

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL - CAMPUS BENTO GONÇALVES**

**TECNOLOGIA EM HORTICULTURA**

**GUSTAVO BORTOLINI**

**EFEITO DO USO DE CONCENTRAÇÕES DE  
CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA (HTC) NA PRODUÇÃO  
DE ALFACE FERTIRRIGADA**

**BENTO GONÇALVES**

**2023**

Gustavo BORTOLINI

**EFEITO DO USO DE CONCENTRAÇÕES DE  
CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA (HTC) NA PRODUÇÃO  
DE ALFACE FERTIRRIGADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso superior em tecnologia em horticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Bento Gonçalves, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Horticultura.

Orientador: Daniel Martins Ayub.

Coorientador: Luis Carlos Diel Rupp.

BENTO GONÇALVES

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecer a Deus por permitir, estar sempre comigo, nos momentos difíceis e nunca me abandonar, nos momentos que pensava em desistir ele me ajudou a prosseguir e concluir mais esta etapa de minha vida.

Aos meus pais, Madalena e Inácio, sem vocês nada seria possível, sempre me apoiaram e me deram condições para poder estudar e aperfeiçoar meus conhecimentos, obrigado por terem pedido para eu me matricular no curso e não ter desistido por diversas vezes.

Ao meu irmão, Anderson, por todo apoio, ajuda em algumas disciplinas as quais já teria cursado e também por passar parte do seu conhecimento a mim.

A minha noiva Raiane, que desde que entrou em minha vida tem me ajudado a ser uma pessoa melhor, sempre me apoiando também para não desanimar e desistir do curso, por ter me ajudado também com o experimento e com todo trabalho.

Ao meu orientador Daniel, por nunca ter me deixado desamparado, sempre esteve a par para ajudar a resolver todas questões de nosso trabalho e experimento, sempre dando suporte, pelas conversas e acima de tudo pela parceria nesse tempo, meu simples, mas de coração meu muito obrigado.

Ao meu coorientador Luis Carlos Rupp, pela oportunidade, por todo apoio e dedicação, mas também foi que nos apresentou e fez o contato com o Luigi, para nosso experimento com o HTC, mas também por todo apoio no decorrer e na elaboração do trabalho.

A empresa Luze Business Solution e seu proprietário Luigi Florian, por fornecer a matéria prima de meu trabalho o HTC, e pelo auxílio prestado durante o experimento. A empresa Ricefer Equipamentos Inox Ltda, pelo fornecimento do material principal HTC e pela parceria e apoio prestado.

As demais pessoas, colegas e demais professores que estiveram comigo no decorrer do curso.

## RESUMO

A conversão hidrotérmica (HTC) tem recebido atenção no setor agrícola, devido à capacidade do processo de utilizar recursos que seriam descartados, convertendo-os em materiais com propriedades que podem melhorar o cultivo, e até qualificar as produções, auxiliando a agricultura, além de estar contribuindo para uma redução no nível de resíduos, neste trabalho foram utilizados restos de alimentação humana. O resultado do processo da conversão hidrotérmica é uma fase sólida, conhecida como biochar e outra líquida, chamada de hidrochar, estes produtos foram utilizados em um sistema de cultivo semi hidropônico de alface da variedade *Grand Rapids*, com diferentes doses de hidrochar 0,5, 1 e 2 e adicionado 10% de biochar ao substrato, tendo em vista que o objetivo do projeto era acompanhar o desenvolvimento e avaliar diferentes variáveis. Nas avaliações iniciais o tratamento testemunha apresentou um mais rápido desenvolvimento ao ser transplantado das bandejas para o substrato, após algumas semanas, os tratamentos doses 0,5L/200L e 1L/200L de HTC (hidrochar), apresentaram um avanço na cultura chegando a apresentar semelhanças e em alguns casos até apresentando valores maiores, que o tratamento testemunha. Nos dias finais do ciclo, as coletas e análises evidenciaram o fato de que são necessários mais testes, observando mais ciclos, para que possamos determinar qual dose, período do dia, tempo de irrigação, adicionado as mais variáveis da cultura que nos permita inferir melhor o uso de HTC no cultivo de alface, para termos valor agregado a mesma.

**Palavras-chave:** Carbonização hidrotérmica; hidrochar; biochar; agricultura.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mudanças de alface <i>Grand Rapids</i> .....	12
Figura 2 – Desenvolvimento da Alface <i>Grand Rapids</i> .....	13
Figura 3 – Fase final de desenvolvimento da Alface <i>Grand Rapids</i> .....	14
Figura 4 – Comprimento médio das raízes de Alface <i>Grand Rapids</i> .....	18
Figura 5 – Peso fresco médio de Alface <i>Grand Rapids</i> .....	18
Figura 6 – Peso seco médio de Alface <i>Grand Rapids</i> .....	18
Figura 7 – Número médio de folhas de Alface <i>Grand Rapids</i> .....	19
Figura 8 – Comprimento médio da maior folha de Alface <i>Grand Rapids</i> .....	19

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comprimento médio das raízes de alface <i>Grand Rapids</i> .....	15
Tabela 2 – Peso fresco das amostras de alface <i>Grand Rapids</i> .....	15
Tabela 3 – Peso seco das amostras de alface <i>Grand Rapids</i> .....	16
Tabela 4 – Número médio de folhas de cultivar de alface <i>Grand Rapids</i> .....	16
Tabela 5 – Comprimento médio da maior folha de alface <i>Grand Rapids</i> .....	17

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO E REVISÃO</b> .....	8
2. <b>METODOLOGIA</b> .....	10
3. <b>RESULTADOS</b> .....	12
3.1 Comprimento das raízes.....	14
3.2 Peso fresco.....	15
3.3 Peso seco.....	15
3.4 Número de folhas.....	16
3.5 Comprimento da maior folha.....	17
3.6 Resumo dos resultados.....	18
4. <b>DISCUSSÕES</b> .....	20
<b>CONCLUSÃO</b> .....	23
<b>REFERENCIAS</b> .....	24

## 1 INTRODUÇÃO E REVISÃO

Nos Dias Atuais a geração de resíduos é um enorme problema ambiental que vem se agravando com o aumento da população mundial. A preservação do meio ambiente e o cuidado com o mesmo nos últimos anos têm sido uma preocupação evidente da sociedade. Nesse sentido, na produção agrícola não é diferente. Além de proporcionar uma nutrição adequada para as plantas, também se tem buscado a melhoria e o aumento da produtividade dos cultivos, visando reduzir riscos e perdas às culturas.

Inovações sustentáveis em ação, como a carbonização hidrotérmica (HTC), transformam resíduos mais diversos em recursos valiosos. Este processo busca o desenvolvimento sustentável do planeta, pensando-se o mais próximo do seu estado natural, buscando gerar produtos de alta qualidade com a utilização de tecnologias ecologicamente corretas, utilizando preferencialmente fontes renováveis para obtenção desses produtos. Nesse sentido, Titirici e Antonietti (2010) afirmam que o HTC se apresenta como um meio renovável de converter resíduos em materiais de carbono e biomassa. A tecnologia denominada HTC ganha notoriedade também como uma solução para diminuir as áreas ocupadas por resíduos.

O processo HTC foi proposto pela primeira vez por Friedrich Bergius em 1913. Posteriormente, nas últimas décadas do século 19, o mesmo ganhou destaque “como um método de degradação hidrotérmica dos materiais orgânicos para a síntese de substâncias químicas importantes, juntamente com a recuperação de combustíveis líquidos e gasosos” (BOBLETER, 1994; MUMME *et al.*, 2011 *apud* SILVA, 2018, p.31).

Segundo Sevilla, Maciá-Agulló e Fuertes (2011) o processo de HTC na conversão de resíduos gera como produtos o *hidrochar* – fase líquida – e o *biochar* – fase sólida. Ainda, conforme Park, Lee e Kim (2018) esses produtos são dependentes “[...]da temperatura de carbonização, do tipo de material de partida (matéria prima) e sua temperatura de decomposição, que varia entre 180-250 °C” (*apud* SILVA, 2018, p.15).

Ambas as fases resultantes do processo, podem ser utilizados na agricultura atuando como “condicionador de solo, onde suas propriedades químicas e estruturais podem auxiliar na filtração e retenção de nutrientes, redução da lixiviação e fixação de carbono” (BERGE *et al.*, 2011 *apud* SILVA, 2018, p.15).

Com os problemas causados pelos conflitos mundiais atuais, com o grande “*lockout*” causado pela pandemia do covid 19, ficou evidente que muitos produtos utilizados na agricultura, sumiram do mercado resultando na escassez, pois muitos dos nutrientes químicos usados na produção de alimentos são de fontes não renováveis e necessitam de transporte internacional, inoperante durante a pandemia do Covid-19, assim o HTC se mostra como opção para ser utilizado de suporte nutricional para plantas.

O HTC pode auxiliar na redução nos custos de produção, quando sua fonte praticamente passa por um processo de reciclagem de resíduos, enquanto as demais fontes seus custos de produção permanecem relativamente altos, isso reflete diretamente no bolso do produtor, tornando o HTC uma opção totalmente viável para a produção de alimentos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de diferentes concentrações do HTC na cultura da alface da variedade *Grand Rapids*, com a intenção de verificar se o seu uso acarreta uma alteração do (tamanho) ciclo da alface e também em uma melhora na sanidade e na qualidade das alfaces.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido durante os meses junho, julho e agosto no ano de 2023 em uma estufa do campus Bento Gonçalves do IFRS, no município de Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul, coordenadas 29° 09' 49" S e 51° 31' 20" W, a 668 metros de altitude.

Para o experimento foi utilizada a variedade de alface crespa *Grand Rapids*, sendo semeada em bandejas no dia 2 de junho de 2023. Após o desenvolvimento inicial as mudas foram transplantadas no dia 20 de julho quando se iniciou os testes com a fertirrigação. O sistema de Cultivo consistia em 5 canos de PVC, de 7 metros cada, de 3 polegadas, preenchidos com o substrato e mangueiras de gotejo dentro. Os canos apresentavam espaçamento a cada 25 cm entre plantas e cada linha (cano) de tratamento contou com 23 plantas, totalizando em 115 plantas no experimento.

Para a solução nutritiva usamos as seguintes doses: com os valores de 20 kg de calcinit, 17 kg de krista K, 12,5 kg de sulfato de magnésio, 6 kg de SOP-K e 4 kg de MAG-P esses nutrientes recomendados para 5000 litros de água, como nossa demanda era menor reduzimos esses nutrientes para 200 litros de água, nutrição essa recomendada pelo produtor de hortaliças Leandro Fachinelli, da localidade de Marcorama, na qual foi utilizada como referência para o experimento.

A solução nutritiva foi utilizada na forma pura no tratamento controle T1 e nos tratamentos B0, B1, B2 e B3. A fase líquida do HTC (biochar) foi adicionada a solução tendo como dose base: 1 litro de HTC para 200 litros de solução nutritiva. Foram elaborados os seguintes tratamentos: B0 sem utilização de HTC líquido, B1 usando metade da dose recomendada (0,5 L/200L) pelo produtor de referência, B2 usando a dose recomendada que é (1L/200L) e o B3 usando o dobro da dose (2L/200L), em todos tratamentos foi utilizada a mesma solução nutritiva, porém o tratamento controle T1 não foi utilizado a fase líquida do HTC.

O sistema de nutrição dos tratamentos funcionava todos os dias pela parte da manhã às 9h, em um período de 6 minutos, automaticamente, já a irrigação era realizada manualmente pela parte da tarde, pelo menos uma vez ao dia, para que não houvesse falta de umidade para as alfaces.

Utilizou-se 5 linhas de cultivo, sendo uma testemunha T1, 4 linhas B0, B1, B2 e B3 com o uso de HTC hidrochar e biochar, utilizando como substrato ao tratamento testemunha T1 somente casca de arroz carbonizada e aos demais tratamentos B0, B1, B2 e B3 foi acrescentado 10% de biochar sólido aos 90% de casca de arroz carbonizada. O substrato misturado foi previamente lavado por cerca de 10 dias anteriores ao experimento para a redução da condutividade elétrica até que chegasse ao valor de 5mS/cm, isso se deve ao fato do biochar ter uma condutividade elétrica muito alta precisando ser reduzida para o cultivo de hortaliças.

Foram realizadas 4 coletas de plantas para análise, com 14 dias, 21 dias, 28 dias, 35 dias após o plantio, aleatoriamente coletadas 3 amostras de cada tratamento em cada colheita, comparando o período que os 5 tratamentos levaram para fechar seu ciclo, analisou-se nestas colheitas as seguintes variáveis: o peso seco, peso fresco, número de folhas, comprimento das raízes e o comprimento da maior folha de cada amostra.

### 3 RESULTADOS

Nos primeiros dias de experimento, as plantas estão passando por um processo de adaptação ao substrato e à fertirrigação, os resultados colhidos nas primeiras semanas chamaram a atenção para os tratamentos: testemunha T1 e B0.

Na primeira semana até a segunda semana, as plantas dos tratamentos T1 e B0 apresentaram maior facilidade em se desenvolver, aceitando melhor o transplante e até a nutrição do que os demais testes. As plantas dos tratamentos B1, B2 e B3 sofreram mais que os outros tratamentos, em sua parte aérea, talvez pelo uso do HTC líquido.

A figura 1 mostra mudas de 3 dias transplantadas das bandejas, para os canos de pvc com substrato, da esquerda para a direita da imagem, começando com o T1, após B0 e após em sequência B1, B2 e B3 respectivamente.



**Figura 1:** Mudas de alface Grand Rapids, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23. Fonte: Autoral (2023).

A partir da terceira semana (figura 2) de aplicação, o tratamento B1 mostrou destaque entre os resultados dos demais, mais equilibrado nas amostras. O tratamento B2 também teve avanço nos últimos dias de experimento, visualmente parecido com B1. Já por vezes o tratamento B3 por ser uma dose mais alta de HTC apresentou dificuldades no desenvolvimento.



**Figura 2:** Alface Grand Rapids em pleno desenvolvimento, cultivada em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23. Fonte: Autoral (2023).

A figura 3 faz referência as plantas de alface próximo dos dias de colheita final, mostrando a boa formação, o bom tamanho entre os tratamentos e o desenvolvimento das alfaces.



**Figura 3:** Cultivo de alface Grand Rapids, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23. Fonte: Autoral (2023).

### 3.1 COMPRIMENTO DAS RAÍZES

Após duas semanas de aplicações do HTC hidrochar os tratamentos B1 e B2, mostraram um avanço no seu desenvolvimento, um aumento médio no crescimento de suas raízes quando comparados aos demais tratamentos (tabela 1), sendo o B1 destaque desde a primeira coleta até a última, sempre apresentou melhor resultado.

O tratamento B1 apresentou um crescimento de raiz maior que os outros tratamentos e também mais equilibrado durante o período, enquanto os tratamentos B0 e B3 tiveram por vezes, seus crescimentos comprometidos, um pela ausência de HTC e o outro pelo excesso. Porém aos 28 dias o B2 apresentou melhora nos resultados sendo o segundo tratamento com maior média nesta variável.

**Tabela 1** – Comprimento médio das raízes de alface, em centímetros, cultivar de alface Grand Rapids, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23.

<b>Tratamentos</b>	<b>Dose</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>35 dias</b>
T1	-	16,5	17,4	18,7	20,0
B0	0	17,2	18,4	19,0	19,6
B1	0,5	19,6	20,5	25,4	26,0
B2	1	14,8	17,9	23,5	25,0
B3	2	9,3	17,0	20,0	19,7

### 3.2 PESO FRESCO

Na (tabela 2) podemos observar que, ao final dos 35 dias, o tratamento com maior peso fresco médio foi o tratamento testemunha T1, mas ao longo do experimento podemos notar um avanço nos tratamentos B1 e B2, que apresentaram um crescimento maior que o dobro da segunda semana para a terceira semana, B1 tendo um peso de 137 gramas com 28 dias, para 177 gramas com 35 dias.

**Tabela 2** – Peso fresco médio das amostras de alface em gramas, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23.

<b>Tratamentos</b>	<b>Dose</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>35 dias</b>
T1	-	22,3	58,0	101,0	180,0
B0	0	18,3	49,4	107,0	136,0
B1	0,5	14,0	46,7	137,0	177,0
B2	1	13,3	50,7	97,0	174,0
B3	2	8,0	36,4	63,0	141,0

Já o teste B3, apresentou com 14 dias um baixo peso fresco quando comparado com os demais, somente aos 35 dias conseguiu alcançar os 141 gramas, levando em consideração que sua dose era o dobro das outras podendo acarretar em dificuldades em seu desenvolvimento.

### 3.3 PESO SECO

Ao analisarmos a Tabela 3, podemos observar o peso médio seco das alfaces e comparar entre os diferentes tratamentos. Um destaque observado é o tratamento B1, que inicialmente apresentou um peso médio de 17,6 gramas após 28 dias de aplicações, aumentando para 31,7 gramas em apenas 7 dias, resultando em uma diferença de 14,1 gramas em média. Após 21 dias,

as plantas do tratamento B1 apresentaram um peso seco médio de 9,6 gramas. Também vale ressaltar que o tratamento B0 demonstrou um peso seco maior do que a testemunha T1. É importante notar o tratamento testemunha T1, que registrou uma média inferior aos demais tratamentos em praticamente todas as medições, superando apenas o tratamento B0 aos 14 dias.

**Tabela 3** – Peso seco médio das amostras de alface em gramas, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23.

Tratamentos	Dose	14 dias	21 dias	28 dias	35 dias
T1	-	4,6	10,2	14,0	19,0
B0	0	3,6	12,4	17,0	26,7
B1	0,5	4,8	9,6	17,6	31,7
B2	1	3,4	12,8	16,8	27,7
B3	2	2,1	7,3	13,6	22,0

### 3.4 NÚMERO DE FOLHAS

Para determinar o número de folhas, realizamos a contagem manual uma a uma nos pés de alface coletados. Em média, observamos pequenas variações no número de folhas entre os diferentes tratamentos da (Tabela 4). Na primeira coleta, o tratamento teste B3 registrou um valor menor, com uma média de 6,6 folhas aos 14 dias, destacando-se como a menor entre os tratamentos.

Ao atingirmos os 35 dias de cultivo, novamente encontramos números muito próximos, sem diferenças observadas entre os tratamentos. No entanto, o tratamento B1 apresentou a melhor média, alcançando 13,7 folhas, destacando-se como o valor maior nesse aspecto.

**Tabela 4** – Número médio de folhas de cultivar de alface, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23.

Tratamentos	Dose	14 dias	21 dias	28 dias	35 dias
T1	-	7,0	8,0	9,0	12,0
B0	0	8,0	9,0	10,0	13,3
B1	0,5	7,0	8,8	10,3	13,7
B2	1	7,0	9,6	10,0	13,0
B3	2	6,6	8,3	9,6	11,0

### 3.5 COMPRIMENTO DA MAIOR FOLHA

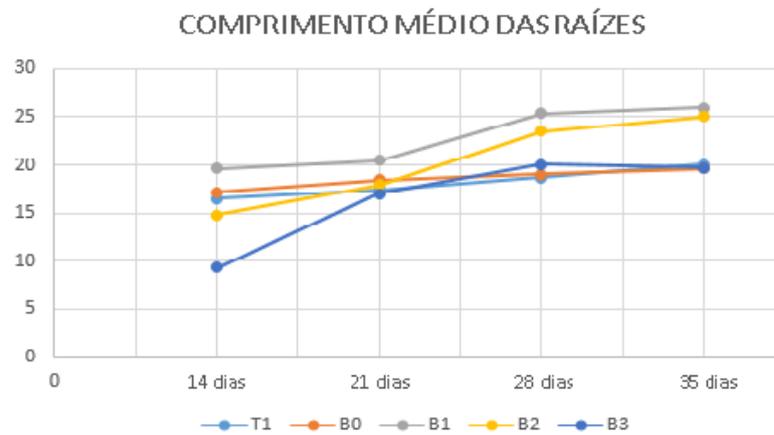
Ao analisarmos o comprimento médio das folhas das alfaces, observamos que o tratamento B1 inicialmente apresentou um valor médio menor entre as amostras na primeira coleta, mantendo-se assim até pelo menos 35 dias após o transplante. No entanto, no 35º dia, durante a coleta das amostras, o tratamento B1 registrou um comprimento médio de folha maior do que todos os outros testes, alcançando 33 cm (conforme Tabela 5). Na primeira coleta, o comprimento médio das folhas foi de 13,1 cm, enquanto na última coleta, realizada em 22 de agosto de 2023, esse tratamento teve destaque em relação aos demais, exibindo um comprimento expressivo.

Além disso, é importante notar que, ao analisarmos os valores de comprimento das folhas na Tabela 5, podemos observar que a testemunha 1 e os testes B1 e B2 já atingiram, teoricamente, um estágio mais próximo do ponto ideal de colheita aos 35 dias, pois apresentaram uma formação mais avançada, resultando em plantas mais bem formadas e com folhas de tamanho superior.

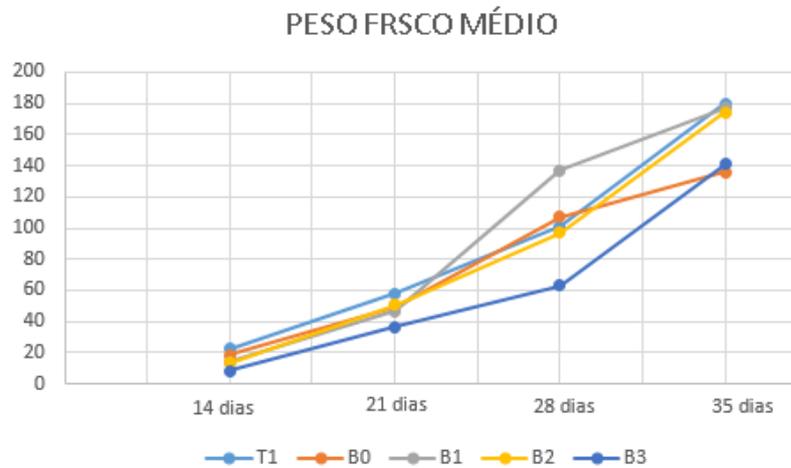
**Tabela 5** – Comprimento médio da maior folha de alface, em centímetros, cultivar de alface Grand Rapids, cultivadas em casa de vegetação, no campus Bento Gonçalves do IFRS, durante o período de 20/07/2023 à 22/08/23.

<b>Tratamentos</b>	<b>Dose</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>35 dias</b>
T1	-	14,3	20,1	23,5	29,1
B0	0	13,5	18,1	23,7	24,8
B1	0,5	13,1	18,9	22,9	33,0
B2	1	12,3	16,8	19,6	27,0
B3	2	12,6	16,6	20,4	25,7

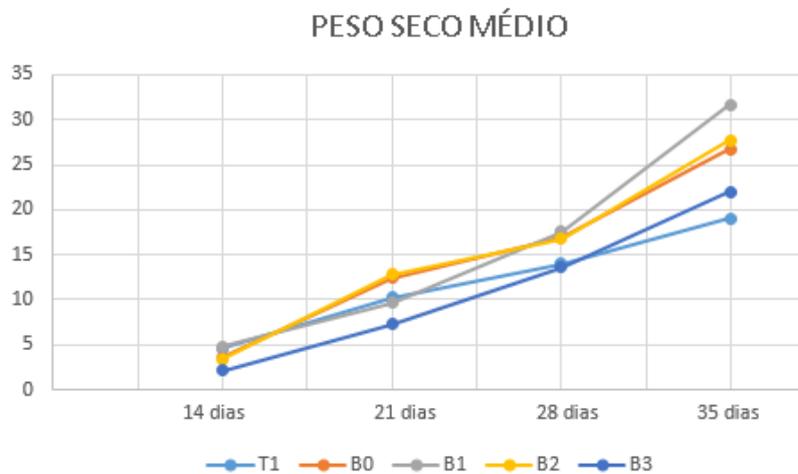
### 3.6 RESUMO DOS RESULTADOS



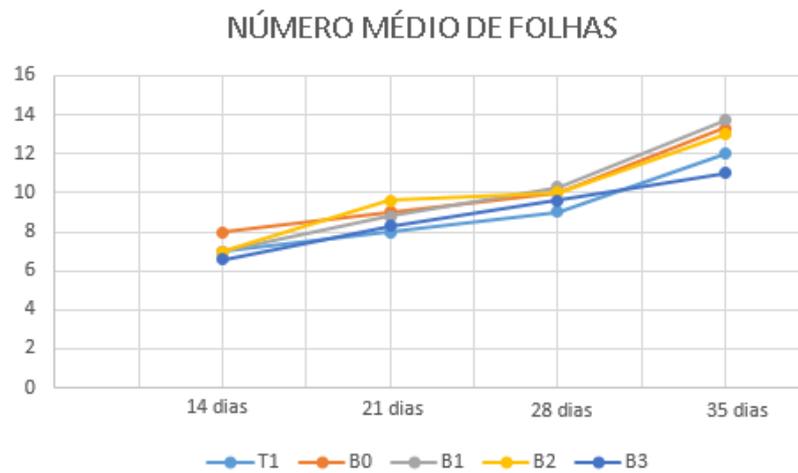
**Figura 4:** Comprimento médio das raízes de alface em centímetros. Fonte: Autoral (2023).



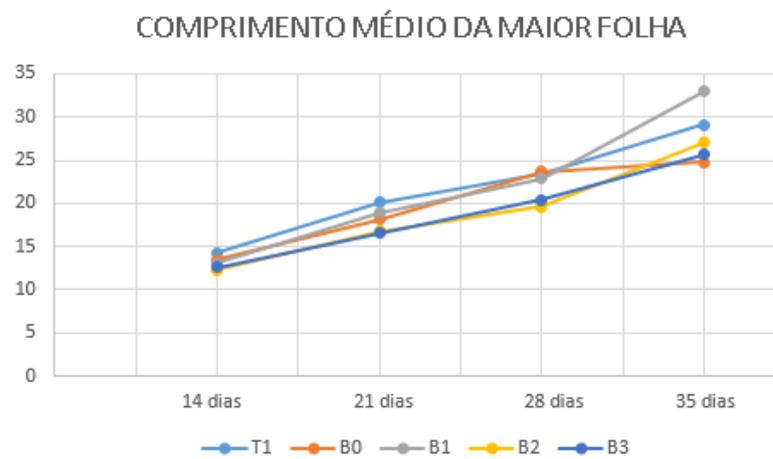
**Figura 5:** Peso fresco médio de alface em centímetros. Fonte: Autoral (2023).



**Figura 6:** Peso seco médio de alface em centímetros. Fonte: Autoral (2023).



**Figura 7:** Número médio de folhas de alface. Fonte: Autoral (2023).



**Figura 8:** Comprimento médio da maior folha de alface em centímetros. Fonte: Autoral (2023).

## 4 DISCUSSÕES

As variáveis estudadas apresentaram resultados importantes em relação ao uso da fração líquida e da fração sólida do HTC. A cultura da alface responde positivamente aos tratamentos com biochar, facilitando a verificação de sua eficácia confirmada. Segundo Trupiano *et al.* (2017 *apud* PADILHA, 2018, p.40) “adição de biochar no solo promoveu aumento significativo na produtividade das plantas de alface” sendo este resultado atribuído ao acréscimo nos teores e nutrientes dos solos tratados com biochar, Carter *et al.* (2013 *apud* PADILHA, 2018, p.40) também confirmou o mesmo ao realizar a aplicação de biochar de casca de arroz nos cultivos de repolho e alface, em solos com e sem adubação.

Em relação a biomassa (peso fresco) os resultados obtidos corroboram com Carter *et al.* (2013) que afirmam que o uso da fração líquida “promoveu aumento na produção de biomassa nestas plantas, sendo que este acréscimo correspondeu a 903% na dose de 50 g de biochar por kg de solo em relação ao controle no solo não adubado. No solo fertilizado, as doses de 50g e 150g também incrementaram o crescimento das plantas de alface” (*apud* PADILHA, 2018, p.40).

Outro dado que deve ser mencionado foi o peso seco, onde os tratamentos que foram utilizados o biochar obtiveram valores em média maiores que o tratamento testemunha, talvez pelo seu uso, sendo sugerido que o “biochar tem o potencial de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo da mesma forma que a matéria orgânica. Isso é possível devido às suas características peculiares, como alta estabilidade, conteúdo de nutrientes, capacidade de troca de cátions, pH neutro a alcalino, estrutura molecular, tempo de decomposição no solo, grande área superficial específica e alta porosidade” (RITTL, 2015; BEREK, 2014; IBRAHIM *et al.*, 2013; PETTER e MADARI, 2012; LEHMANN e JOSEPH, 2009; LEHMANN, 2007; *apud* PADILHA, 2018, p. 27).

Ao analisarmos as variáveis, verificamos que em alguns resultados como por exemplo comprimento de folha e comprimento de raízes destaca-se o tratamento B1, que na média se sobressai sobre os demais, SILVA *et al* (2017) em um trabalho realizado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) avaliaram três biocarvões nas doses de 0, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% v/v e constataram que, independente do biocarvão utilizado, estes promoveram maior desenvolvimento do feijoeiro com uma aumento na massa seca, raízes e caules, número e massa

seca de grãos, em relação ao tratamento controle. De modo geral, as doses de 10% e 7% de biocarvão proveniente de casca de arroz, serragem e silagem de sorgo, respectivamente, geraram maior número de vagens, número de grãos e, conseqüentemente, maior produção de matéria seca no grão de feijão.

A variável número de folhas apresentou um resultado importante na sua quantificação comprovando o efeito do HTC no desenvolvimento das plantas de alface. O tratamento B1 apresentou um maior número de folhas ao final do ciclo o que do ponto de vista comercial é interessante, infelizmente esta variável não é discutida na literatura.

Outro fator importante a considerar é a matéria-prima do qual foi produzido o biochar já que diferentes matérias-primas podem resultar em propriedades diferentes como já observado por Albuquerque-Méndez *et al.* (2013) relataram que “ao aplicarem biochar de lascas de pinheiro e restos de poda de azeitona, não observaram diferenças estatísticas no crescimento do girassol, o que pode ser devido à natureza deste tipo de biochar, sendo rico em carbono, mas relativamente pobre em nutrientes. Da mesma forma, mencionam que o biochar pode melhorar as características físicas do solo e que não tem efeitos negativos no crescimento dos girassóis, podendo ser utilizado como reservatório de carbono em solos agrícolas e florestais” (*apud CABRERA et al.* 2021, p. 716).

Nesse sentido, Guo (2020) indica que para “maximizar os benefícios da aplicação do biochar como corretivo de solo e eventualmente favorecer o crescimento e o rendimento das culturas agrícolas, é importante considerar três aspectos: a fonte ou matéria orgânica com a qual foi produzido biochar, taxa de aplicação e tipo de solo” (*apud CABRERA et al.* 2021, p. 716).

As variáveis elencadas por Guo (2020) utilizadas no presente trabalho foram as seguintes: HTC produzido a partir de resíduos de refeitório (*Waste food*), doses de 0,5; 1 e 2% recomendadas pelo produtor e substrato padronizado em 10% de fração sólida e 90% de casca de arroz carbonizado observando a importância de considerar os aspectos citados pelo autor.

Embora alguns dos resultados sejam interessantes para este experimento foi observado apenas um ciclo e muitos dos valores podem apresentar diferenças, isso devido ao curto período de análise. Sob este viés, Mukherjee e Lal (2014 *apud apud CABRERA et al.* 2021, p.716) relatam que “a maior parte das pesquisas é realizada no curto prazo e, seriam necessárias

pesquisas no médio e longo prazo” (CARTER *et al.* 2013 *apud* CABRERA *et al.* 2021) e apontam que são necessários variados ciclos de culturas.

## 5 CONCLUSÃO

A realização deste experimento permitiu avaliar as potencialidades do uso de HTC no cultivo de alface, sendo possível constatar que:

- O tratamento com HTC apresentou diferenças positivas em relação aos tratamentos de controles.
- A melhor concentração de HTC foi a metade da dose recomendada pelo produtor de referência.
- Entre as variáveis as que apresentaram melhor resultado foram o peso seco, o comprimento da raiz e o tamanho das folhas.
- O HTC produzido a partir de resíduos de refeitório (*Waste food*) funciona para a utilização no cultivo de hortaliças, HTC de outras matérias-primas devem ser testadas na produção agrícola com o objetivo de encontrar a melhor formulação.

Embora observações tenham sido feitas em apenas um ciclo, com resultados interessantes e que demonstram que o HTC se apresenta como alternativa economicamente viável e nutricionalmente efetiva para o uso na fertirrigação, mais ciclos devem ser realizados, a fim de mensurar a ação do HTC no substrato e na produção de alfaces a média e longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque-Méndez, JA; Calero-Rodríguez, JM; Barrón-López de la Torre, V.; Torrent-Castellet, J.; Del Campillo-García, MC; Gallardo-Correa, A. e Villar-Montero, R. 2013. **Biochar como ferramenta para limitar as emissões de CO<sub>2</sub> e melhorar as propriedades do solo na área do Mediterrâneo. Sociedade Espanhola de Ciências Florestais.**

BEREK, A. K. **Exploring the potential roles of biochars on land degradation mitigation.** Journal of Degraded and Mining Lands Management, v. 1, p. 149-158, 2014.

Biederman, L.A.; Harpole, W.S. **Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: A meta-analysis.** *GCB Bioenergy*. 2013, 5, pp. 202–214. Available online: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12037> (acessado em 07 novembro 2023)

BLOCK, C.; van der Salm, C.; Hofland-Zijlstra, J.; Streminska, M.; Eveleens, B.; Regelink, I.; Fryda, L. and Visser, R. 2017. **Biochar for horticultural rooting media improvement: evaluation of biochar from gasification and slow pyrolysis.** *Agronomy*. 7(6):1-23. doi:10.3390/agronomy7010006.

BOBLETER, O. Hydrothermal degradation of polymers derived from plants. **Progress in Polymer Science**, v. 19, n. 5, p. 797–841, 1 jan. 1994.

CARTER, S.; SHACKLEY, S.; SOHI, S.; SUY, T. B.; HAEFELE, S. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown Lettuce (*Lactuca sativa*) and Cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*, v. 3, p. 404-418, 2013.

Carter, S.; Shackley, S.; Sohi, S.; Boun-Suy, T. e Haefele, S. 2013. **O impacto da aplicação de biochar nas propriedades do solo e no crescimento das plantas de alface cultivada em vaso ( *Lactuca sativa* ) e repolho ( *Brassica chinensis* ).** *Agronomia*. 3(2):404-418. Doi:10.3390/agronomia 3020404.

CABRERA, Carlos Alberto Pérez *et al.* Beneficios potenciales del biocarbón en la productividad de cultivos agrícolas. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, México, v. 12, n. 4, p.1-13, 29, jun. 2021.

Guo, M. 2020. **Os princípios 3R para aplicação de biochar para melhorar a saúde do solo.** *Sistemas de Solo*. 4(9):1-16. doi:10.3390/soilsystems4010009.

IBRAHIM, H. M.; AL-WABEL, M. I.; USMAN, A. R. A.; AL-OMRAN, A. **Effect of Conocarpus biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil.** *Soil Sci.*, v.178, p 165-173, 2013.

LEHMANN, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, p. 381–387, 2007.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science and technology.** 1 ed. London: Earthscan, 2009.

MANAHAN, Stanley. **Environmental chemistry.** CRC press, 2017.

MUMME, J. et al. Hydrothermal carbonization of anaerobically digested maize silage. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 19, p. 9255–9260, 1 out. 2011.

PADILHA, Karoline De Melo. **Biochar e carvão ativado do endocarpo do coco utilizados como condicionadores de um solo cultivado com alface (*lactuca sativa*):** 2018. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em agronomia, Da Universidade Federal de Alagoas, para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Alagoas, Rio largo, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/11806>. Acesso em 7 dez. 2023.

PARK, K. Y.; LEE, K.; KIM, D. Characterized hydrochar of algal biomass for producing solid fuel through hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, v. 258, p. 119–124, 1 jun. 2018.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: agronomic and environmental potential in brazilian savannah soils. *Rev. bras. eng. agríc. Ambiente*, v. 16, p.761 – 768, 2012.

RITTL, T. F. **Challenging the claims on the potential of biochar to mitigate climate change.** 2015. 145f. Dissertação (Mestre em Produção Ecologia e Conservação de Recursos) - Universidade de Wageningen, Wageningen, 2015.

SEVILLA, M.; MACIÁ-AGULLÓ, J. A.; FUERTES, A. B. Hydrothermal carbonization of biomass as a route for the sequestration of CO<sub>2</sub>: Chemical and structural properties of the carbonized products. *Biomass and Bioenergy*, v. 35, n. 7, p. 3152–3159, 1 jul. 2011.

SILVA, Ana Carolina Honorio. **Carbonização hidrotermal de biomassa do cerrado visando aplicações agrícolas**: 2018. Trabalho apresentado como requisito para aprovação na disciplina TCC, Instituto de Química da Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22638/1/2018\\_AnaCarolinaHonorioDaSilva\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22638/1/2018_AnaCarolinaHonorioDaSilva_tcc.pdf).

Acesso em: 08 dez. 2023.

SILVA, I. C. B.; Fernandes, L. A.; Colen, F. and Sampaio, R. A. 2017. **Growth and production of common bean fertilized with biochar**. *Ciência Rural*. 47(11):1-8.

SILVA, M. I.; Mackowiak, C.; Minogue, P.; Ferreira-Reis, A. Da Veiga-Moline, E. F. 2017. **Potential impacts of using sewage sludge biochar on the growth of plant forest seedlings**. *Ciência Rural*. 47(1):1-5.

TITIRICI, M. M.; ANTONIETTI, M.; THOMAS, A. A generalized synthesis of metal oxide hollow spheres using a hydrothermal approach. **Chemistry of Materials**, v. 18, n. 16, p. 3808–3812, 2006.

TITIRICI, Maria-Magdalena; ANTONIETTI, Markus. Chemistry and materials options of sustainable carbon materials made by hydrothermal carbonization. **Chemical Society Reviews**, v. 39, n. 1, p. 103-116, 2010.

TRUPIANO, D.; COCOZZA, C.; BARONTI, S.; AMENDOLA, C.; VACCARI, F. P.; LUSTRATO, G.; LONARDO, S. D.; FANTASMA, F.; TOGNETTI, R.; SCIPPA, G. S. The Effects of Biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth, Soil Properties, and Soil Microbial Activity and Abundance. **International Journal of Agronomy**, v. 2017, p.1-12, 2017.

