com adição de hidróxido de potássio para elevação e ácido fosfórico para redução. Nas soluções biológicas, a redução do pH foi feita utilizando uma solução de vinagre de maçã na concentração de 30 ml por litro de água, para aumentar o pH foi realizado adição gradual de bicarbonato de sódio, em pequenas quantidades, até alcançar o valor desejado. A temperatura da solução foi medida com o auxílio de um termômetro, sendo mantida entre 20°C e 30°C , a fim de favorecer a multiplicação dos microrganismos e garantir uma boa taxa de oxigenação (Tortosa, 2017). Durante todo o ciclo vegetativo, realizou-se, semanalmente, as medições de umidade relativa, temperatura do ambiente (termohigrometro), de pH (utilizando pHgâmetro) e de condutividade elétrica (com condutivímetro) das soluções. Verificou-se regularmente a aeração, para garantir a oxigenação adequada.

Com o início do florescimento, foram realizadas podas dos ramos axilares. Durante essa fase, conforme metodologia de Isla sementes (2018), também foi realizada uma vibração manual nos ramos florais, com o objetivo de promover o

contato eficiente entre o pólen e o ovário, favorecendo uma polinização adequada. Na fase de frutificação, foi feita a poda apical e a remoção das folhas do terço inferior da planta, com o intuito de direcionar a energia para o desenvolvimento das flores e dos frutos.

Para avaliar e comparar a eficiência dos sistemas hidropônico convencional e biopônico, foram conduzidas as seguintes análises:

Crescimento: foram determinadas, semanalmente, a altura das plantas, o diâmetro do caule e o número de folhas, a partir do transplantio até a poda apical.

Determinação do indice de clorofila: a primeira coleta foi realizada 15 dias após o transplantio, e as demais foram feitas com intervalos regulares de 15 dias. As coletas foram organizadas em três fases diferentes do desenvolvimento da cultura do tomate cereja: Fase I – crescimento, Fase II – florescimento e Fase III – frutificação. Todas as coletas foram realizadas no mesmo horário, com o uso de um clorofilômetro portátil SPAD-502, entre 8h e 12h, em folhas localizadas no terço médio da planta. As leituras foram feitas em diferentes partes da folha, obtendo-se uma média geral conforme metodologia similar à empregada por Moura (2023).

Os dados obtidos passaram por análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade pelo programa estatístico RSTUDIO.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura sendo um fator importante no desenvolvimento do tomateiro, foi verificado diariamente. A temperatura média do ar no local durante a condução do experimento foi de 33,8 °C e umidade relativa média do ar de 57%. Alvarenga (2004 apud Junior, 2019), afirma que o tomateiro quando submetido a temperaturas elevadas, acima de 35 °C causam redução drástica na porcentagem de germinação, pequeno desenvolvimento da planta, morte prematura de plântulas, queda de flores, abortamento e queima de frutos, clorose das folhas, prejuízo na polinização e menor aproveitamento de nutrientes.

Tabela 2 - Médias da altura após o transplantio, em função de três concentrações de chá de húmus e uma solução mineral (controle)

Semana	Tratamentos	ALT(cm)	DM(cm)	NF
1°	A	*6.28 ± 0.63 a	1.66±0.19 a	4 ± 0.00 a
	B	6.22 ± 0.38 a	1.64±0.38 a	4 ± 0.00 a
	C	6.36 ± 1.33 a	1.88±0.34 a	4 ± 0.00 a
	D	5.74 ± 0.91 a	1.62±0.31 a	4 ± 0.00 a
	CV(%)	14.41	18.72	0
2°	A	10.42±0.75 b	3.04±0.30 a	6.8±0.45 a
	B	10.68±1.19 ab	3.08±0.37 a	7.0±0.00 a
	C	12.16±2.96 ab	3.52±0.67 a	6.8±0.84 a
	D	13.70±1.04 a	3.58±0.74 a	7.2±0.84 a
	CV(%)	14.64	16.84	9.1
3°	A	22.50± 5.18 b	4.20±0.40 b	9.8±0.84 a
	B	23.14±5.15 b	4.94±1.11 ab	10.4±1.67 a

	C	26.92±5.25 ab	5.22±0.86 ab	10.4±1.95 a
	D	34.42±1.85 a	6.12±0.54 a	11.6±0.89 a
	CV (%)	17.17	15.23	13.49
	A	35.30±7.92 b	7.32±1.03 ab	15±2.82 ab
	B	39.84±10.82 b	6.58±1.36 b	14.4±2.30 b
4°	C	38.72±11.27 b	7.36±1.90 ab	14.6±3.13 b
	D	72.48±4.75 a	9.68±1.46 a	20±3.54 a
	CV(%)	19.49	19.02	18.65
	A	68.4±9.40 b	8.70±0.95 a	17.4±3.13 a
	B	67.4±9.24 b	7.94±1.50 a	16.8±3.63 a
5°	C	63.4±17.54 b	7.28±1.78 a	16.6±4.04 a
	D	103.6±8.76 a	9.86±1.78 a	21.4±3.36 a
	CV(%)	15.61	18.24	19.7
	A	97±4.47 ab	8.98±0.92 a	20±3.94 a
	B	101.4±9.04 ab	9.66±0.90 a	20.4±2.70 a
6°	C	94.8±21.92 b	8.20±1.98 a	18.6±3.36 a
	D	119.8±12.48 a	10.54±1.55 a	22.4±3.44 a
	CV(%)	13.16	15.12	16.65

Fonte: Autores (2025)

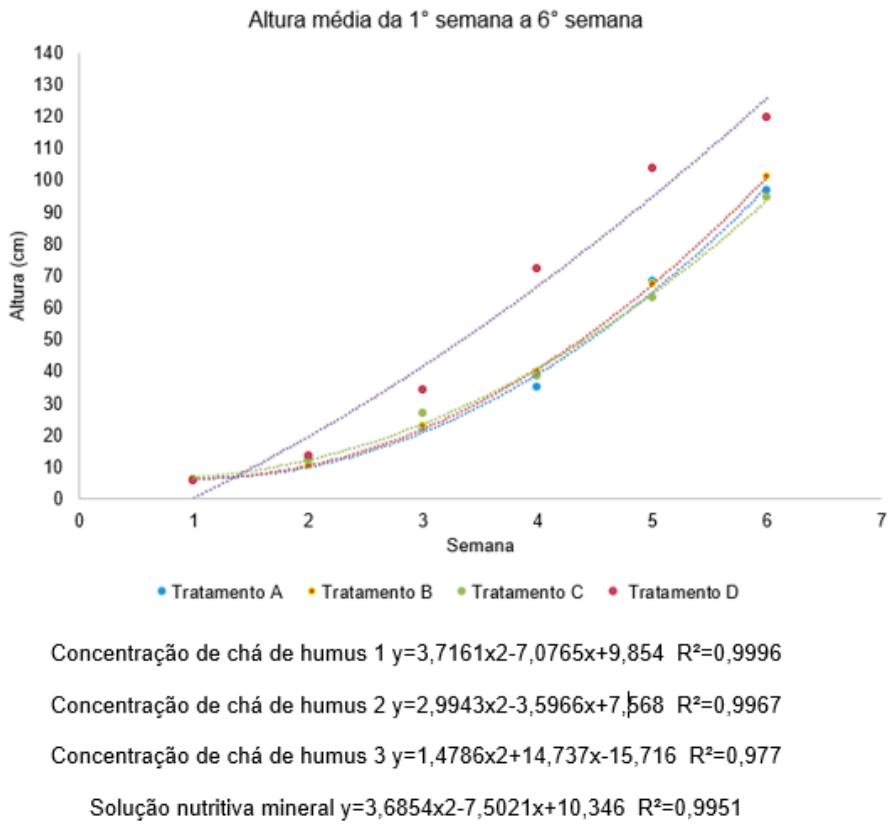
*ALT – altura; DM – diâmetro do caule; NF – Numero de folhas. CV – Coeficiente de variação. Média ± desvio padrão com letra tukey. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, $p<0,05$; Tratamento A – concentração de chá de húmus 1; Tratamento B – concentração de chá de húmus 2; Tratamento C – concentração de chá de húmus 3; Tratamento D – Solução mineral

Na primeira semana (Tabela 2), quanto à altura, diâmetro do caule e número de folhas, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em nenhuma das variáveis analisadas, sugerindo que os efeitos dos tratamentos ainda não haviam se manifestado plenamente. Esse padrão inicial pode estar relacionado ao período de adaptação das mudas, como descrito por Silva, Pereira e Costa (2019).

Já na segunda semana (figura 3), a solução mineral ($13,70 \pm 1,04$ cm) começou a superar as concentrações de chá de humus, indicando resposta precoce ao fornecimento de nutrientes solúveis. Essa tendência se intensificou na 3ª semana, quando a altura das plantas tratadas com a solução mineral atingiu $34,42 \pm 1,85$ cm, valor significativamente maior que os observados com a concentração de chá de húmus 1 ($22,50 \pm 5,18$ cm), 2 ($23,14 \pm 5,15$ cm) e 3 ($26,92 \pm 5,25$ cm).

Na 5ª semana, essa diferença se tornou ainda mais expressiva: a solução mineral alcançou $103,6 \pm 8,76$ cm, enquanto os chás de húmus 1, 2 e 3 mantiveram médias de $68,4 \pm 9,40$ cm, $67,4 \pm 9,24$ cm e $63,4 \pm 17,54$ cm, respectivamente. Ao final da 6ª semana, a tendência foi mantida, com a solução mineral atingindo $119,8 \pm 12,48$ cm, significativamente superior ao chá de húmus 3 ($94,8 \pm 21,92$ cm), enquanto os chás de húmus 1 e 2 apresentaram valores intermediários ($97 \pm 4,47$ cm e $101,4 \pm 9,04$ cm, respectivamente).

Figura 3 - Média da altura após o transplantio, em função de três concentrações de chá de húmus e uma solução mineral (controle)



Fonte: Autores (2025)

* $R^2 \geq 0,9 \rightarrow$ ajuste excelente; $0,7 \leq R^2 < 0,9 \rightarrow$ bom ajuste; $0,5 \leq R^2 < 0,7 \rightarrow$ ajuste moderado; $R^2 < 0,5 \rightarrow$ fraco ou inadequado

A altura da planta é indicativa de crescimento vegetativo e resposta ao manejo nutricional.

A variável diâmetro do caule (Figura 4) apresentou menores contrastes entre os tratamentos. Na 3^a semana, a solução mineral ($6,12 \pm 0,54$ cm) teve desempenho estatisticamente superior ao chá de húmus, indicando uma melhor estruturação do caule com a solução mineral. Essa diferença também se refletiu na 4^a semana, com a solução mineral atingindo ($9,68 \pm 1,46$ cm), frente a valores inferiores nos tratamentos com chá de húmus.

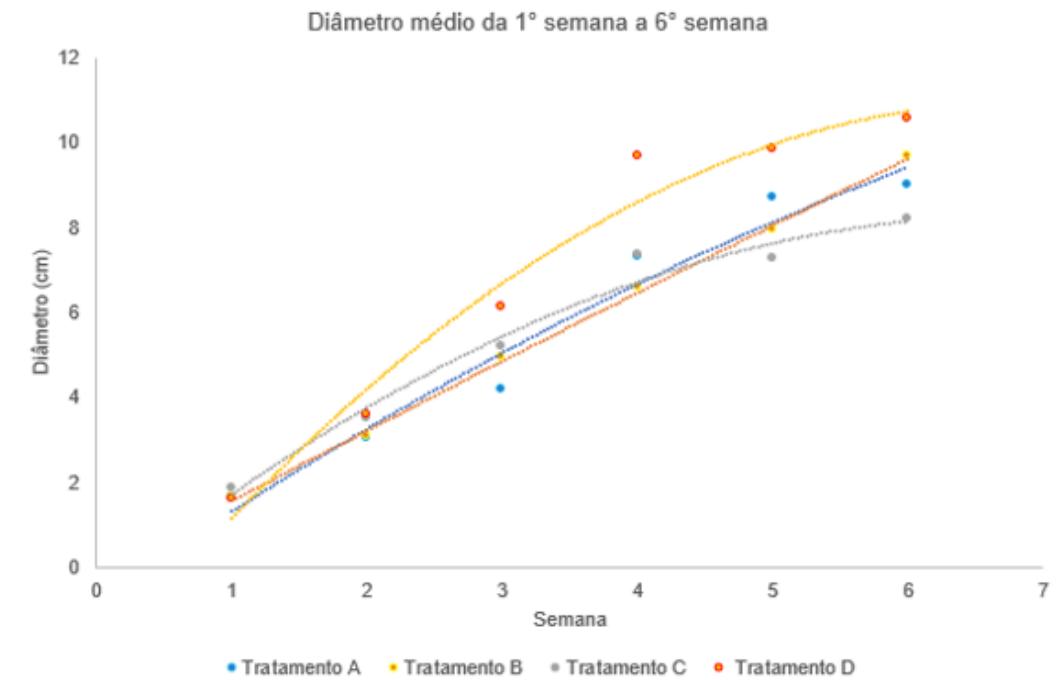
Entretanto, nas semanas 5 e 6, não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao diâmetro do caule, mesmo que a solução mineral tenha mantido os maiores valores médios ($9,86 \pm 1,78$ cm e $10,54 \pm 1,55$ cm, respectivamente).

Santos *et al.* (2016) diz que o diâmetro do caule é uma importante variável para avaliação de mudas, pois quanto maior, estará associado a um desenvolvimento mais acentuado da parte aérea e, em especial, do sistema radical, favorecendo a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio.

O número de folhas apresentou diferenças estatisticamente significativas apenas na 4^a semana (Figura 5), quando a solução mineral ($20 \pm 3,54$ folhas) foi superior ao chá de húmus 1 ($15 \pm 2,82$ folhas), chá de húmus 2 ($14,4 \pm 2,30$ folhas) e chá de húmus 3 ($14,6 \pm 3,13$ folhas).

O número de folhas influencia diretamente a captação de luz, fotossíntese e produção de assimilados, sendo um indicador relevante do vigor e da capacidade produtiva da planta (Silva *et al.*, 2021). Em tomateiro cereja, o acúmulo foliar adequado está associado ao melhor desempenho vegetativo e reprodutivo.

Figura 4 - Média do diâmetro de caule após o transplantio, em função de três concentrações de chá de húmus e uma solução mineral (controle)



$$\text{Concentração de chá de humus 1 } y = -0,0825x^2 + 2,1975x - 0,79 \quad R^2 = 0,9618$$

$$\text{Concentração de chá de humus 2 } y = -0,0107x^2 + 1,6841x - 0,092 \quad R^2 = 0,9987$$

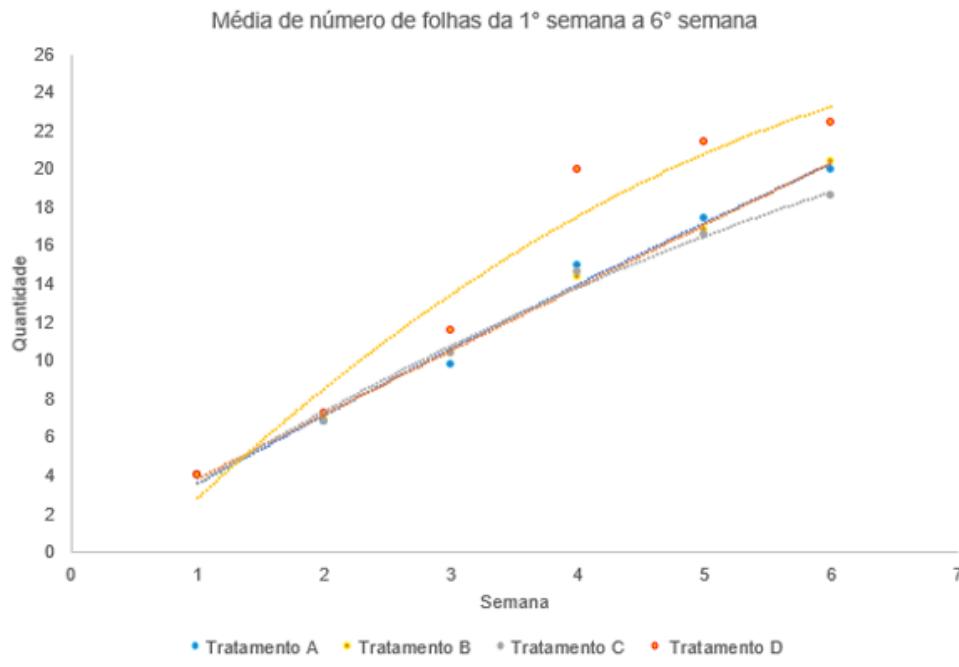
$$\text{Concentração de chá de humus 3 } y = -0,1914x^2 + 2,6263x - 0,712 \quad R^2 = 0,9786$$

$$\text{Solução nutritiva mineral } y = -0,2829x^2 + 3,8943x - 2,44 \quad R^2 = 0,9692$$

Fonte: Autores (2025)

* $R^2 \geq 0,9 \rightarrow$ ajuste excelente; $0,7 \leq R^2 < 0,9 \rightarrow$ bom ajuste; $0,5 \leq R^2 < 0,7 \rightarrow$ ajuste moderado; $R^2 < 0,5 \rightarrow$ fraco ou inadequado

Figura 5 - Média de número de folhas após o transplantio, em função de três concentrações de chá de húmus e uma solução mineral (controle)



Concentração de chá de humus 1 $y = -0,0607x^2 + 3,7679x - 0,1$ $R^2 = 0,989$

Concentração de chá de humus 2 $y = -0,1217x^2 + 4,706x$ $R^2 = 0,9464$

Concentração de chá de humus 3 $y = -0,1857x^2 + 4,3457x - 0,56$ $R^2 = 0,9922$

Solução nutritiva mineral $y = -0,0179x^2 + 3,4221x + 0,46$ $R^2 = 0,9974$

Fonte: Autores (2025)

* $R^2 \geq 0,9 \rightarrow$ ajuste excelente; $0,7 \leq R^2 < 0,9 \rightarrow$ bom ajuste; $0,5 \leq R^2 < 0,7 \rightarrow$ ajuste moderado; $R^2 < 0,5 \rightarrow$ fraco ou inadequado

Tabela 3 – Média de índice de clorofila após o transplantio, em função de três concentrações de chá de húmus e uma solução mineral (controle)

Avaliação	Tratamento	média \pm desvio padrão	CV (%)
1°	A	34.86 ± 4.05 a*	8.18
	B	34.63 ± 1.38 a	
	C	37.70 ± 3.24 a	
	D	37.45 ± 2.28 a	
2°	A	36.68 ± 3.45 a	11.87
	B	36.74 ± 3.21 a	
	C	35.77 ± 2.54 a	

	D	38.22±2.76 a	
3°	A	40.66± 5.34 a	17.17
	B	38.00±4.14 a	
	C	35.69±5.61 a	
	D	39.24±2.40 a	

Fonte: Autores (2025)

*Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, $p<0,05$; Tratamento A – concentração de chá de húmus 1; Tratamento B – concentração de chá de húmus 2; Tratamento C – concentração de chá de húmus 3; Tratamento D – Solução mineral

A avaliação dos índices de clorofila nas folhas de tomate cereja ao longo das três avaliações não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme demonstrado pelo teste de Tukey na Tabela 3. As médias observadas neste experimento foram semelhantes às reportadas por Malcher *et al.* (2022), que também não identificou diferenças significativas entre as cultivares avaliadas quanto ao índice de clorofila em seu experimento. Mesmo sem variações estatísticas, a medição da clorofila é relevante por refletir o estado nutricional e a capacidade fotossintética das plantas, além de permitir verificar se as folhas mantêm níveis normais de clorofila, sem indícios de clorose ou outras deficiências, colaborando para interpretar o desempenho fisiológico e produtivo ao longo do cultivo.

4 CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas, conclui-se que a nutrição mineral quanto promoveu maior crescimento em algumas variáveis, especialmente altura, mas em grande parte das análises não houve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, a concentração de chá de humus 2 (tratamento B) apresentou desempenho semelhante à nutrição mineral em várias variáveis, se destacando como a alternativa biopônica com maior potencial de equivalência à solução mineral nas condições testadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agricultura de baixa emissão de carbono. **Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono> Acesso em: 18 jun. 2025.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. L. O. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, n. 4, p. 1951–1957, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.00788>. Acesso em: 25 mar. 2025.

DIONÍSIO, J. A. **Produza chá de húmus de minhoca como um profissional seguindo estes passos simples**. Vídeo. 11min59s. Publicado pelo canal Academia

da minhoca. 29 de nov. de 2022. Publicado pelo canal Academia da minhoca. 29 nov. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4R9YrrTZ2YY>. Acesso em: 25 mar. 2024

Efeitos do pH da solução nutritiva no crescimento das plantas. **Hidrogood**, 2018. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/artigos/fertilizantes/efeitos-do-ph-da-solucao-nutritiva-no-crescimento-das-plantas/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

FELIPE, M. V.; SOUZA, G. J.; VENTURE, G. C. S. O estudo do descarte da solução nutritiva da alface hidropônica para evitar a eutrofização nos rios. Brasil. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Química) - ETEC Trajano Camargo, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Limeira, 2021.
Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/8541/1/O>. Acesso em: 25 mar. 2025.

GARTMANN, F.; HÜGLY, J.; KRÄHENBÜHL, N.; BRINKMANN, N.; SCHMAUTZ, Z.; SMITS, T.H.M.; JUNGE, R. Bioponics—An Organic Closed-Loop Soilless Cultivation System: Yields and Characteristics Compared to Hydroponics and Soil Cultivation. **Agronomy**, v. 13, n. 6, p. 14-36, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521016489>. Acesso em: 25 mar. 2025.

Hidroponia e a imprescindível economia de água. **Hidrogood**, 2023. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/artigos/hidrogood-news/hidroponia-e-a-imprescindivel-economia-de-agua/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

ISLA SEMENTES. Como fazer a polinização manual em tomates. Vídeo. 1min34s. Publicado pelo canal Isla sementes. 5 de fev. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JuGZWCTm4SA>. Acesso em: 25 mar. 2025

JUNIOR, F. P. B. Produção de tomate {*solanum lycopersicum* L.) reutilizando substratos sob cultivo protegido município de iranduba-am. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80343/1/BritoJr-prod-tomate.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MALCHER, D. S. S.; SANTOS, T. V.; CARVALHO, F. S.; SANTOS, T. S.; CARVALHO, T. A.; BORGES, L. S. Índice de clorofila e produtividade de cultivares de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme), produzidos em altas temperaturas, sob ambiente protegido. **Revista Desafios**, v. 9, n. 02, p. 94, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362871682_INDICE_DE_CLOROFILA_E_PRODUTIVIDADE_DE_CULTIVARES_DE_TOMATE_CEREJA_Lycopersicon_esculentum_var_cerasiforme_PRODUZIDOS_EM_ALTAS_TEMPERATURAS_SOBR_A_MBIENTE_PROTEGIDO. Acesso em: 25 mar. 2025

MOURA, M. M. Avaliação da temperatura da parte aérea através da termografia

na cultura do tomate cereja sob diferentes estratégias de irrigação deficitária. 2023. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/74704>. Acesso em: 25 mar. 2025.

OLIVEIRA, R. T.; SANTOS, V. C. Liberação de nutrientes em biofertilizantes líquidos e sua absorção por hortaliças. **Cadernos de Agroecologia**, p.120–128, 2021.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; COSTA, J. P. B. M.; NETA, M. L. S.; ALVES, R. C.; COSTA, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 326-333, 2016. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/3096>. Acesso em: 18 jun. 2025

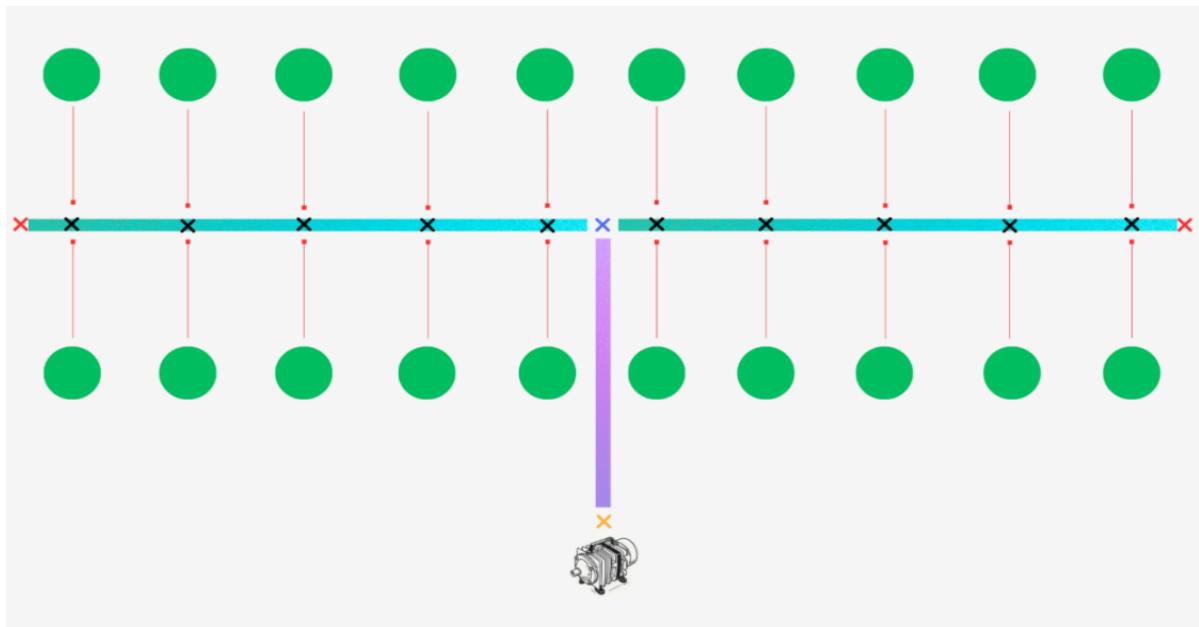
SILVA, M. G. S.; BARROS, R. P.; SANTOS, D. S.; GALDINO, W. O.; SILVA, D.S.; SOUSA, J. I. Resposta do mix de adubação mineral na fenologia do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L., solanaceae) cultivado em vasos. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 2, p. 622, 2022. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/download/2000/1636. Acesso em: 25 mar. 2025

SILVA, J. A.; PEREIRA, M. F.; COSTA, L. M. Efeitos da adaptação de mudas em diferentes substratos orgânicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, p.45–53, 2019.

TORTOSA, G. Té de compost (y de vermicompost). **Revista Agroecología**, Valencia, n. 29, p. 57, 2017. Disponível em: <http://www.compostandociencia.com/2017/11/te-de-compost-y-devermicompost>. Acesso em: 25 mar. 2025.

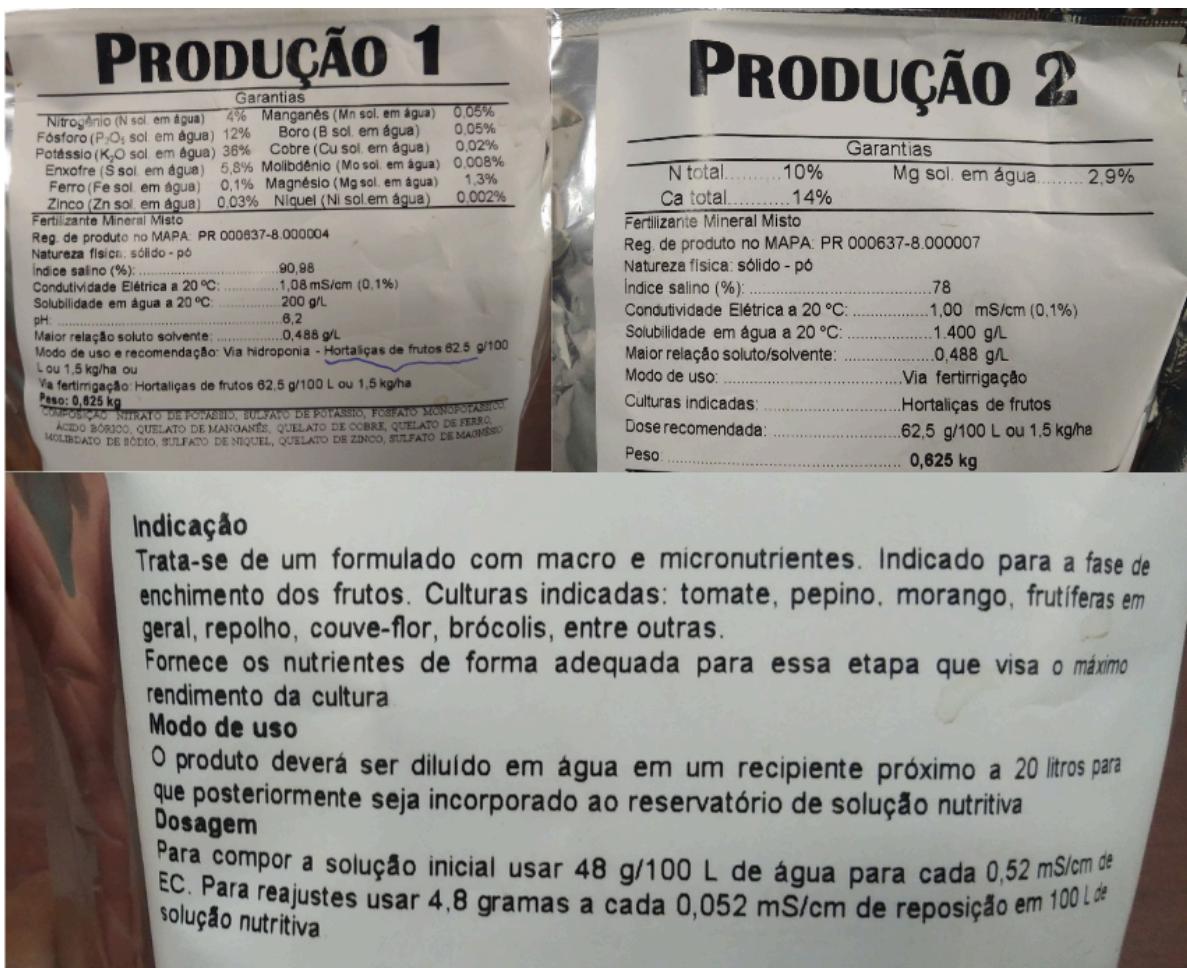
APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Sistema de aeração.



Fonte: Autores (2025)

APÊNDICE 2 – Especificações da solução nutritiva mineral



Fonte: Autores (2025)

APÊNDICE 3 – Materiais

MATERIAIS	SÍMBOLO
Bomba compressor de ar 50 L/min	
Mangueira ½ polegada 60 cm	
2 Mangueiras ½ polegada 160 cm	
20 mangueiras de aquário 4mm 60 cm conectadas com regulador de ar	
10 conexões T micro tubo	
Conexão T ½ polegada	
Abraçadeira rosca	
2 Conexão espingão rosqueável com caps	

Fonte: Autores (2025)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Piauí – UESPI, pelo acolhimento acadêmico e apoio durante toda a trajetória. À banca examinadora, pelas valiosas contribuições e pela dedicação em avaliar este trabalho com atenção e cuidado. Ao meu professor orientador, pela paciência, orientação, por me proporcionar momentos descontraídos ao longo do processo e por me deixar à vontade para conduzir o projeto com autonomia e confiança.

Um agradecimento especial ao meu querido Vinícius, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis. Sua ajuda incansável, apoio emocional e técnico foram essenciais para que eu não desistisse. Sem ele, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus amigos, que sempre me ofereceram suporte, carinho e palavras de encorajamento. Em especial meus amigos Stephane e Jhonata, pela amizade leal e apoio em todas as fases deste caminho.

A cada um, minha mais profunda gratidão.