

---

**TECNOLOGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE ALFACE NO SEMIÁRIDO BAIANO**  
**TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE WATER USAGE IN THE PRODUCTION OF LETTUCE IN THE SEMI-ARID REGION OF BAHIA**

Flávia Angelica da Silva<sup>1</sup>, Leandro Damasceno Xavier<sup>1</sup>, Wilber Gomes da Silva<sup>1</sup>, Antonio Hélder Rodrigues Sampaio<sup>2</sup>, Emerson Alves dos Santos<sup>2</sup>

---



**Resumo:** Objetivou-se com esse trabalho avaliar o uso da tecnologia de canteiro econômico, associado à diferentes substratos de cultivo para alcançar a otimização da água na produção de alface. O trabalho foi realizado no campo experimental do IF Baiano, *Campus Bom Jesus da Lapa - BA*, com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida (dois tipos de canteiros x quatro tipos de substratos) e três repetições. Na parcela, foram avaliados os tipos de canteiros convencional e econômico. Na subparcela foram testados quatro tipos de substratos: 1 - solo puro; 2 - solo com adição de 10% do volume total de esterco bovino + 10% carvão vegetal; 3 - solo com adição de 20% do volume total de carvão vegetal e 4 - solo com adição de 20% do volume total de esterco bovino. A lâmina de irrigação dos canteiros econômicos foi reduzida 50%, em relação aos canteiros convencionais, os quais tiveram o potencial matricial de água no solo controlado até 35 kPa. Avaliações de parâmetros de crescimento e turgescência foliar ocorreram a cada 15 dias. Após 60 dias, avaliou-se a biomassa de folhas e raiz. O canteiro econômico alcançou melhor rendimento em produção de folhas de alface quando se utilizou 20% do substrato à base de esterco bovino, demonstrando ser alternativa viável para a realidade do produtor no semiárido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hortaliças, canteiro econômico, irrigação.

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the use of economic bed

technology, associated with different cultivation substrates to achieve water optimization in lettuce production. The project was carried out in the experimental field of IF Baiano, *Campus Bom Jesus da Lapa-BA*, with a randomized block design, with split plot (two types of beds x four types of substrates) and three replicates. In the plot, the types of conventional and economic beds were evaluated. In the subplots, four types of substrates were tested: 1 - pure soil; 2 - Soil with addition of 10% of its total volume with bovine manure + 10% charcoal; 3 - Soil with addition of 20% of its total volume of vegetal charcoal; and 4 - soil with addition of 20% of the total volume with bovine manure. The irrigation depth of economic beds has been reduced by 50%, compared to conventional beds, which had their water matrix potential controlled up to 35 kPa. Evaluation of growth parameters and leaf turgidity occurred every 15 days. After 60 days, leaf and root biomass was evaluated. The economic bed reached a better performance in production of lettuce leaves when the soil presented 20% more substrate to bovine manure, proving to be a viable alternative for semiarid production.

**KEY WORDS:** Greeneries, economic bed, irrigation.

---

<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Agrônômica, IF Baiano/*Campus Bom Jesus da Lapa - BA*,

<sup>2</sup>Docente IF Baiano/*Campus Bom Jesus da Lapa - BA*, rodovia BR 349, Km 14 - zona rural, Bom Jesus da Lapa, BA, helder.sampaio@ifbaiano.edu.br,

---

## INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura representa cerca de 70% do total de água consumida no mundo (FAO, 2017). De toda água doce no planeta, aproximadamente 2,5%, apenas 0,3% se encontra na porção superficial presente nos rios e lagos, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos, 68% nas geleiras e 29,9% nas águas subterrâneas (BRASIL, 2009). O uso excessivo da água, acrescido da irracionalidade, acarreta redução do volume dos aquíferos, e por consequência a escassez da água potável.

A irrigação é uma ferramenta indispensável na produção de hortaliças, principalmente em regiões com longos períodos de estiagem. Esta técnica disponibiliza água, favorece o equilíbrio térmico e absorção de nutrientes, ideais para o desenvolvimento da planta (COELHO FILHO et al., 2011). Entretanto, a falta de informação em relação ao manejo correto da irrigação, deixa os irrigantes distantes do tão sonhado uso racional da água (MAROUELLI et al., 2011), sendo frequente seu uso em excesso, o que acarreta elevação dos custos, sem incremento algum na produção.

Dentre as hortaliças de grande importância, a alface (*Lactuca sativa* L.), é

a principal hortaliça folhosa comercializada no Brasil, no qual se destaca como o maior produtor da América do Sul (MAGALHÃES et al., 2015). Essencialmente seu cultivo ocorre em condições irrigadas, o que demanda por um grande volume de água. Muito embora o Brasil seja o país detentor de maior disponibilidade de água doce do planeta, o uso da água de forma inadequada, especificamente na região semiárida do nordeste brasileiro, pode gerar conflitos, tanto para fins agrícolas, quanto urbanos e industriais (MAROUELLI et al., 2011).

Muitas tecnologias têm sido empregadas com a intenção de melhorar a eficiência do uso da água, a exemplo do cultivo de alface em ambientes protegidos, com diferente manejo de cobertura do solo, podendo ser empregado desde materiais orgânicos a exemplo de cobertura morta com resíduos de gramíneas ou leguminosas, como a utilização de polímeros ou plásticos, conhecidos também por *mulching*, com a finalidade de conservar a água no solo (ZIECH et al., 2014). O uso de plásticos também tem sido empregado embaixo dos canteiros com finalidade de impermeabilizá-los e evitar a perda de água por percolação. Esta técnica conhecida como canteiros econômicos

(CRUZ et al., 2015) aplica-se em cultivos de hortaliças em ambientes protegidos ou regiões sem risco de alagamentos.

A racionalização do uso da água é alcançada não apenas por sistemas de irrigação eficientes (MAROUELLI et al., 2011), mas também por uma série de fatores que contribuam para conservação da água no sistema solo-planta-atmosfera. Nesse sentido, canteiros econômicos podem ser construídos com substratos formados por solo e resíduos orgânicos, visando aumentar o armazenamento e conseqüentemente a disponibilidade de água para o cultivo de hortaliças. Técnicas que poupam água podem oferecer manutenção ou até aumentos significativos de produtividade, além de aumentar a eficiência do uso de água que é definida como sendo a produção comercial por unidade de água efetivamente utilizada pela cultura na forma de evapotranspiração (JENSEN, 2007).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o uso da tecnologia de canteiros econômicos, associados a diferentes substratos de cultivo para alcançar a otimização da água para produção de hortaliças.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado no campo

experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Bom Jesus da Lapa*, Bahia. Com altitude média de 441 m, segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo BSh (clima quente de Caatinga), com chuvas de verão e períodos secos bem definidos no inverno (Alvares et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida e três repetições. O fator canteiro foi alocado na parcela, com dois níveis, formado por canteiros convencionais (CC) e por canteiros econômicos (CE), ambos para produção de alface (*Lactuca sativa* L.). Na subparcela foram alocados os quatro níveis de substratos: 1 - solo puro; 2 - solo com adição de 10% do volume do canteiro de esterco bovino + 10% carvão vegetal; 3 - solo com adição de 20% do volume do canteiro de carvão vegetal; e 4 - solo com adição de 20% do volume do canteiro de esterco bovino.

Os canteiros foram formados com estrutura de madeira com dimensões de 3 m de comprimento x 0,75 m de largura x 0,25 m de profundidade. Em cada canteiro, divisórias em madeira separaram as quatro subparcelas que tiveram as dimensões de 0,75 m de comprimento x 0,75 m de largura x 0,25 m de profundidade. Os

canteiros econômicos diferenciaram-se dos convencionais, devido a impermeabilização na parte inferior e lateral com uso de lona plástica, acrescido dois tubos de PVC com 50 mm de diâmetro, dispostos longitudinalmente e perfurado lateralmente com orifícios circulares de 2 mm de diâmetro para a realização da irrigação.

Plantas de alface, variedade Mimosa Verde foram cultivadas, no espaçamento de 0,30 m x 0,20 m totalizando quatro plantas em cada subparcela. Todos os canteiros foram cobertos com tela de redução de 50% da radiação solar, disposta a 2,0 m de altura em relação ao nível do solo.

As irrigações foram realizadas diariamente de forma manual para um melhor controle da lâmina de água a ser aplicada. A parcela de canteiros convencionais foi irrigada superficialmente sobre as plantas com uso de regador e a parcela de canteiros econômicos recebeu metade da lâmina de água e a irrigação ocorreu de forma subsuperficial via tubulação no subsolo do canteiro. A lâmina de água variou de 3 a 5 mm dia<sup>-1</sup>, sendo a irrigação realizada com base nos valores de potencial matricial do solo ( $\psi_m$ ), o qual foi mantido em nível superior a -35 kPa. Para avaliação do potencial matricial do solo, em cada tratamento foi instalado um tensiômetro de punção, totalizando oito

tensiômetros no experimento, e diariamente foram obtidos valores de potencial matricial para correção da lâmina de irrigação.

Os parâmetros de crescimento altura (ALT) e diâmetro (DIAM) da parte aérea das plantas foram avaliados aos 15, 30, 45 e 60 dias, perfazendo um total de 4 épocas de amostragens para análise de crescimento da cultura. Como parâmetros fisiológicos, avaliou-se o potencial de turgescência foliar ( $\psi_t$ ) nesse mesmo período, determinado com a utilização do equipamento Wiltmeter®, desenvolvido pela Embrapa Instrumentação (CALBO et al., 2010). Ao final do experimento, após 60 dias de cultivo, foram coletadas informações sobre o peso da biomassa fresca das folhas (PBF) e das raízes (PBR) de cada planta. Amostras de solo foram coletadas em cada parcela para realização de análise física de granulometria e retenção de água, bem como de análise química de macronutrientes e matéria orgânica.

Os resultados dos parâmetros de crescimento, fisiológicos, massa de raiz, biomassa da parte aérea e raiz foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Estes parâmetros somados as

informações física e química do solo foram submetidos às análises multivariadas fatoriais e biplot baseadas no componente principal (PC). Inicialmente, 22 variáveis (pH, P, K, Ca, Mg, Al, Na, H + Al, SB, CTC, V, M.O., Areia, Silte, Argila, Água Disponível,  $\psi_m$ ,  $\psi_t$ , DIAM, ALT, PBF, PBR) foram padronizados devido a diferenças nas unidades. A padronização foi baseada na equação  $Z_{ij} = (X_{ij} - \mu_j) / S_j$ , onde  $X_{ij}$  é o valor da i-ésima observação da variável  $X_j$ ,  $\mu_j$  e  $S_j$  são a média e o desvio padrão de  $X_j$ , respectivamente.

Todas as variáveis padronizadas foram submetidas à análise fatorial, utilizando o ambiente computacional R, versão 3.03 para Windows. Os resultados mostraram que apenas 15 variáveis foram consideradas relevantes para a formação dos três primeiros fatores (variação total de 80%). Essas variáveis foram então

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial matricial do solo ( $\psi_m$ ) variou de -5 a -35 kPa, apresentando valores similares na maior parte do ciclo da cultura para os tipos de canteiro, mesmo com a parcela de canteiro econômico sendo irrigada com metade da lâmina de água, comparada ao tipo de canteiro convencional (Figura 1). Observou-se na parcela de canteiro econômico que os

submetidas à análise de colinearidade baseada na tolerância e ao fator de inflação da variância, considerando, como limite para inclusão, valores maiores que 0,1 e menores que 10, respectivamente (HAIR et al., 2010).

As variáveis consideradas não colineares [pH, K, Ca, Mg, CTC, Matéria Orgânica (MO), Areia (AR), Silte (SIL), Argila (ARG), Água Disponível (AD),  $\psi_m$ ,  $\psi_t$ , DIAM, ALT e PBF)] foram utilizadas para análise biplot.

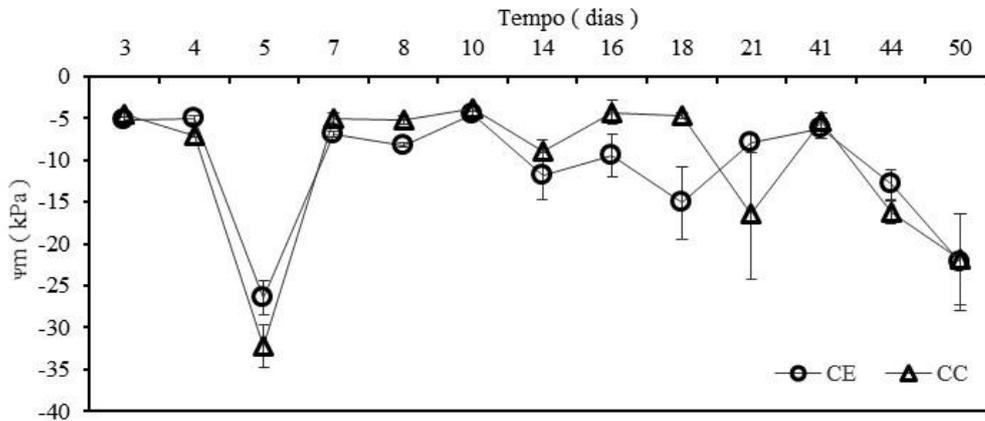
Para esta análise, as variáveis não-colineares dos diferentes tratamentos foram submetidas a uma análise de decomposição de valor singular, e os escores dos dois primeiros componentes principais utilizados como coordenadas de plotagem, de acordo com o modelo descrito por Yan e Rajcan (2002).

maiores valores de  $\psi_m$  foram para os substratos carvão+esterco ou apenas esterco (Figura 2), indicando eficiência da técnica de impermeabilização dos canteiros e irrigação subsuperficial para conservação da água no solo, quando se utiliza substratos de cultivos com propriedades melhoradoras da qualidade do solo.

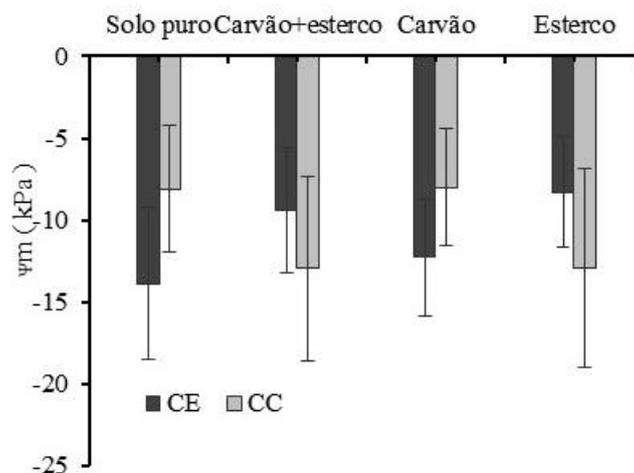
Aos 15 dias após o plantio, as plantas cultivadas em substrato contendo esterco e

esterco+carvão apresentaram maior diâmetro ( $p \leq 0,01$ ) da parte aérea, não havendo diferença entre tipos de canteiros (Tabela 1). Resultados semelhantes foram

encontrados por Ziech et al. (2014) ao utilizar adubação orgânica que proporcionou maiores diâmetros de caule e da parte aérea em plantas de alface.



**Figura 1.** Média do potencial matricial do substrato, cultivado com alface em canteiros econômicos (CE) e convencionais (CC), durante o ciclo de cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.). Barras significam erro padrão da média para cada tipo de canteiro.



**Figura 2.** Média do potencial matricial ( $\psi_m$ ) para cada tipo de substrato, cultivado com alface, em canteiros econômicos (CE) e convencionais (CC), durante o ciclo de cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.). Barras significam erro padrão da média para cada tipo de substrato.

As plantas cultivadas em substrato com esterco obtiveram as maiores médias de diâmetro da parte aérea até o final do experimento, independentemente do tipo de canteiro. Diferenças entre tipos de

canteiros ocorreram a partir de 30 dias, sendo observado os maiores valores de diâmetro da parte aérea para as plantas cultivadas em canteiros econômicos (Tabela 1). Considerando as plantas

cultivadas em canteiros convencionais, o substrato carvão+esterco se destacou em relação a variável diâmetro da parte aérea e não diferenciou significativamente em nenhuma avaliação ( $p \leq 0,01$ ) das cultivadas com substrato contendo apenas esterco (Tabela 1).

Já as plantas cultivadas em solo puro ou em substrato formado com adição de carvão apresentaram os menores valores de diâmetro. Este resultado está relacionado

menor fertilidade do solo observada para estes dois tipos de substratos (Tabela 3). Segundo SAMPAIO et al. (2007) o uso de esterco pode imobilizar nutrientes nas primeiras três ou quatro semanas posteriores à sua incorporação ao solo, característica não observada neste estudo, justificada pelo tempo de repouso de 60 dias entre a formação dos substratos e o plantio.

**Tabela 1.** Média do diâmetro (cm)  $\pm$  erro padrão de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivadas em canteiros econômicos e convencionais e em quatro tipos de substratos.

Canteiro	Solo Puro	Carvão + esterco	Carvão	Esterco
15 dias				
Econômico	8,6 $\pm$ 0,1bA	14,3 $\pm$ 0,2aA	8,6 $\pm$ 0,4bA	15,7 $\pm$ 0,0aA
Convencional	9,0 $\pm$ 0,0bA	13,6 $\pm$ 0,1aA	8,2 $\pm$ 0,1bA	14,2 $\pm$ 0,0aA
30 dias				
Econômico	11,5 $\pm$ 0,1cA	20,9 $\pm$ 0,0bA	9,9 $\pm$ 0,1cA	29,0 $\pm$ 0,4aA
Convencional	13,9 $\pm$ 0,8bA	20,8 $\pm$ 0,3aA	13,1 $\pm$ 0,0bA	19,3 $\pm$ 0,1aB
45 dias				
Econômico	11,8 $\pm$ 0,2cA	22,7 $\pm$ 0,0bA	9,2 $\pm$ 0,0cB	32,9 $\pm$ 0,1aA
Convencional	15,8 $\pm$ 0,1bA	23,0 $\pm$ 0,8aA	16,9 $\pm$ 0,3bA	22,3 $\pm$ 0,1aB
60 dias				
Econômico	10,8 $\pm$ 0,0cA	22,1 $\pm$ 0,5bA	8,8 $\pm$ 0,4cB	31,6 $\pm$ 0,0aA
Convencional	15,6 $\pm$ 0,0cA	23,8 $\pm$ 0,5aA	17,8 $\pm$ 0,0bcA	21,4 $\pm$ 0,1abB

Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância para tipos de substrato e letras maiúscula na mesma coluna para tipos de canteiros, em cada época avaliada.

Em relação à altura de plantas, a partir dos 30 dias de cultivo, também o substrato formado por esterco, associado ao tipo de canteiro econômico, diferenciou-se significativamente ( $p \leq 0,01$ ) em relação aos demais (Tabela 2). Isso se deve a

incorporação de adubo orgânico no solo que fornece nutrientes como N, P, K e S, influência nas propriedades físicas do solo, reduzindo a densidade aparente, formando agregados, melhorando a aeração e a capacidade de armazenamento de água

(KIEHL, 1985). Já no canteiro convencional, a altura das plantas não variou entre os substratos, como observamos na (Tabela 2).

Esses resultados revelaram que o tipo de canteiro econômico apresentou melhores rendimentos comparados ao tipo de canteiro convencional, associado ao substrato com adição de esterco. Essas

respostas foram evidentes já aos 15 dias de cultivo para a variável diâmetro da parte aérea e aos 30 dias para a variável altura, continuando até aos 60 dias de cultivo. Segundo Martins et al. (2009), a marcha de absorção de macronutrientes da alface é lenta nas três primeiras semanas, ocorrendo maior acúmulo de biomassa por volta de 30 dias de cultivo.

**Tabela 2.** Média de altura (cm)  $\pm$  erro padrão de plantas de alface cultivadas em canteiros econômicos e convencionais e em quatro tipos de substratos.

Canteiro	Solo Puro	Carvão + esterco	Carvão	Esterco
15 dias				
Econômico	3,0 $\pm$ 0,2aA	5,0 $\pm$ 0,0aA	3,3 $\pm$ 0,0aA	5,8 $\pm$ 0,0aA
Convencional	3,3 $\pm$ 0,2aA	4,7 $\pm$ 0,1aA	2,9 $\pm$ 0,1aA	4,9 $\pm$ 0,1aA
30 dias				
Econômico	3,3 $\pm$ 0,1bA	5,7 $\pm$ 0,0bA	3,2 $\pm$ 0,0bA	11,4 $\pm$ 0,0aA
Convencional	4,9 $\pm$ 0,8aA	5,3 $\pm$ 0,3aA	3,7 $\pm$ 0,0aA	5,1 $\pm$ 0,1aB
45 dias				
Econômico	4,4 $\pm$ 0,3cA	8,4 $\pm$ 0,0bA	3,3 $\pm$ 0,0cA	18,6 $\pm$ 0,1aA
Convencional	6,3 $\pm$ 0,2aA	9,4 $\pm$ 0,3aA	6,6 $\pm$ 0,3aA	9,8 $\pm$ 0,1aB
60 dias				
Econômico	3,6 $\pm$ 0,0cA	8,1 $\pm$ 0,4bA	3,5 $\pm$ 0,0cA	27,7 $\pm$ 0,0aA
Convencional	5,4 $\pm$ 0,0aA	8,4 $\pm$ 0,1aA	6,4 $\pm$ 0,0baA	8,0 $\pm$ 0,0abB

Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância para tipos de substrato e letras maiúscula na mesma coluna para tipos de canteiros, em cada época avaliada.

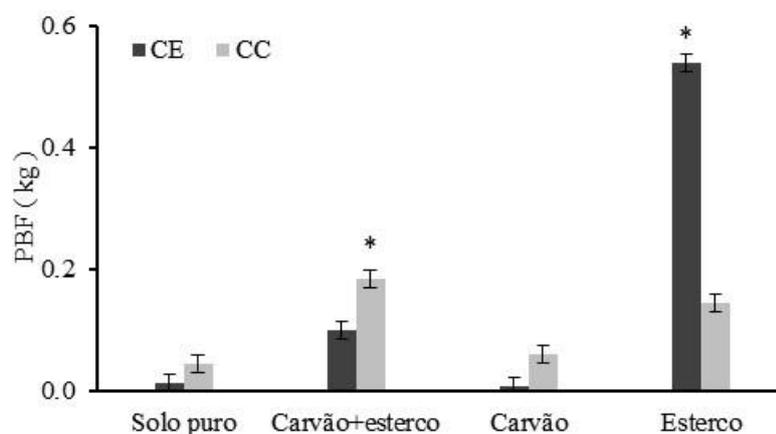
Em relação ao peso da biomassa de folhas, houve uma interação significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre tipos de canteiros e substratos. Para o grupo de plantas cultivadas na parcela de canteiro tipo econômico, o substrato formado com adição de esterco obteve os melhores resultados sendo significativamente superior ( $p \leq 0,01$ ) às plantas cultivadas com

o mesmo substrato, em canteiros tipo convencional (Figura 3). Já para as plantas cultivadas em canteiros tipo convencional, o melhor rendimento de biomassa da parte aérea foi observado no tratamento carvão+esterco, sendo significativamente superior ( $p \leq 0,01$ ) às plantas cultivadas em canteiros econômicos, com mesmo substrato (Figura 3). Corroborando os

resultados de crescimento da parte aérea, tanto em canteiros tipo econômico ou convencional, os substratos formados por solo puro ou com adição de carvão, apresentaram os menores resultados.

De acordo com Viana e Vasconcelos (2008), o esterco bovino melhora consideravelmente a produção de massa fresca foliar, o que foi observado nos tratamentos com esterco. Pode-se atribuir o

melhor rendimento para o tratamento canteiro tipo econômico e substrato com esterco, a soma dos efeitos da melhoria da matéria orgânica na física e química do solo, a melhor conservação da água no solo deste tipo de canteiro (Figura 2), devido a sua impermeabilização, o que evitou a infiltração de água para uma camada de solo maior que a profundidade efetiva do sistema radicular.



**Figura 3.** Peso da biomassa de folhas (PBF) de plantas de alface cultivadas em canteiros econômicos (CE) e convencionais (CC), em quatro tipos de substratos. Barras verticais significam erro padrão da média, e \* diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, entre tipos de canteiros para um mesmo substrato.

Os tipos de canteiros e substratos ocasionaram diferenças significativas ao peso da biomassa de raiz (PBR), não sendo observada a interação entre estes fatores. A PBR sob os tratamentos com tipo de canteiro convencional apresentou maiores valores (Figura 4A). Deve-se considerar neste tipo de canteiro, que a maior lâmina irrigação e distribuição de água sobre a superfície, possivelmente favoreceu o crescimento radicular, contudo isto não foi

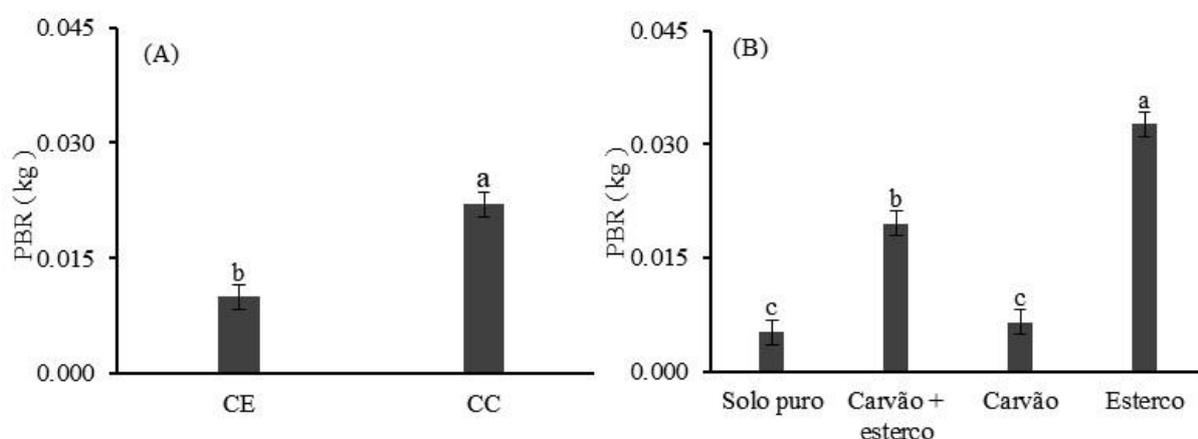
determinante para o aumento da parte aérea de plantas, como constatado nos resultados de PBF (Figura 3). Em relação a tipos de substratos, a adição de esterco obteve os melhores resultados, seguido do esterco+carvão (Figura 4B), indicando assim, influência do esterco bovino no crescimento radicular, independentemente do tipo de canteiro.

Segundo Oliveira et al. (2010), o maior rendimento da alface é atribuído a

adição de matéria orgânica, proporcionando propriedades física, química e biológicas do solo, atuando positivamente no desenvolvimento da cultura. Os piores desempenhos foram para os tratamentos com substrato formado por solo puro e carvão, em ambos os tipos de canteiros. Neste estudo a adição de carvão como parte do substrato não apresentou resultado positivo, para PBF e PBR, contrariando estudos que relatam vantagens ao desenvolvimento radicular de plantas, pelo efeito direto na liberação de fósforo solúvel para as raízes e indiretamente na retenção de nitrogênio na forma de nitrato (PRENDERGAST-MILLER et al., 2013). Segundo estes autores ainda há a necessidade de melhor compreensão em relação a adição de carvão e sua influência na porosidade do solo, adsorção e liberação de água e nutrientes.

Os resultados deste estudo confirmam que o uso de 20% do volume do

canteiro com esterco bovino, promoveu melhor desenvolvimento de parte aérea e sistema radicular. Nas condições deste estudo, quando se utilizou o canteiro tipo econômico, houve um favorecimento no crescimento da parte aérea das plantas, mesmo em condições de uso de metade da lâmina de água. Nestas condições o potencial matricial de água no solo apresentou baixa redução, o que não impactou na absorção de água pelas plantas, e a adição de esterco aumentou o teor de matéria orgânica e favoreceu a ação dos microrganismos do solo e elevação da sua fertilidade (LOPES et al., 2012), o que resultou no melhor desempenho de plantas. Fatores como evaporação de água na superfície do solo, bem como a percolação e lixiviação de nutrientes podem ter sido determinantes para o menor desempenho do canteiro tipo convencional.



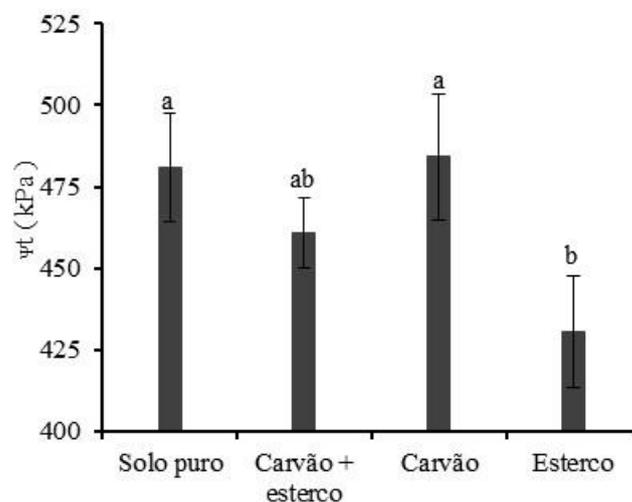
**Figura 4.** Peso da biomassa de raiz (PBR) de plantas de alface cultivadas em canteiros econômicos (CE) e convencionais (CC) (A) e em quatro tipos de substratos (B). Letras

diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. Barras verticais significam erro padrão da média.

Não foram observadas diferenças significativas para a variável potencial turgor foliar ( $\psi_t$ ) entre os tipos de canteiros em nenhum dos substratos avaliados durante todo o ciclo da cultura. Segundo Taiz & Zeiger (2004) o potencial hídrico é uma medida do grau de hidratação da planta e fornece um índice relativo do estresse hídrico ao qual a planta está submetida. Mesmo com a redução de 50% da lâmina de irrigação para os tratamentos com o tipo de canteiro econômico, nesse estudo, não houve perda de turgescência das folhas de plantas de alface. Para Shalhevet (1983) o decréscimo na disponibilidade de água no solo ocasiona queda no potencial da água nas folhas, levando a perda de turgescência, contudo, como já constatado neste trabalho, o  $\psi_m$  não teve alterações devido à diferença na

lâmina de irrigação entre diferentes tipos de canteiros.

Diferenças ( $p \leq 0,01$ ) de  $\psi_t$  foram observadas apenas entre os substratos. As plantas cultivadas com substrato esterco, independentemente do tipo de canteiro, apresentaram menores valores de  $\psi_t$  (Figura 5). Este resultado é justificado pelo maior crescimento de plantas promovido por este tratamento, sendo o potencial turgor foliar resultante da hidratação de uma maior área de tecidos foliares. Outro fator é a variação na concentração de solutos entre folhas fontes (folhas maduras) e folhas drenos (jovens), podendo promover o ajustamento osmótico diferenciado entre partes das plantas (BLUM, 2011), causando variações deste parâmetro.



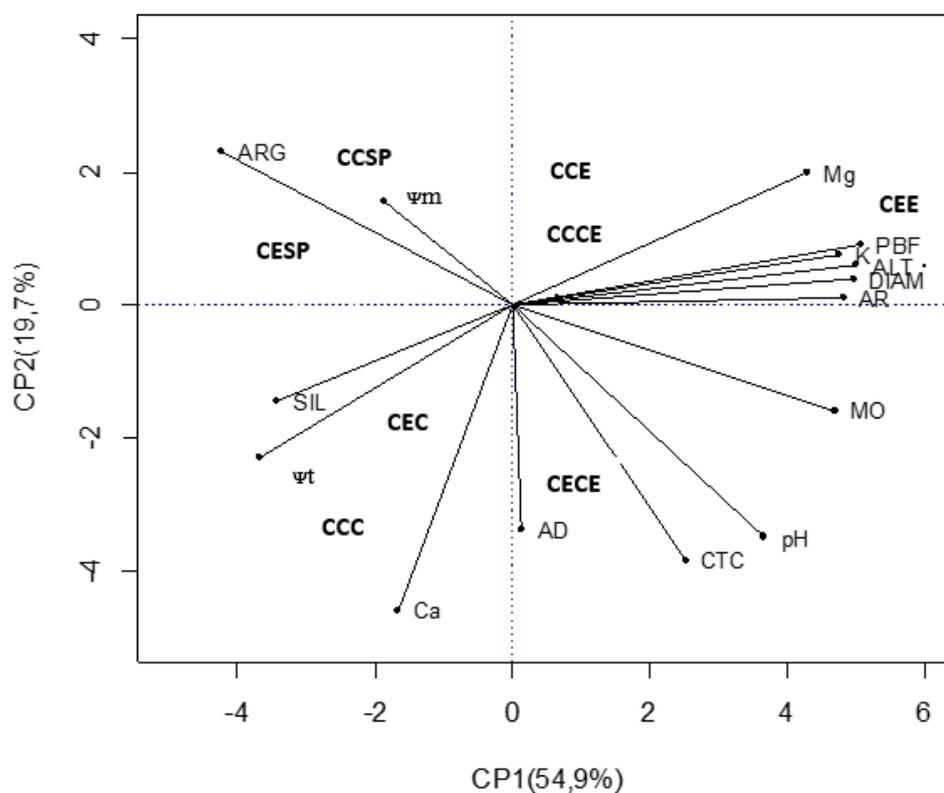
**Figura 5.** Média do Potencial Turgor foliar ( $\psi_t$ ) de plantas de alface cultivadas em em quatro tipos de substratos. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. Barras verticais significa erro padrão da média.

A metodologia biplot permitiu avaliar isolada ou conjuntamente as variáveis dos oito tratamentos analisados (Figura 6). As duas primeiras componentes principais explicaram 74,60% da variação total encontrada na matriz de dados. Corroborando a análise de classe, observou-se, de acordo com o comprimento relativo de cada vetor, que o tratamento canteiro econômico com esterco como substrato (CEE) destacou-se em relação aos demais tratamentos e as características que mais contribuíram para a variação total explicada foram peso da biomassa de folhas (PBF), diâmetro (DIAM), altura (ALT), potássio (K), areia (AR), matéria orgânica (MO) e magnésio (Mg).

Para Peixoto Filho et al. (2013), a adição de adubos orgânicos ao solo contribui de acordo com o grau de decomposição e conseqüente mineralização desses resíduos, interferindo diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas, em especial para aquelas de ciclo curto, como o da alface, podendo apresentar efeitos imediatos ou residuais, influenciando nos cultivos subsequentes. O

melhor desempenho das plantas sobre o substrato esterco está relacionado principalmente com os níveis de potássio que apresentou neste estudo (Tabela 3), sendo o nutriente mais requerido pela planta. Estudos relatam que a ordem decrescente da extração de nutrientes foi  $K > N > Ca > P > Mg > S$  (LOPES et al., 2003).

Além disso, puderam-se comparar, também, os tratamentos e identificar aquele com melhor desempenho em relação às diversas variáveis estudadas. Na primeira componente, houve formação de dois grupos: [01] formado pelos tratamentos CEE, CECE, CCE e CCCE com os melhores resultados em Mg, PBF, ALT, DIAM, AR e K e os menores valores em  $\psi_t$ , SIL e ARG; [2] formado por CCSP, CESP, CEC e CCC, com valores contrários aos observados no grupo anterior. Para a segunda componente, houve separação conforme a quantidade de Ca, CTC, pH, AD, SIL, ARG,  $\psi_t$  e  $\psi_m$ . Houve formação de subgrupos conforme os atributos analisados. CCC e CEC formaram subgrupos com os maiores valores em SIL,  $\psi_t$  e Ca. CESP e CCSP obtiveram os melhores resultados em ARG e  $\psi_m$ .



**Figura 6.** Análise gráfica de biplot baseada nos valores médios de 8 tratamentos, CC Carvão + Esterco (CCCE), CC Esterco (CCE), CC Carvão (CCC), CC Solo Puro (CCSP), CE Carvão + Esterco (CECE), CE Esterco (CEE), CE Carvão (CEC), CE Solo Puro (CESP), para as seguintes variáveis: pH, K, Ca, Mg, CTC, Matéria Orgânica (MO), Areia (AR), Silte (SIL), Argila (ARG), Biomassa Foliar (PBF), Potencial Turgor Foliar ( $\psi_t$ ), Potencial Matricial ( $\psi_m$ ), Água Disponível (AD), Diâmetro (DIAM) e Altura (ALT).

## CONCLUSÃO

O cultivo de alface em canteiros econômicos com substrato formado por solo e adição de 20% do volume do canteiro com esterco bovino e quando combinado com irrigação subsuperficial pode reduzir em 50% a lâmina de água aplicada, podendo ser uma alternativa viável para os produtores de hortaliça no semiárido.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteor. Zeits.** Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BLUM, A. Plant Water Relations, Plant Stress and Plant Production. *In*: BLUM, A. **Plant Breeding for Water-Limited Environments**. New York: Springer, 2011. Cap. 2, p. 11-45.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Água, um recurso cada vez mais ameaçado. Brasília: MMA. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_proecotur/\\_publicacao/140\\_publicacao09062009025910.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- CALBO, A. G.; FERREIRA, M. D.; PESSOA, J. D. C. A Leaf Lamina Compression Method for Estimating Turgor Pressure. **HortScience**, Alexandria, v. 45, n. 3, p. 418-423, 2010.
- COELHO FILHO, M. A.; BASSOI, L. H.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. C. Relação solo-planta-atmosfera. *IN*: SOUZA, V. F. *et al* (Org.). **Irrigação e Fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, cap 1, p. 27-90.
- CRUZ, M. P.; CRUZ, K. R. P.; FERREIRA, T. C.; MARINHO, F. J. L. Utilização de Canteiro Econômico como uma Tecnologia Alternativa para o Semiárido. **Cadernos de Agroecologia**. Bananeiras, v. 10, n. 2, 2015. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/20563>>. Acesso em: 29 mai. 2020.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Brasília: FAO, 2017, 243 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- HAIR JÚNIOR, J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate data analysis**. 7 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. 785 p.
- JENSEN, M. E. Sustainable and productive irrigated agriculture. *In*: HOFFMAN, G. J. *et al.* (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. 2. ed. Saint Joseph: ASABE, 2007. cap. 2, p. 33-56.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; JÚNIOR MEDEIROS, A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 4, p. 565-570, 2012.
- LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J. D.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E. L. N.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.
- MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; SOUZA, E. J.; SILVA,

- T. R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **WRIN**, v. 4, n. 1-3, p. 41-50, 2015.
- MARQUELLI, W. A.; SOUZA, V. F. Irrigação e Fertirrigação. *IN*: SOUZA, V. F. *et al* (Org.). **Irrigação e Fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p. 23-26.
- MARTINS, C. M.; MEDEIROS, J. F.; LOPES, W. A. R.; BRAGA, D. F.; AMORIM, L. B. Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 123-128, 2009.
- OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p.36-40, 2010.
- PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. DOS; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 419-424, 2013.
- PRENDERGAST-MILLER, M. T.; DUVALL, M.; SOHI, S. P. Biochar–root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. **European Journal of soil science**, v. 65, p. 173-185, 2013.  
<https://doi.org/10.1111/ejss.12079>.  
 Disponível em: <  
[http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20140811102320\\_Prendergast-Milleretal\\_EJSS2013.pdf](http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20140811102320_Prendergast-Milleretal_EJSS2013.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2020.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; OLIVEIRA, N. M. B, D; NASCIMENTO, P.R.F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 31, p. 995-1002, 2007.
- SHALHEVET, J. Plants under salt and water stress. *In*: FOWDEN, L. *et al*. **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1983. cap 7, p.133-154.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VIANA, E. M.; VASCONCELOS, A. C. F. Produção de alface adubada com termofosfato e adubos orgânicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 217-224, 2008.
- YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot analysis of teste sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 11-20, 2002.
- ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.9, p.948–954, 2014.