

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA

GHEYSA JULIO PINTO

Biocarvão e vermiculita na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e  
beterraba (*Beta vulgaris* L.)

Maringá - PR

2016

GHEYSA JULIO PINTO

Biocarvão e vermiculita na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e  
beterraba (*Beta vulgaris* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional, do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia,

Área de concentração: Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa

Maringá - PR

2016

## **DEDICATÓRIA**

À adorada família e amigos queridos; aos agricultores familiares que amam sua terra e tudo que nela se produz; à todos aqueles que acreditam e praticam as diversas formas de agricultura sustentável e que lutam bravamente por amor a causa; à *Pachamama* – Mãe de todos, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar à Deus, por mais esta oportunidade de vida, de evolução e de sabedoria e à todos os seus auxiliares.

Agradeço em especial aos meus queridos e amados pais, Waldeli Starnini Julio Pinto e Valter Luiz Barros Pinto, também pela oportunidade à vida, por terem me querido como filha, por todo amor, ensinamentos, exemplos e parcerias, são sem dúvida os melhores do mundo e os melhores que eu poderia ter.

Aos demais familiares, igualmente adorados, especialmente minha “vozinha” Dora Aparecida Starnini Julio e primas/irmãs Etiene Julio Pinto e Charlise Freitas de Andrade, por entenderem as inúmeras ausências no decorrer deste processo. Aos valiosos avô, madrinha e padrinho, Waldemar Julio, Dorian Starnini Julio Pinto e Roberto Aires Pinto, que não se encontram mais neste plano mas que seu amor e ensinamentos foram de extrema importância nesta jornada.

Ao programa Mestrado Profissional em Agroecologia – MPA da Universidade Estadual de Maringá - UEM, gratidão em fazer parte desta história. Ao amigo, colega de profissão e militante da agroecologia, prof. Dr. José Ozinaldo Alves de Sena por ter me apresentado esta forma de agricultura sustentável e por todas as oportunidades de vivência nesta linha, obrigada.

Ao prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa, orientador com toda excelência que este título sugere. O mais sincero agradecimento por toda paciência, dedicação, brandura, disposição com que me tratou em todos esses meses. Obrigada pelas conversas, pelas palavras de incentivo e por aguentar minhas lágrimas sem fim. Saiba que o professor foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho, sem o qual eu não teria conseguido.

À equipe do Laboratório de Química e Mineralogia do Solo – LQMS e Laboratório de Caracterização e Reciclagem de Resíduos – LCRR / UEM, em especial aos colegas Alini Taichi da Silva Machado e Rodolfo Figueiredo pela importante ajuda com os equipamentos e ao Ivan Granemann de Souza Junior pelas orientações técnicas e paciência com a minha bagunça, falta de habilidade com o funcionamento e rotina dos laboratórios, muito obrigada.

A Agência Nacional de Desenvolvimento do Extremo Oeste do Paraná – ADEOP, em especial, ao amigo e coordenador, Rafael Granziolli Caldas, por entender as minhas limitações, atrasos e ausências e também por me defender e compreender esta causa.

Aos queridos amigos Luciane Kawashima Hisano e Arthur de Canini Cezar que disponibilizaram alguns materiais; Fabio Andrian Martins e Letícia Araujo Pereira que muitas vezes me acompanharam e auxiliaram nas regas noturnas; Camila Garcia Nakamura pelo auxílio e companhia nos fins de semana no laboratório; Gizelly Santos pelas aulas de estatística via skype e por me ajudar com os dados; Tadeu Roque de Cristo Junior e Carolina Cosmo Lopes, companheiros de vida e incentivadores essenciais neste processo; e aos demais amigos que de alguma forma fazem parte desta conquista, o meu mais sincero agradecimento.

## EPÍGRAFE

“Me preocupa o fato do meu conhecimento ecológico não se tornar útil ao povo, que tem o maior impacto sobre a terra. Então ele pouco serviria, afora produzir mais conhecimento acadêmico.”

Stephen R. Gliessman

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELA</b> .....	1
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	2
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	3
<b>RESUMO</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
2.1 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS .....	12
2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS MATERIAIS PUROS E SUBSTRATOS .....	15
2.3 AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS MUDAS .....	17
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	19
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	19
3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS MATERIAIS PUROS .....	19
3.2 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS MUDAS DE ALFACE E BETERRABA ..	21
3.3 INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS DIFERENTES SUBSTRATOS EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA .....	24
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	36
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>6. ANEXOS</b> .....	41

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1.</b> Relação entre os valores de pH e a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas.....	8
<b>Tabela 2.</b> Classificação dos valores de condutividade elétrica (dS/m a 25°C) e sua influência no desenvolvimento das plantas.....	8
<b>Tabela 3.</b> Análise química de macro e micronutrientes das amostras de composto, carvão vegetal e vermiculita.....	14
<b>Tabela 4.</b> Valores dos atributos químicos e físicos dos materiais puros.....	20
<b>Tabela 5.</b> Relação de macro e microporos dos materiais puros em função da porosidade total.....	21
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de produção de matéria seca (mg) das mudas de alface, em função dos diferentes substratos, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ), pela utilização do teste de agrupamento de médias <i>Scott-Knott</i> do programa estatístico <i>SISVAR</i> (Ferreira, 2010).....	22
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de produção de matéria seca (mg) das mudas de beterraba, em função dos diferentes substratos, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ), pela utilização do teste de agrupamento de médias <i>Scott-Knott</i> do programa estatístico <i>SISVAR</i> (Ferreira, 2010).....	23
<b>Tabela 8.</b> Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e significância estatística (p) entre as variáveis dependentes dos atributos químicos e físicos dos substratos que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a produção de matéria seca de mudas de alface, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico <i>SAS</i> .....	25
<b>Tabela 9.</b> Atributos químicos e físicos, do tratamento VG1 com cultivo de mudas de alface, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) em relação a condutividade elétrica, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico <i>SAS</i> .....	30
<b>Tabela 10.</b> Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e significância estatística (p) entre as variáveis dependentes dos atributos químicos e físicos dos substratos que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a produção de matéria seca de mudas de beterraba, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico <i>SAS</i> .....	31
<b>Tabela 11.</b> Relação de macro e microporos em função da porosidade total no tratamento CG2 com cultivo de mudas de beterraba.....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composto orgânico seco e peneirado.....	12
<b>Figura 2.</b> Jogo de peneiras e tamisador vibratório utilizados para separação do carvão vegetal e da vermiculita em diferentes granulometrias.....	13
<b>Figura 3.</b> Recipientes utilizados para acondicionamento dos substratos preparados entre composto orgânico e materiais puros, carvão e vermiculita, nas diferentes doses e granulometrias.....	14
<b>Figura 4.</b> Mesa agitadora, pH-metro e condutivímetro.....	17
<b>Figura 5.</b> Sementes de alface ( <i>Vanda – Sakata</i> ) e implantação do experimento para produção de mudas de alface.....	18
<b>Figura 6.</b> Sementes de beterraba ( <i>Early Wonder 2000 – Top Seed Premium</i> ) e implantação do experimento para produção de mudas de beterraba.....	18
<b>Figura 7.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos CG1-5, CG1-10, CG1-20 e CG1-30.....	42
<b>Figura 8.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos CG1-40, CG1-50, CG2-5 e CG2-10.....	43
<b>Figura 9.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos CG2-20, CG2-30, CG2-40 e CG2-50.....	44
<b>Figura 10.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos VG1-5, VG1-10, VG1-20 e VG1-30.....	45
<b>Figura 11.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos VG1-40, VG1-50, VG2-5 e VG2-10.....	46
<b>Figura 12.</b> Mudas de alface produzidas nos tratamentos VG2-20, VG2-30, VG2-40 e VG2-50.....	47
<b>Figura 13.</b> Mudas de beterraba produzidas nos tratamentos CG1-5, CG1-10, CG1-20, CG1-30, CG1-40, CG1-50, CG2-5 e CG2-10.....	48
<b>Figura 14.</b> Mudas de beterraba produzidas nos tratamentos CG2-20, CG2-30, CG2-40, CG2-50, VG1-5, VG1-10, VG1-20 e VG1-30.....	49
<b>Figura 15.</b> Mudas de beterraba produzidas nos tratamentos VG1-40, VG1-50, VG2-5, VG2-10, VG2-20, VG2-30, VG2-40 e VG2-50.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** A - Interação entre a porosidade total e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre a macroporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.....26
- Gráfico 2.** A - Interação entre o pH e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre a densidade e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.....27
- Gráfico 3.** A - Interação entre condutividade elétrica e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre macroporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.....29
- Gráfico 4.** Interação entre densidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.....30
- Gráfico 5.** Interação entre microporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento CG2 (carvão granulometria 2) de cultivo de mudas de beterraba.....32
- Gráfico 6.** A - Interação entre condutividade elétrica e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba; B - Interação entre porosidade total e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba.....33
- Gráfico 7.** A - Interação entre pH e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba; B - Interação entre densidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba.....34
- Gráfico 8.** Interação entre pH e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG2 (vermiculita granulometria 2) de cultivo de mudas de beterraba.....35

# Biocarvão e vermiculita na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.)

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal verificar como a adição dos materiais biocarvão e vermiculita junto ao composto orgânico (esterco de equino e restos culturais de olerícolas), em diferentes granulometrias (G1 - < 0,05 mm e G2 – 2,0 a 4,0 mm) e em seis doses (5, 10, 20, 30, 40 e 50%) interferem nos atributos químicos (pH e condutividade elétrica) e físicos (densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade) dos substratos preparados e na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.). Para o cultivo das mudas, foram utilizadas as cultivares *Vanda – Sakata* e *Early Wonder – TopSeed Premimiun*, de alface e beterraba respectivamente. O experimento para determinação dos atributos físicos e químicos dos materiais puros, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos, 10 repetições, no total de 50 unidades experimentais (tubetes com capacidade para 100 cm<sup>3</sup>) e dos substratos preparados em 4 tratamentos, 6 doses, 10 repetições, no total de 240 tubetes. O ensaio para produção de mudas também foi conduzido em DIC, pela utilização dos substratos preparados com 4 tratamentos, 6 doses, 10 repetições, no total de 240 tubetes para alface e, com 6 repetições, no total de 144 tubetes para a beterraba. Para a análise estatística dos dados obtidos foram utilizados os programas estatísticos *SISVAR*, pelo teste de agrupamento de médias (*Scott-Knott*) e *SAS* pelo teste de correlação entre as variáveis. A utilização dos preparados CG2-5, CG2-30, VG1-5 e VG1-10 para o cultivo de mudas de alface e o CG1-30 para beterraba apresentaram as melhores produções de matéria seca da parte aérea, raiz e total.

**Palavras-chave:** matéria orgânica carbonizada, hortaliças e resíduos orgânicos.

# Biochar and vermiculite production of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the addition of biochar and vermiculite to organic compost (horse manure and crop residues of vegetable) in different particle sizes (G1 - <0.05 mm and G2 - 2.0 to 4.0 mm) and six doses (5, 10, 20, 30, 40 and 50%) and how they affect the chemical (conductivity and pH), the physical (density, porosity, macroporosity and microporosity) attributes of the substrates prepared and the production of upper parts (MSPA), root (MSR) and total (MST) dry matter of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seedlings. The lettuce seeds were *Vanda - Sakata* and *Early Wonder - TopSeed Premium*, for lettuce and beets, respectively. The experiment to determine the physical and chemical attributes of pure materials was conducted in a completely randomized design (CRD) with 5 treatments, 10 repetitions, for a total of 50 experimental units (containers with capacity for 100 cm<sup>3</sup>) and substrates prepared in 4 treatments, 6 doses, 10 repetitions, totaling 240 tubes. The test for seedling production was also conducted in CRD, the use of substrate prepared with 4 treatments, 6 doses, 10 repetitions, totaling 240 tubes for lettuce and 6 repetitions, totaling 144 tubes for beet seedlings. Statistical analysis of the data used the statistical software SISVAR, by means of grouping test (Scott-Knott) and SAS to run correlation test among the variables. The CG2-5, CG2-30, VG1-5 and VG1-10 for lettuce seedling production and CG1-30 to beet production were the best treatments.

**Keywords:** carbonized organic matter, vegetable crops and organic residues.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca de uma agricultura menos dependente de insumos químicos é parte de uma busca maior de desenvolvimento sustentável (KHATOUNIAN, 2001). Nesse sentido, Gliessmann (2005) aponta a Agroecologia “como nova abordagem da agricultura e do conhecimento agrícola, que construa sobre aspectos de conservação de recursos da agricultura tradicional local, enquanto, ao mesmo tempo, se exploram conhecimento e métodos ecológicos modernos” e também que “proporciona o conhecimento e a metodologia necessários para desenvolver uma agricultura que é ambientalmente consistente, altamente produtiva e economicamente viável.”

Para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção bem como a manutenção da produtividade agrícola é necessário o desenvolvimento de práticas de manejo que visem melhorias aos sistemas de produção a fim de promover ambiente propício para o desenvolvimento das plantas. Dentre as inúmeras técnicas conservacionistas encontra-se a compostagem, que é apresentada pelo conjunto de procedimentos aplicados para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais, com atributos físicos, químicos e biológicos, superiores àqueles encontrados nas matérias primas (MELLO-PEIXOTO et. al., 2014).

De acordo com Primavesi (1979), alguns dos benefícios da matéria orgânica são: a) substâncias agregantes, com bioestrutura estável à ação das chuvas, b) ácidos orgânicos e álcoois, fonte de carbono aos microorganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio, que produzem substâncias de crescimento, com efeito positivo sobre o desenvolvimento vegetal, c) alimento aos organismos ativos na decomposição, produzindo antibióticos que protegem as plantas, d) aumenta a CTC e o poder tampão essencial para sistemas quimicamente adubados.

O composto orgânico é um ótimo componente de substratos para a produção de mudas de hortaliças, frutíferas, flores e espécies arbóreas, (INÁCIO et. al., 2009). A produção de mudas é importante etapa do sistema produtivo e quando feita em bandejas proporciona facilidade de manejo e homogeneidade das plantas cultivadas. De acordo com Silva et. al. (2015) o cultivo por meio do transplante de mudas apresenta algumas vantagens como a redução na quantidade necessária de sementes, baixo riscos de falha na formação, uniformidade nas plantas e raízes, facilidade no controle de doenças na fase inicial, além da possibilidade de

planejamento da produção. De acordo com Ferreira et. al. (2014), o requisito importante na produção de mudas de qualidade está relacionado com a utilização de substrato adequado.

Substrato é qualquer material em que as sementes germinam e deve garantir a estabilidade do sistema radicular, suprir de água e nutrientes, além de transportar gases como oxigênio e gás carbônico. Compostos utilizados como substratos devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas como tamanho de partículas, porosidade, pH e capacidade de retenção de água (REZENDE, 2014).

De acordo com Crispim et. al. (2015) o reaproveitamento de resíduos agrícolas estão sendo utilizados na produção de substratos alternativos e tem apresentado boas condições de desenvolvimento e formação de mudas. A escolha certa do substrato é de fundamental importância, pois suas propriedades químicas e físicas podem variar de forma a favorecer ou prejudicar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas. Para Vieira et. al. (2015), os substratos devem possuir características como boa estrutura, alta capacidade de retenção de água e alta porosidade, disponibilidade de nutrientes, não se expandir, contrair ou apresentar substâncias tóxicas.

Para Ferreira et. al. (2014), a presença da matéria orgânica promove alguns benefícios como retenção de umidade, o aumento da permeabilidade, a liberação lenta e gradativa de nutrientes para as plantas, a melhoria da estrutura, do poder tampão e da atividade biológica, nos sistemas. Nesse contexto, a adubação orgânica voltou a receber atenção dos agricultores por seus inúmeros benefícios. Logo, são de grande importância estudos relacionados aos componentes do substrato preparados com resíduos orgânicos, para obtenção de mudas de maior qualidade e com menor custo.

Os atributos químicos (pH e condutividades elétrica) e físicos (densidade, porosidade total, macro e microporosidade) tem influência sobre o crescimento vegetal. Os valores de pH variam, basicamente, entre 4,0 (fortemente ácido) e 10,0 (alcalino). Para Minami & Salvador (2010) o valor do pH tem influência no crescimento das plantas devido ao efeito deste sobre a disponibilidade de nutrientes. Os substratos com valores de pH entre 6,0 e 7,0 são considerados ideais, pela maioria das plantas, que apresentam melhor capacidade de absorção de nutrientes, Tabela 1.

**Tabela 1.** Relação entre os valores de pH e a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas.

Classificação	pH	Absorção (%)					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Enxofre	Cálcio	Magnésio
Acidez elevada	< 5,0	0 - 20	0 - 30	0 - 30	0 - 40	0 - 20	0 - 20
Acidez média	5,0 - 6,0	50 - 75	35 - 40	35 - 70	80 - 100	40 - 50	40 - 50
Acidez fraca	6,0 - 7,0	100	50 - 100	90 - 100	100	70 - 90	70 - 80
Neutro	7,0	100	100	100	100	100	100
Alcalinidade fraca	7,0 - 7,8						
Alcalino	> 7,8						

Adaptado (Kiehl, 1979 e Minami & Salvador, 2010).

A salinidade, de acordo com Minami & Salvador (2010), é o acúmulo de sais solúveis dissolvidos em determinado material e pode ser medida por meio da capacidade de condução de eletricidade, a condutividade elétrica (CE) que é expressa em dS/m a 25°C. Assim, quanto mais sal dissolvido, maior a condutividade. De acordo com Ferreira (2000) o excesso de sais solúveis, ocasiona a elevação do potencial osmótico, que afeta o meio ao redor das raízes com redução na absorção de água e nutrientes pelas plantas. Para Lima Junior et. al. (2015) o manuseio e a utilização de substratos requerem cuidados especiais em função dos valores de CE, onde o excesso de salinidade pode interferir no desenvolvimento das mudas, que passam a apresentar baixo crescimento e em casos extremos, de elevada concentração de sais, pode levar a morte dos tecidos vegetais, conforme Tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação dos valores de condutividade elétrica (dS/m a 25°C) e sua influência no desenvolvimento das plantas.

Classificação	dS/m a 25°C	Interpretação
Muito baixo	< 0,14	Deficiência de nutrientes e necessidade de adubação
Baixo	0,15 - 0,49	Adequado para mudas e substrato rico em matéria orgânica, exige adubação
Moderado	0,50 - 1,79	Satisfatório para a maioria das plantas, o crescimento de algumas espécies sensíveis pode ser prejudicado
Ligeiramente alto	1,8 - 2,24	Pouco alto para a maioria das espécies, é aceitável para plantas vigorosas
Alto	2,25 - 3,39	Crescimento reduzido, plantas atrofiadas, murchas e queimas leves de folhas
Muito alto	> 3,4	Injúria severa e morte de plantas

Adaptado (Minami & Salvador, 2010).

A estrutura do material, segundo Gomes et. al. (2015), também é importante atributo para a adaptação das espécies e pode ser avaliada pela sua densidade, macro e microporosidades, estabilidade de agregados, resistência oferecida ao desenvolvimento das

raízes e permeabilidade de água e gases, para o autor, esses atributos podem ser utilizados como indicadores de adensamento e compactação.

De acordo com Melo (2015), a densidade de um substrato consiste na relação entre a massa e o volume ocupado pelas partículas, é estabelecida no momento do preenchimento do recipiente, onde o aumento da pressão exercida pelo material dentro do recipiente pode aumentar o percentual de sólidos por unidade de volume, e assim, sua densidade, que também reduz a porosidade e conseqüentemente do espaço de aeração. Cita ainda, que a densidade ideal para o cultivo de hortaliças varia entre 0,4 a 0,5 g/cm<sup>3</sup>.

Para Minami & Salvador (2010), o valor ideal da porosidade é de 75% do volume total, sendo um terço de macroporos (maior que 0,08 mm) para dois terços de microporos (menor que 0,06 mm), isso garante suficiente aeração, permeabilidade e capacidade de retenção de água. Para Silva (2010) os poros são separados principalmente em macro e microporos. Os macroporos permitem livre movimentação de ar e condução de água durante o processo de infiltração, são grandes o suficiente para permitir o desenvolvimento do sistema radicular. Já os microporos, ao contrário dos macros, geralmente são ocupados por água, mesmo quando não preenchidos por água, seu tamanho reduzido não permite movimentação adequada do ar. Os microporos apresentam movimentação lenta de água sendo que a maior parte da água retida nesses poros não está disponível para as plantas.

Foi observado em território amazônico, determinados locais utilizados para produção agrícola devido a presença de material orgânico decomposto em parte na forma de carvão residual. Esses locais foram denominados de *Terra Preta de Índio*, devido às fogueiras domésticas e as práticas de queima da vegetação. De acordo com Kern et. al. (2009), esses espaços apresentam elevados teores de carbono orgânico, bem como de fósforo, de cálcio e de magnésio, resultantes da deposição de cinzas, resíduos de peixes, conchas, caça, dejetos humanos, entre outros compostos orgânicos. Segundo Teixeira et. al. (2009), o carvão devido à sua porosidade, e conseqüentemente à sua grande área superficial específica (m<sup>2</sup>/g), pode significativamente aumentar a capacidade de retenção de água. Por essas razões, a fertilidade química da *Terra Preta* é significativamente superior à maioria dos solos amazônicos não perturbados pela atividade humana pré-histórica.

Práticas de manejo que visem à adição e fixação de carbono ao sistema, melhorando sua qualidade química e física, podem diminuir a demanda por recursos externos para manter a produtividade das culturas. Nesse sentido, a adição de materiais orgânicos (carvão vegetal) e

inorgânicos (vermiculita expandida) podem contribuir na melhoria dos atributos físicos e químicos dos substratos.

O *biocarvão* ou *Biochar* (termo em inglês) consiste em carvão vegetal resultante da carbonização da matéria orgânica. Almeida (2014) define como o produto da decomposição térmica por pirólise de material orgânico sob uma quantidade limitada de oxigênio. Esse processo permite a retenção de 20 a 50% do carbono presente no material de origem. Pode ser produzido, na propriedade rural, a partir de restos vegetais como podas de árvores, palhas, serragens, resíduos de culturas, entre outros. A utilização do biocarvão, de acordo com Dantas et. al. (2011) traz benefícios em função das melhoras nas propriedades físicas, químicas e biológicas, como a capacidade de retenção de água e aeração, aumento do pH e do teor de nutrientes, além de proporcionar melhorias nas condições para o desenvolvimento e manutenção da microbiologia do solo.

A utilização do carvão vegetal na constituição do substrato favorece a germinação e o crescimento vegetal, por atuar como um condicionador físico-químico, age beneficemente na fertilidade pois aumenta a retenção de água e nutrientes, além do que, o processo de pirólise produz também materiais com efeito na correção de acidez pelo aumento do pH. Por fixar carbono e melhorar sua fertilidade, a biomassa carbonizada ou biocarvão, pode ser uma opção sustentável para manter e aumentar a produção com menor uso de recursos naturais e fertilizantes sintéticos (DA SILVA et. al., 2014).

A vermiculita expandida é uma argila bastante empregada na produção de mudas e comumente encontrada na composição dos substratos comerciais. Segundo Ugarte (2008), suas características físicas e químicas como baixa densidade, composição uniforme, esterilidade biológica (ausência de agentes fitopatogênicos), são atributos que aumentam a capacidade de enraizamento e desenvolvimento das plantas.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e no mundo. Este fator se deve, entre outros, a facilidade de aquisição e baixo custo ao consumidor. De acordo com Ziech et. al. (2014), o cultivo de alface apresenta grande retorno econômico por área cultivada, alternativa para os pequenos produtores haja vista não haver demanda por grandes áreas. Segundo dados levantados por Sala e Costa (2012), os principais tipos de alface cultivados, no Brasil, em ordem de importância econômica são a crespa, americana, lisa e romana. Dentre as crespas, de acordo com Henz & Suinaga (2009) a cultivar Vanda, destaca-se por ser uma planta de porte grande, com folhas compridas, talo grosso e possui sistema radicular vigoroso. Além disso, apresenta rusticidade e adaptação às condições tropicais, alta

produtividade e ciclo precoce (55 dias). Devido ao ciclo relativamente curto, à possível produção ao longo de todo ano e ao rápido retorno financeiro, grande parte dos horticultores optam pela produção desta cultura.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma hortaliça tuberosa, rica em açúcares que apresenta elevado consumo no mundo e é uma importante fonte de nutrientes ao organismo humano. Apresenta melhor produção de raízes em condições de outono/inverno e, por ser de clima temperado, se adapta em regiões com temperaturas amenas e baixa umidade (COSTA, 2014). O consumo de beterraba no Brasil aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos, devido ao sabor peculiar (cerca de 6% de açúcares na massa fresca), às características nutricionais (minerais, vitaminas e fibras), à versatilidade de formas de consumo e ao período longo de conservação pós colheita dessa raiz tuberosa (FERNANDES et. al., 2015). Apesar de não estar entre as hortaliças de maior valor econômico, é importante em grande número de pequenas propriedades (CORREA et. al., 2014). Segundo Silva et. al. (2015) a variedade *Early Wonder* é a cultivar de mesa mais produzida no país; é do tipo descortificada de ciclo precoce (75 dias), se adapta perfeitamente em condições de excesso de sais no solo, sendo considerada moderadamente tolerante.

A hipótese deste trabalho foi verificar se a adição de materiais (carvão vegetal e vermiculita), em diferentes granulometrias e doses, junto ao composto orgânico, interferem significativamente ( $p < 0,05$ ) nos atributos físicos e químicos dos substratos produzidos de forma a afetar a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas de alface e beterraba.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar: a) os atributos físicos e químicos dos materiais puros (composto orgânico, carvão vegetal e vermiculita); b) as alterações nos atributos físicos e químicos dos substratos preparados com adição de carvão e vermiculita em diferentes granulometrias (G1 - < 0,5 mm e G2 - 2,0 a 4,0 mm) e doses (5, 10, 20, 30, 40 e 50%); c) a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas de alface e beterraba, cultivadas nos diferentes substratos preparados.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS

Os experimentos foram conduzidos em infraestrutura, estufa e laboratórios, pertencente ao Laboratório de Química e Mineralogia do Solo – LQMS e Laboratório de Caracterização e Reciclagem de Resíduos – LCRR, vinculado ao Centro de Ciências Agrárias – CCA, do Departamento de Agronomia – DAG, campus sede da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Os materiais utilizados para implantação dos experimentos foram composto orgânico, carvão vegetal e vermiculita. Foi utilizado aproximadamente 40 L de composto orgânico (feito a partir de esterco de equino e restos culturais de olerícolas) produzido e disponibilizado pelo olericultor *Paulo Andreassa* de Água Boa, distrito de Paiçandu – PR; cerca de 6,5 L de carvão vegetal (proveniente da queima do eucalipto) produzido e disponibilizado pelo produtor *Durvalino da Silva* do município de Kaloré – PR; e aproximadamente de 6,5 L de vermiculita expandida comercial (Terra Mater – Saving Energy). O composto orgânico foi seco em casa de vegetação por 7 dias e peneirado, em peneira com abertura de 4,0 mm, para homogeneização do material (Figura 1).



**Figura 1.** Composto orgânico seco e peneirado.

O fracionamento do carvão vegetal e da vermiculita em diferentes tamanhos de partículas foi feito por tamisamento, por meio de tamisador vibratório (*Produtest*) durante 10 minutos em vibração máxima com utilização de peneiras com diferentes aberturas (4, 2, 1 e 0,5 mm). As peneiras foram sobrepostas em ordem decrescente de diâmetro entre o fundo e a

tampa. Após cada ciclo no tamisador, os materiais retidos em cada peneira foram reservados e separados conforme as diferentes granulometrias (Figura 2).



**Figura 2.** Jogo de peneiras e tamisador vibratório utilizados para separação do carvão vegetal e da vermiculita em diferentes granulometrias.

Dos materiais separados, tanto do carvão quanto da vermiculita, foram selecionados para este trabalho, somente as granulometrias  $< 0,5\text{mm}$  e entre  $2,0$  a  $4,0\text{ mm}$ , denominadas de G1 e G2, respectivamente. Esses materiais tamisados foram denominados: T (testemunha = composto orgânico, granulometria  $< 4,0\text{ mm}$ ), CPG1 (carvão puro na granulometria 1 –  $< 0,5\text{ mm}$ ), CPG2 (carvão puro na granulometria 2 –  $2,0$  a  $4,0\text{ mm}$ ), VPG1 (vermiculita pura na granulometria 1 –  $< 0,5\text{ mm}$ ) e VPG2 (vermiculita pura na granulometria 2 –  $2,0$  a  $4,0\text{ mm}$ ).

Foram coletadas 2 amostras de cada material puro (compostagem, carvão e vermiculita) e encaminhadas ao Laboratório de Análise Rural do Sindicato Rural de Maringá para análise química de macro e micronutrientes disponíveis, Tabela 3.

**Tabela 3.** Análise química de macro e micronutrientes das amostras de composto, carvão vegetal e vermiculita.

Amostra	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SMP	M.O.	C	P	K	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V
	(pH)		(g/dm <sup>3</sup> )			(mg/dm <sup>3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )					(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		(%)	
Composto 1	6,2	7,0	6,8	111,4	64,6	1942,0	1,01	17,2	10,8	6,4	2,7	2,7	0	18,2	20,9	86,9
Composto 2	6,2	7,1	6,9	100,4	58,2	2434,0	1,02	18,5	11,9	6,6	2,6	2,6	0	19,5	22,1	88,1
Carvão 1	7,6	8,4	7,8	44,2	25,7	68,4	1,79	5,6	3,6	2,0	1,3	1,3	0	7,4	8,7	85,1
Carvão 2	7,9	8,7	7,9	14,9	8,6	116,4	1,86	6,1	4,2	1,9	1,2	1,2	0	7,9	9,1	86,8
Vermiculita 1	8,0	8,8	7,9	3,6	2,1	107,5	0,28	25,8	18,6	7,2	1,3	1,3	0	26,1	27,3	95,4
Vermiculita 2	8,0	8,8	7,9	2,8	1,6	106,3	0,27	25,9	18,7	7,3	1,3	1,2	0	26,2	27,5	95,5

Amostra	SB	CTC	V	Cu	Zn	Fe	Mn	Na <sup>+</sup>	Relações				Saturação do complexo de troca				
	(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )			(%)	(mg/dm <sup>3</sup> )					Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	K%	Ca%	Mg%	Al%
Composto 1	18,2	20,9	86,9	2,4	41,5	76,6	112,6	27,4	1,7	10,7	6,3	17,0	4,8	51,8	30,3	0	13,1
Composto 2	19,5	22,1	88,1	2,4	52,7	64,8	114,2	27,8	1,8	11,7	6,4	18,1	4,6	53,8	29,7	0	11,9
Carvão 1	7,4	8,7	85,1	0,7	3,8	24,1	14,8	10,6	1,7	2,0	1,1	3,1	20,6	41,0	23,5	0	14,9
Carvão 2	7,9	9,1	86,8	0,7	4,2	18,2	15,4	10,7	2,2	2,3	1,0	3,3	20,4	45,9	20,5	0	13,2
Vermiculita 1	26,1	27,3	95,4	1,1	2,8	95,4	24,6	33,5	2,6	66,4	25,7	92,1	1,0	68,1	26,3	0	4,6
Vermiculita 2	26,2	27,5	95,5	1,1	3,4	100,3	23,9	32,4	2,6	69,2	26,9	96,1	1,0	68,1	26,4	0	4,6

Com a utilização de proveta graduada de 1000 mL foram adicionados em recipientes de plástico com capacidade para 2000 mL as quantidades de 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 mL dos materiais nas granulometrias desejadas, de modo a atingir as doses 05, 10, 20, 30, 40 e 50% em volume. Em seguida adicionou-se o composto orgânico até completar o volume total do recipiente, Figura 3. Dessa forma, foram preparados 24 substratos denominados de: CG1-5, CG1-10, CG1-20, CG1-30, CG1-40, CG1-50, CG2-5, CG2-10, CG2-20, CG2-30, CG2-40, CG2-50, VG1-5, VG1-10, VG1-20, VG1-30, VG1-40, VG1-50, VG2-5, VG2-10, VG2-20, VG2-30, VG2-40 e VG2-50. Após a homogeneização dos substratos, adicionou-se 100 mL de água deionizada em cada recipientes e foram mantidos fechados durante 28 dias para estabilização dos preparados.



**Figura 3.** Recipientes utilizados para acondicionamento dos substratos preparados entre composto orgânico e materiais puros, carvão e vermiculita, nas diferentes doses e granulometrias.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS MATERIAIS PUROS E SUBSTRATOS

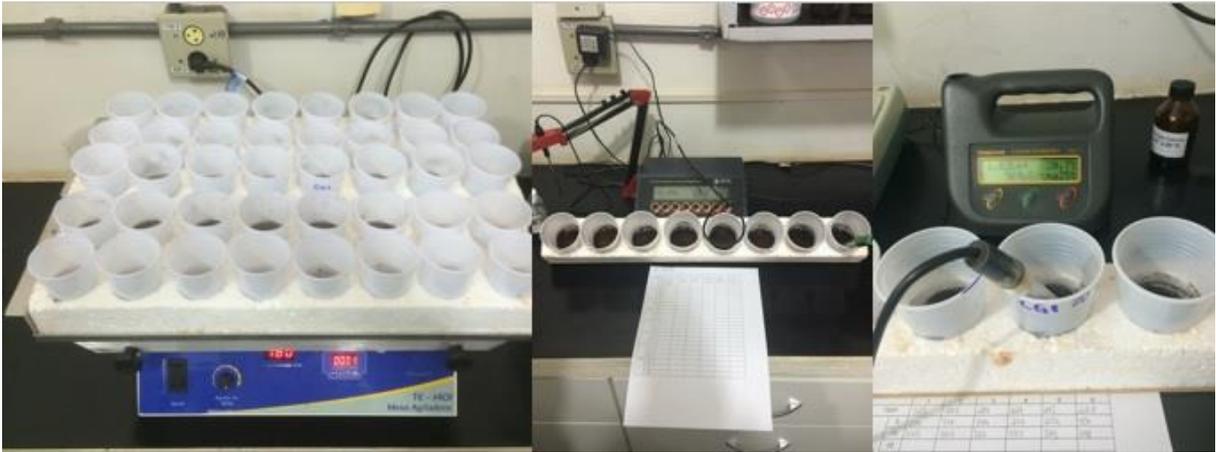
Os ensaios para caracterização dos atributos químicos e físicos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos (T, CPG1, CPG2, VPG1, VPG2), 10 repetições, no total de 50 unidades experimentais, para os materiais puros e, com 4

tratamentos (CG1, CG2, VG1 e VG2), 6 doses (5, 10, 20, 30, 40 e 50%), 10 repetições, no total de 240 unidades experimentais, para os substratos preparados.

Para determinação dos atributos físicos: densidade (D), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), foram utilizados tubetes de polietileno com capacidade para 100 cm<sup>3</sup>, previamente identificados, de acordo com seu tratamento e repetição. A determinação exata do volume (V) de cada tubete, foi feita individualmente, com auxílio de balança analítica digital (*Gehaka*, BG 1000), pela determinação da massa de água necessária para o preenchimento do seu volume total. Considerando que a densidade ( $d = m / V$ ) da água é 1 g/L, logo o peso encontrado em gramas (g) será igual ao volume em litros (L).

Com o auxílio de espátula, os tubetes foram preenchidos com os materiais puros e com os substratos. Em seguida foram saturados com água deionizada e pesados (peso saturado – PSa) com auxílio da balança analítica digital. Após drenar por 24 horas foram pesados (peso drenado – PD). Em seguida foram colocados em estufa com circulação e renovação de ar (*Tecnal – TE 394/2*) a 75° C por 72 horas e então novamente pesados para obtenção do peso seco – PSe. Com estes dados, foi possível determinar: densidade [ $D = (PSe)/V$ ], porosidade total [ $Pt = (PSa - PSe) / V * 100$ ], macroporosidade [ $Ma = (PSa - PD) / V * 100$ ] e microporosidade [ $Mi = Pt - Ma$ ].

Para a determinação dos atributos químicos dos materiais puros e dos substratos, foram utilizados copos descartáveis, previamente identificados, de acordo com seu tratamento e repetição e com o auxílio de cachimbo de plástico, foram adicionados 10 cm<sup>3</sup> de cada material acrescido de 25 ml de água deionizada, na proporção de 1:2,5. Em seguida, numa mesa agitadora (*Tecnal, TE 1401*) os materiais ficaram sob agitação durante 10 minutos seguidos de 30 minutos de repouso. Após este período, com o auxílio de pH-metro de bancada (*Hanna Instruments*, HI 2221) e de condutivímetro (*Digimed*, DM 3) foram realizadas as determinações de pH e condutividade elétrica, respectivamente, conforme apresentado na Figura 4.



**Figura 4.** Mesa agitadora, pH-metro e condutivímetro.

### 2.3 AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS MUDAS

Para o experimento de produção das mudas de alface e beterraba, foram utilizados os 24 substratos preparados descritos anteriormente. Ambos os cultivos foram realizados em estufa (de estrutura metálica, com filme plástico em sua parte superior e sombrite nas laterais), localizada sob coordenadas latitude: 23°24'13.24"S e longitude: 51°56'25.70"O, com clima classificado como Cfb (clima temperado úmido com verão temperado), segundo Köppen-Geige.

O cultivo das mudas de alface foi conduzido durante 36 dias, pelo período de 21 de agosto a 25 de setembro de 2015. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC) com os 24 substratos, sendo 4 tratamentos (CG1, CG2, VG1, VG2) e 6 doses (5, 10, 20, 30, 40 e 50%), com 10 repetições cada, no total de 240 unidades experimentais (tubetes). Utilizou-se a variedade *Vanda* (Sakata) tipo crespa, ciclo precoce (55 dias), conforme apresentado na Figura 5.



**Figura 5.** Sementes de alface (*Vanda* – Sakata) e implantação do experimento para produção de mudas de alface.

As mudas de beterraba foram cultivadas também por 36 dias, pelo período de 26 de setembro a 31 de outubro de 2015. Utilizou-se o mesmo delineamento experimental (DIC) e os mesmos substratos, porém com 6 repetições, no total de 144 unidades experimentais (tubetes). Utilizou-se a variedade *Early Wonder 2000* (Top Seed Premium) tipo descortiado de ciclo precoce (75 dias), conforme apresentado na Figura 6.



**Figura 6.** Sementes de beterraba (*Early Wonder 2000* – Top Seed Premium) e implantação do experimento para produção de mudas de beterraba.

Para ambos os experimentos, os tubetes foram cheios até 80% da sua capacidade, colocou-se 2 sementes em cada e completou-se com o restante do material até atingir o volume total do recipiente. Durante a condução dos experimentos, foram realizadas 2 regas diárias, com 10 mL de água cada, no início da manhã e no final da tarde, com cuidado para que não houvesse drenagem de água e a perda nutrientes. O desbaste foi realizado, quando necessário, no momento em que as mudas apresentaram a 2ª folha verdadeira, de forma a permanecer apenas uma plântula por tubete.

Após o período estipulado, a parte aérea e o sistema radicular de cada muda foi separado com o auxílio de tesoura, colocados separadamente em sacos de papel identificados e levado para estufa de circulação forçada de ar a 75° C por 72 horas. Em seguida, com o auxílio da balança analítica digital, determinou-se a massa seca total (MST), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA).

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A análise dos resultados obtidos nos experimentos de caracterização dos atributos físicos e químicos dos materiais puros e da produção de matéria seca de alface e beterraba nos diferentes substratos, foi realizada pela utilização do programa estatístico *SISVAR*, versão 5.3 - Build 77, Ferreira (2010), com teste de agrupamento de médias (*Scott-Knott*), em nível  $\alpha$  de 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Os dados obtidos no ensaio referente à interação dos atributos físicos e químicos dos substratos na produção de matéria seca de alface e beterraba foram analisados pelo programa estatístico *SAS INSTITUTE* (2003), versão 9.1.3, por meio do teste de correlação das variáveis, em nível  $\alpha$  5% de significância ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS MATERIAIS PUROS

De acordo com os dados obtidos, neste trabalho e condições experimentais, é possível afirmar que existem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos atributos físicos e químicos dos materiais puros (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores dos atributos químicos e físicos dos materiais puros.

Tratamentos	pH	CE (dS/m)	D (g/cm <sup>3</sup> )	Pt	Ma (%)	Mi
T	6,37 a1	6,75 a4	0,36 a2	85 a4	28 a3	57 a4
CPG1	8,62 a2	17,25 a5	0,67 a4	62 a1	9 a2	53 a3
CPG2	8,76 a3	4,64 a3	0,48 a3	63 a2	40 a4	23 a1
VPG1	8,67 a2	2,72 a2	0,78 a5	64 a2	4 a1	60 a5
VPG2	8,83 a3	0,97 a1	0,29 a1	77 a3	44 a5	33 a2

T – composto orgânico, CPG1 – carvão puro granulometria 1, CPG2 – carvão puro granulometria 2, VPG1 – vermiculita pura granulometria 1, VPG2- vermiculita pura granulometria 2, CE – condutividade elétrica, D – densidade, Pt – porosidade total, Ma – macroporosidade, Mi – microporosidade.

Os tratamentos que utilizaram carvão e vermiculita apresentaram pH alcalino enquanto que o composto orgânico apresentou acidez fraca (6,0 a 7,0), considerada faixa ideal para máxima capacidade de absorção de nutrientes (Kiehl, 1979 e Minami & Salvador 2010). De acordo com Inácio et. al. (2009), o composto orgânico tem como componentes a matéria orgânica parcialmente estabilizada, substâncias húmicas e elementos minerais, combinação capaz de condicionar favoravelmente a fertilidade além de aumentar e estabilizar o pH do material.

Com relação a condutividade elétrica, os tratamentos apresentaram baixa quantidade de sais solúveis quando comparados ao composto orgânico, exceto o CPG1 que apresentou valor extremamente elevado de CE. Os tratamentos T, CPG1 e CPG2 apresentaram valores de CE maior do que 4 dS/m, de acordo com Lima Junior (2015), valor acima do limite de tolerância para a maioria das culturas.

Todos os tratamentos apresentaram valores médios de densidade D, superiores ao composto orgânico, exceto o tratamento VPG2 (Tabela 4). A vermiculita expandida é comumente utilizada na composição de substratos por apresentar características como baixa densidade e elevada porosidade, além disso, em geral, quanto maior sua granulometria maior a porosidade, o que interfere diretamente na densidade do material.

Tanto o carvão quanto a vermiculita apresentaram quantidades de poros inferiores à testemunha ou composto orgânico. Também é verificado que os tratamentos com granulometria mais fina (G1) apresentaram porosidade total menor que aqueles com granulometria mais grosseira (G2). Mais importante que determinar a porosidade do material, é saber qual a distribuição do tamanho de seus poros.

Os tratamentos com granulometria mais fina (G1) apresentaram menor quantidades de macroporos, cerca de 78 e 92%, respectivamente para carvão e vermiculita, enquanto que

aqueles com granulometria mais grossa (G2) apresentaram maior macroporosidade. O aumento da macroporosidade em função da granulometria dos materiais equivale a 4,6 e 11 vezes, respectivamente para carvão e vermiculita puros. Inversamente, os tratamentos com G1 tiveram maior quantidade de microporos que G2.

De acordo com Minami e Salvador (2010) a relação ideal entre os macro e microporos seria de 1:2, equivalente em porcentagem, a aproximadamente 33% e 67%, respectivamente. Conforme os dados da Tabela 5, é possível observar a relação de macro e microporos em função da porosidade total de cada tratamento.

**Tabela 5.** Relação de macro e microporos dos materiais puros em função da porosidade total.

Tratamentos	Porosidade Total (%)	Macroporos (%)	Microporos (%)	Relação
T	100	33	67	1 : 2,1
CPG1	100	15	85	1 : 5,7
CPG2	100	64	36	1 : 0,6
VPG1	100	6	94	1 : 15,7
VPG2	100	57	43	1 : 0,8

T – composto orgânico, CPG1 – carvão puro granulometria 1, CPG2 – carvão puro granulometria 2, VPG1 – vermiculita pura granulometria 1 e VPG2- vermiculita pura granulometria 2.

Em relação à distribuição ideal de poros os tratamentos CPG2 e VPG2 apresentam mais macro do que microporos enquanto que CPG1 e VPG1 tiveram elevada porcentagem de microporos. O composto orgânico ficou mais próximo da porosidade ideal, Tabela 5.

### 3.2 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS MUDAS DE ALFACE E BETERRABA

De acordo com os dados obtidos para a produção de mudas de alface, neste trabalho, pode-se afirmar que existem evidências de que os substratos utilizados apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre si, em relação à produção de matéria seca (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios de produção de matéria seca (mg) das mudas de alface, em função dos diferentes substratos, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ), pela utilização do teste de agrupamento de médias *Scott-Knott* do programa estatístico *SISVAR* (Ferreira, 2010).

Substratos	MSPA (mg)	MSR (mg)	MST (mg)
CG1-5	29 a1	272 a3	301 a3
CG1-10	21 a1	181 a2	202 a2
CG1-20	11 a1	50 a1	60 a1
CG1-30	17 a1	67 a1	84 a1
CG1-40	14 a1	33 a1	47 a1
CG1-50	9 a1	21 a1	30 a1
CG2-5	34 a2	258 a3	292 a3
CG2-10	15 a1	95 a1	110 a1
CG2-20	27 a1	181 a2	208 a2
CG2-30	41 a2	297 a3	338 a3
CG2-40	21 a1	119 a2	140 a2
CG2-50	27 a1	137 a2	164 a2
VG1-5	44 a2	269 a3	313 a3
VG1-10	40 a2	357 a3	397 a3
VG1-20	14 a1	145 a2	159 a2
VG1-30	25 a1	305 a3	330 a3
VG1-40	21 a1	150 a2	171 a2
VG1-50	11 a1	135 a2	146 a2
VG2-5	18 a1	68 a1	86 a1
VG2-10	13 a1	47 a1	60 a1
VG2-20	52 a2	134 a2	186 a2
VG2-30	47 a2	141 a2	188 a2
VG2-40	32 a2	95 a1	127 a2
VG2-50	25 a1	91 a1	116 a1

CG1 – carvão granulometria 1 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), CG2 – carvão granulometria 2 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), VG1 – vermiculita granulometria 1 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50) e VG2- vermiculita granulometria 2 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), MSPA – massa seca da parte aérea, MSR – massa seca as raiz, MST – massa seca total.

Os melhores substratos para o cultivo de mudas de alface com relação a produção média de MSPA foram alocados no grupo a2: VG2-40, CG2-5, VG1-10, CG2-30, VG1-5, VG2-30 e VG2-20, em ordem crescente. Para a produção média de MSR os melhores substratos estão presente no grupo a3: CG2-5, VG1-5, CG1-5, CG2-30, VG1-30 e VG1-10, em ordem crescente. Já para a produção média de MST os melhores substratos agrupados em a3 são: CG2-5, CG1-5, VG1-5, VG1-30, CG2-30 e VG1-10, em ordem crescente, conforme Tabela 6.

É possível observar que os melhores substratos para produção de MSR foram os mesmos para MST só que em ordem diferente. Os melhores substratos comum a produção

média de MSPA, MSR e MST foram: CG2-5, CG2-30, VG1-5 e VG1-10, ambos em baixa concentração de materiais adicionados ao composto orgânico.

As mudas de alface produzidas nos diferentes substratos foram dispostas lado a lado, para visualização da parte aérea e sistema radicular em podem ser observadas nas Figuras 7 a 12, em anexo.

De acordo com os dados obtidos para a produção de mudas de beterraba, neste trabalho, pode-se afirmar que os substratos utilizados apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre si, em relação à produção de matéria seca de beterraba (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios de produção de matéria seca (mg) das mudas de beterraba, em função dos diferentes substratos, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ), pela utilização do teste de agrupamento de médias *Scott-Knott* do programa estatístico *SISVAR* (Ferreira, 2010).

Substratos	MSPA (mg)	MSR (mg)	MST (mg)
CG1-5	140 a2	316 a3	456 a3
CG1-10	182 a3	392 a3	573 a4
CG1-20	150 a3	312 a3	461 a3
CG1-30	168 a3	496 a4	665 a4
CG1-40	117 a2	140 a2	257 a2
CG1-50	62 a1	50 a1	111 a1
CG2-5	38 a1	33 a1	71 a1
CG2-10	143 a2	98 a2	241 a2
CG2-20	55 a1	33 a1	88 a1
CG2-30	0 a1	0 a1	0 a1
CG2-40	30 a1	67 a1	96 a1
CG2-50	10 a1	23 a1	330 a1
VG1-5	115 a2	127 a2	242 a2
VG1-10	168 a3	292 a3	460 a3
VG1-20	155 a3	357 a3	512 a3
VG1-30	135 a2	533 a4	668 a4
VG1-40	117 a2	488 a4	605 a4
VG1-50	40 a1	46 a1	86 a1
VG2-5	76 a1	148 a2	225 a2
VG2-10	173 a3	196 a2	370 a3
VG2-20	182 a3	280 a3	462 a3
VG2-30	127 a2	452 a4	578 a4
VG2-40	113 a2	187 a2	300 a2
VG2-50	96 a2	255 a3	351 a3

CG1 – carvão granulometria 1 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), CG2 – carvão granulometria 2 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), VG1 – vermiculita granulometria 1 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50) e VG2- vermiculita granulometria 2 (nas doses 5, 10, 20, 30, 40 e 50), MSPA – massa seca da parte aérea, MSR – massa seca as raiz, MST – massa seca total.

Os melhores substratos para o cultivo de mudas de beterraba com relação a produção média de MSPA foram alocados no grupo a3: CG1-20, VG1-20, VG1-10, CG1-30, VG2-10, CG1-10 e VG2-20, em ordem crescente. Para a produção média de MSR os melhores substratos estão presente no grupo a4: VG2-30, VG1-40, CG1-30 e VG1-30, em ordem crescente. Já para a produção média de MST os melhores substratos agrupados em a4 são: CG1-10, VG2-30, VG1-40, CG1-30 e VG1-30, em ordem crescente, conforme Tabela 7. O melhor substrato comum a produção média de MSPA, MSR e MST foi o CG1-30.

As mudas de beterraba produzidas nos diferentes substratos foram dispostas lado a lado, para visualização da parte aérea e sistema radicular podem ser observadas nas Figuras 13 a 15, em anexo.

### 3.3 INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS DIFERENTES SUBSTRATOS EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Para análise e interpretação dos resultados, foram utilizados os dados obtidos pelos atributos químicos (pH e CE) e físicos (D, Pt, Ma e Mi) correlacionados com a produção de matéria seca (parte aérea, raiz e total) das mudas de alface e beterraba, nos diferentes tratamentos (CG1, CG2, VG1 e VG2).

Com relação ao cultivo de mudas de alface, neste trabalho, é possível afirmar que existem evidências de que os atributos químicos e físicos obtidos nos diferentes tratamentos apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre si, pela correlação com a produção de matéria seca, Tabela 8

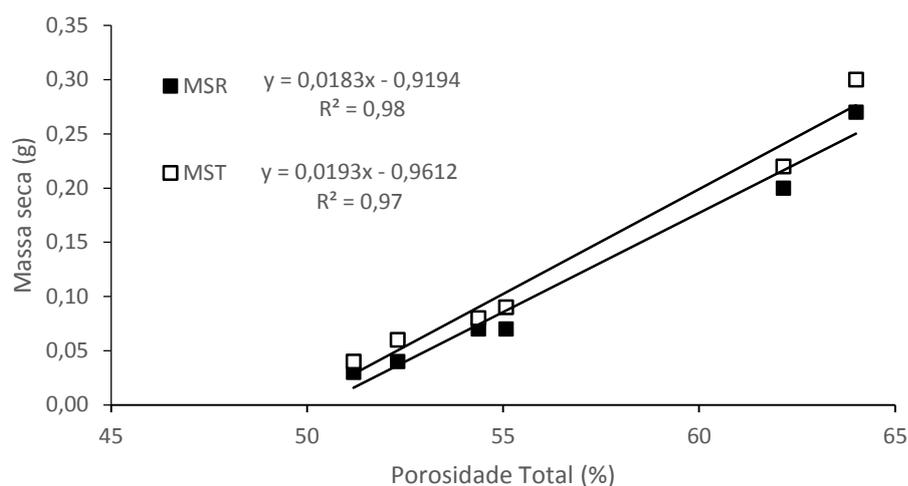
**Tabela 8.** Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e significância estatística (p) entre as variáveis dependentes dos atributos químicos e físicos dos substratos que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a produção de matéria seca de mudas de alface, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico SAS.

Alface		pH	CE	D	Pt	Ma	Mi	
CG1	MSPA	r	-	-	-	0,8619	-	
		p	-	-	-	0,0273	-	
	MSR	r	-0,9387	-	-0,9389	0,9877	0,8761	-
		p	0,0055	-	0,0055	0,0002	0,0221	-
	MST	r	-0,9308	-	-0,9278	0,9860	0,8889	-
		p	0,0070	-	0,0076	0,0003	0,0178	-
CG2	MSPA	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
	MSR	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
	MST	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
VG1	MSPA	r	-	0,8687	-0,8464	-	0,8125	
		p	-	0,0247	0,0336	-	0,0494	
	MSR	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
	MST	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
VG2	MSPA	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
	MSR	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	
	MST	r	-	-	-	-	-	
		p	-	-	-	-	-	

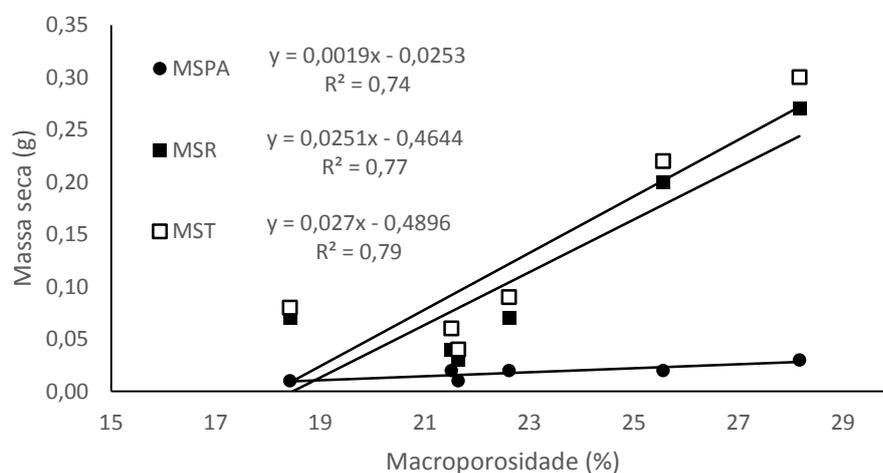
T – testemunha, CG1 – carvão granulometria 1, CG2 – carvão granulometria 2, VG1 – vermiculita granulometria 1, VG2 – vermiculita granulometria 2, MSPA – massa seca da parte aérea, MSR – massa seca as raiz, MST – massa seca total, CE – condutividade elétrica, D – densidade, Pt – porosidade total, Ma – macroporosidade, Mi – microporosidade.

Com os resultados apresentados na Tabela 8 é possível observar que os atributos químicos e físicos dos tratamentos que utilizaram a granulometria mais grossa (G2), tanto para o carvão quanto para a vermiculita, não apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ) na produção de massa seca das plântulas.

Para o cultivo de mudas de alface no tratamento CG1, as características de porosidade total (Pt) e macroporosidade (Ma) tiveram influência significativa ( $p < 0,05$ ) positiva com relação a produção de massa seca (Tabela 6), ou seja, quanto maior a quantidade de macroporos maior a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e quanto maior a quantidade de poros maior a produção de MSR e MST, Gráfico 1.



A



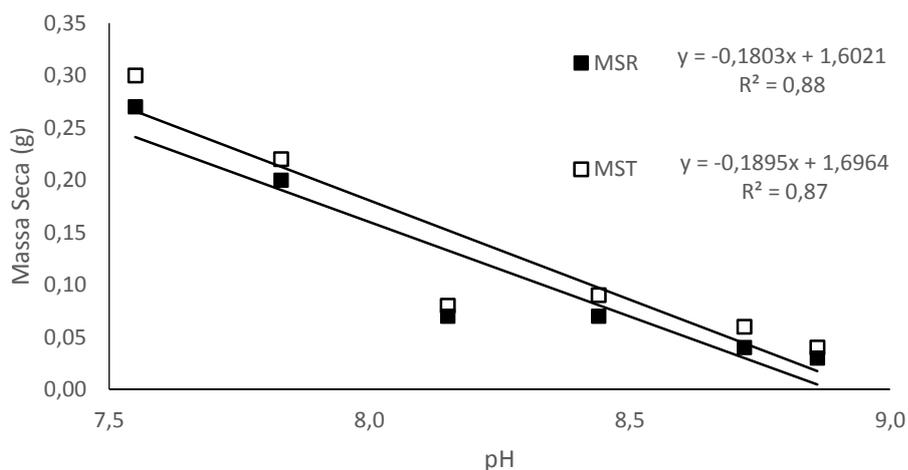
B

**Gráfico 1.** A - Interação entre a porosidade total e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre a macroporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.

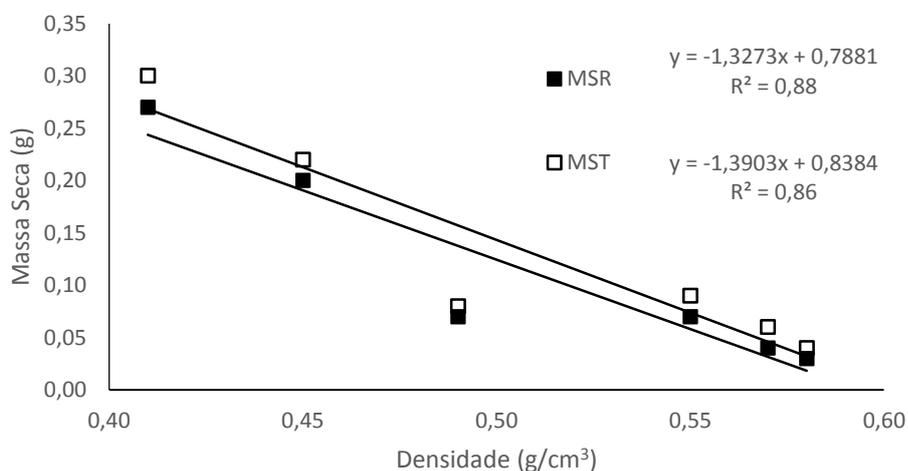
Quanto maior porosidade total e a macroporosidade, maior a aeração, melhor a infiltração e drenagem de água do sistema, melhor relação água/ar, que permite menor restrição física/química para o desenvolvimento do sistema radicular. De acordo com Almeida (2004), essas melhorias nas condições físicas facilitam a penetração e distribuição das raízes, com otimização da absorção dos nutrientes disponíveis de forma a favorecer o crescimento vegetal.

O atributo químico pH teve influência significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com relação a produção de massa seca. Conforme os dados apresentados na Tabela 8 é possível observar que quanto maior os valores de pH menor a produção de MSR e MST (Gráfico 2).

Já a característica física da densidade também apresentou influência significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com relação a produção de massa seca (Tabela 8), ou seja, quanto maior a densidade do material menor a produção de MSR e MST (Gráfico 2).



A



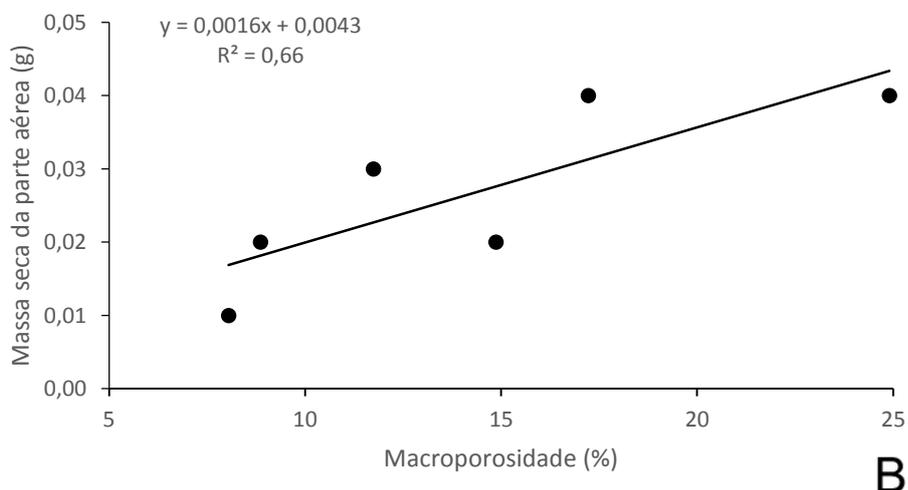
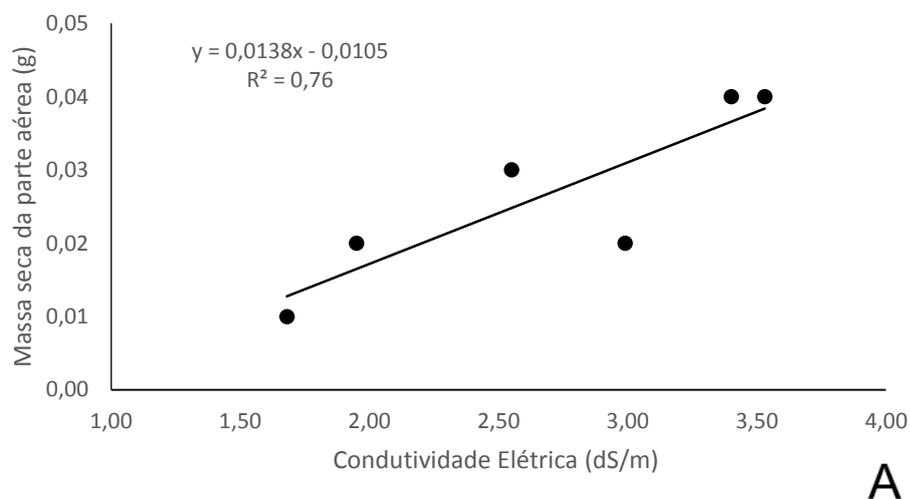
B

**Gráfico 2.** A - Interação entre o pH e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre a densidade e a produção de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) no tratamento CG1 (carvão granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.

Ambientes com pH fortemente ácidos (4,0) ou alcalinos (10,0) influenciam a disponibilidade de nutrientes, especialmente dos macronutrientes N, P, K, S e micronutrientes (MINAMI & SALVADOR, 2010). Os sistemas que apresentam valores de pH mais próximos a neutralidade (6,0 a 7,0), alcançam a máxima absorção de nutrientes e, com isso, melhor desenvolvimento das plantas.

A densidade está diretamente relacionada com a compactação. Para Lima et. al. (2015) na compactação ocorre o aumento de massa por unidade de volume, aumento da densidade, da resistência à penetração de raízes e da microporosidade, que pode causar modificações na retenção de água em função das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros. Logo, quanto maior a densidade, maior a compactação do material, maior resistência mecânica que as raízes encontram para se desenvolver, de forma a prejudicar o crescimento das plantas.

Para o cultivo de mudas de alface no tratamento VG1, é possível verificar que os atributos químicos e físicos só tiveram influência sobre a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), conforme dados apresentados na Tabela 8. Os valores de condutividade elétrica (CE) e macroporosidade (Ma) tiveram influência significativa ( $p < 0,05$ ) positiva com relação a produção de MSPA, ou seja, quanto maior o valor de CE e a quantidade de macroporos maior a produção de massa seca (Gráfico 3).



**Gráfico 3.** A - Interação entre condutividade elétrica e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface; B - Interação entre macroporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.

De acordo com Minami & Salvador (2010), valores de CE acima de 3,40 dS/m são considerados muito altos e podem causar injúria severa e morte de plantas, já para Lima Junior (2015) valores acima de 4,0 dS/m está além do limite tolerável para maioria das culturas. De acordo com Klein (2012) os valores de condutividade elétrica considerados adequados para produção mudas de hortaliças se encontra na faixa de 0,75 a 2,0 dS/m. No entanto foi verificado, que quanto maior o valor de CE maior a produção de MSPA, (Gráfico 3). É possível observar que os atributos físicos de porosidade total – Pt e macroporosidade – Ma apresentaram

influência significativa ( $p < 0,05$ ) positiva em relação a condutividade elétrica – CE, ou seja, quanto maior a quantidade de poros e macroporos maior o valor de CE, Tabela 9.

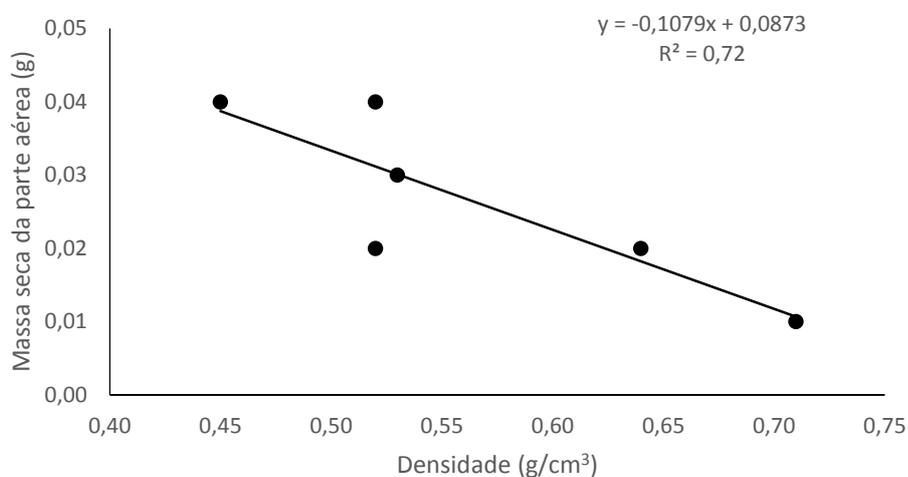
**Tabela 9.** Atributos químicos e físicos, do tratamento VG1 com cultivo de mudas de alface, que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) em relação a condutividade elétrica, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico SAS.

VG1		pH	Densidade	Porosidade total	Macroporos	Microporos
CE	r	-0,96	-0,94	0,82	0,92	ns <sup>1</sup>
	p	0,0022	0,0052	0,0471	0,0100	ns <sup>1</sup>

1. Ns = não significativo

O alto valor de CE deveria ter causado queda na produção de massa seca, no entanto é possível que o aumento da Pt e Ma tenha causado impacto positivo no desenvolvimento das plântulas de forma a disfarçar o efeito nocivo da alta concentração de sais.

Já o atributo físico densidade (D) teve influência significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com relação a produção de MSPA, Tabela 8, ou seja, quanto maior a D menor a produção de MSPA, Gráfico 4.



**Gráfico 4.** Interação entre densidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de alface.

De modo, quanto maior a densidade, menor a quantidade de poros e maior a compactação do material, logo as raízes das plantas terão mais dificuldade para se desenvolver de forma a comprometer seu desenvolvimento vegetal.

Os parâmetros de produção de massa seca da parte aérea (MSPA) obtidos para a cultura da beterraba, neste trabalho, evidenciam que existem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) influenciados pelos atributos químicos e físicos, Tabela 10.

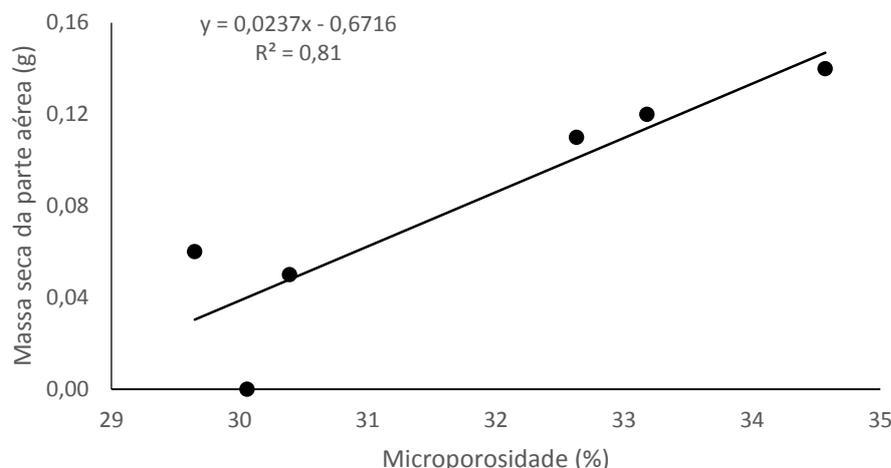
**Tabela 10.** Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e significância estatística (p) entre as variáveis dependentes dos atributos químicos e físicos dos substratos que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a produção de matéria seca de mudas de beterraba, pela utilização da rotina PROC-CORR do programa estatístico SAS.

Beterraba			pH	CE	D	Pt	Ma	Mi
CG1	MSPA	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
	MSR	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
	MST	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
CG2	MSPA	r	-	-	-	-	-	0,90
		p	-	-	-	-	-	0,0149
	MSR	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
	MST	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
VG1	MSPA	r	-0,99	0,90	-0,93	0,86	-	-
		p	0,0003	0,0160	0,0080	0,0277	-	-
	MSR	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
	MST	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
VG2	MSPA	r	-0,86	-	-	-	-	-
		p	0,0297	-	-	-	-	-
	MSR	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-
	MST	r	-	-	-	-	-	-
		p	-	-	-	-	-	-

T – testemunha, CG1 – carvão granulometria 1, CG2 – carvão granulometria 2, VG1 – vermiculita granulometria 1, VG2 – vermiculita granulometria 2, MSPA – massa seca da parte aérea, MSR – massa seca as raiz, MST – massa seca total, CE – condutividade elétrica, D – densidade, Pt – porosidade total, Ma – macroporosidade, Mi – microporosidade.

É possível verificar que os atributos químicos e físicos do tratamento CG1 não apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ) na produção de massa seca das plântulas, Tabela 10.

Para o cultivo de mudas de beterraba no tratamento CG2, somente o atributo físico de microporosidade (Mi) apresentou influência significativa ( $p < 0,05$ ) positiva com relação a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), Tabela 10, ou seja, quanto maior a quantidade de microporos maior a produção de MSPA, Gráfico 5.



**Gráfico 5.** Interação entre microporosidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento CG2 (carvão granulometria 2) de cultivo de mudas de beterraba.

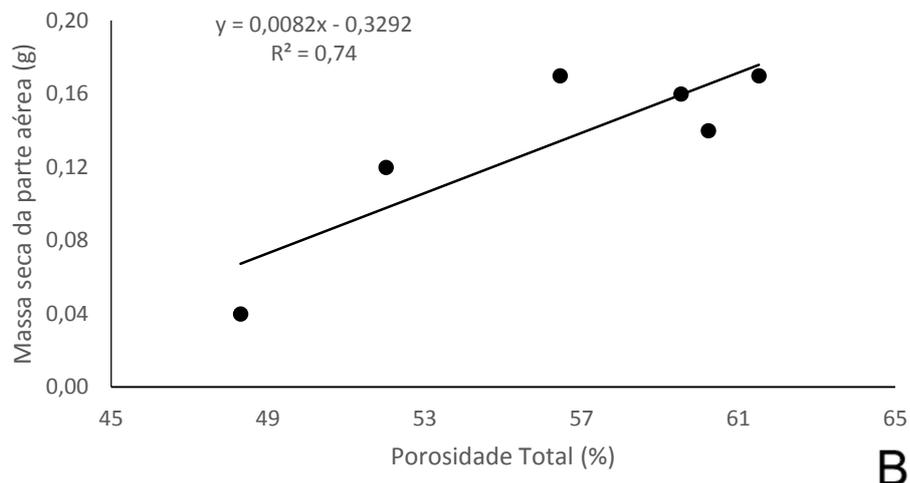
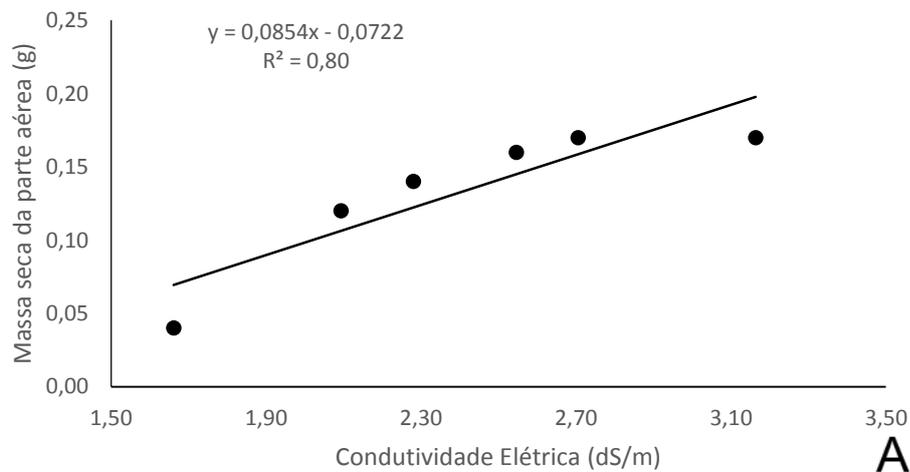
Embora o excesso de microporos seja prejudicial ao desenvolvimento das plantas, devido ao lento movimento de água, menor aeração, infiltração e drenagem do sistema, ao considerar a porosidade ideal, citada anteriormente, em torno de 33% de macroporos e 67% de microporos, é possível observar que o valor máximo encontrado, de microporos, foi de 54% (Tabela 11).

**Tabela 11.** Relação de macro e microporos em função da porosidade total no tratamento CG2 com cultivo de mudas de beterraba.

Beterraba	MSPA (g)	Porosidade total	Macroporos (%)	Microporos
CG2	0*	100	56	44
	0,05	100	56	44
	0,06	100	58	42
	0,11	100	52	48
	0,12	100	51	49
	0,14	100	46	54

CG2 – carvão granulometria 2, MSPA – massa seca da parte aérea, \*sementes de beterraba que não germinaram

Para o cultivo de mudas de beterraba no tratamento VG1, as características de condutividade elétrica – CE e porosidade total – Pt, apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ) positiva com relação a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), conforme dados apresentados na Tabela 8, ou seja, quanto maior os valores de CE e a quantidade de poros maior a produção de MSPA (Gráfico 6).



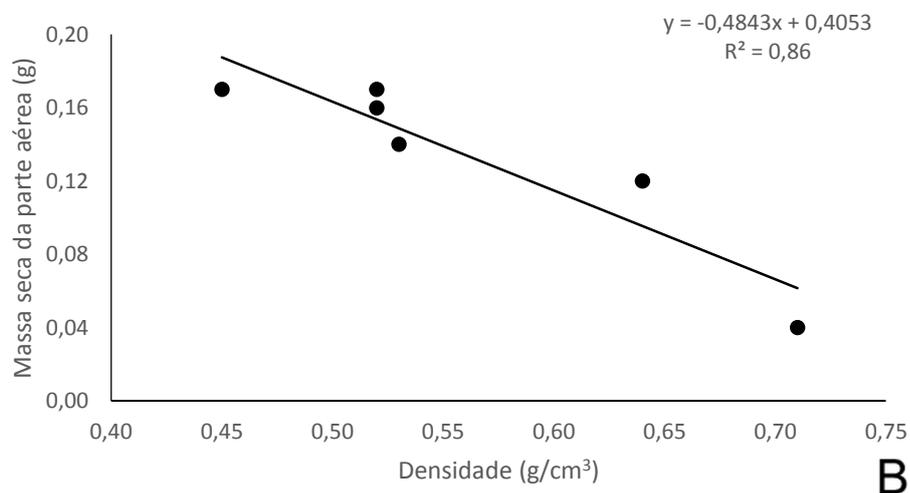
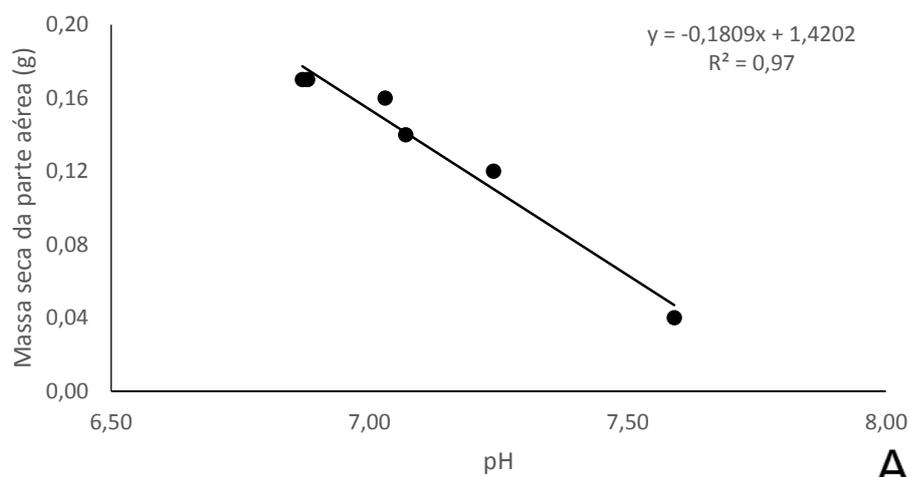
**Gráfico 6.** A - Interação entre condutividade elétrica e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba; B - Interação entre porosidade total e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba.

As melhores produções de MSPA foram relacionadas com os maiores valores de CE, que de acordo com Minami e Salvador (2010), são classificados como *alto* (2,25 a 3,39 dS/m), faixa caracterizada por crescimento reduzido, plantas atrofiadas, murchas e queimas leves de folhas. Segundo Silva et al. (2015) a cultura da beterraba adapta-se perfeitamente em condições de excesso de sais, sendo considerada moderadamente tolerante, logo, a alta salinidade, neste substrato, não prejudicou a o desenvolvimento das plantas de beterraba.

Do mesmo modo, as melhores produções de MSPA apresentam relação com os maiores valores de Pt, isso se deve principalmente a facilidade com que as raízes se

desenvolvem em sistemas como maior quantidade de poros, que está relacionado com material menos compacto e com melhor relação água/ar, de forma a favorecer crescimento vegetal.

Semelhante ao que aconteceu com as mudas de alface, os valores de pH e densidade (D) tiveram influência significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com relação a produção de MSPA (Tabela 9) ou seja, quanto maior os valores de pH e D menor a produção de MSPA (Gráfico 7).

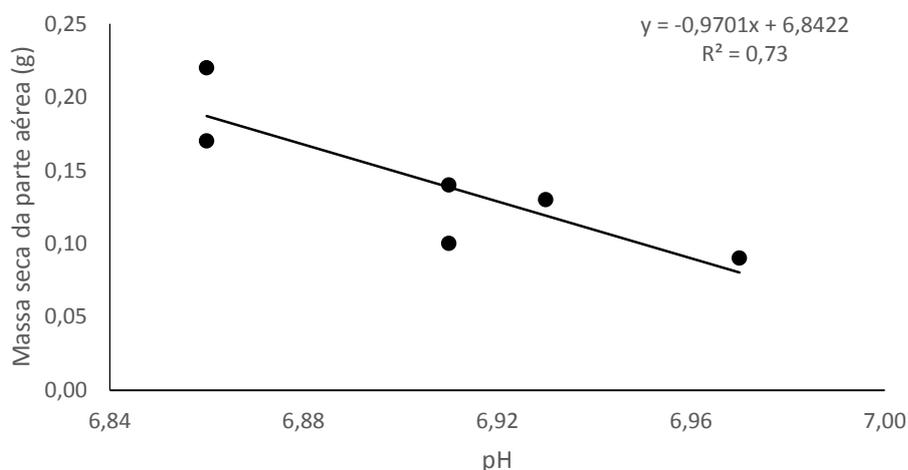


**Gráfico 7.** A - Interação entre pH e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba; B - Interação entre densidade e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG1 (vermiculita granulometria 1) de cultivo de mudas de beterraba.

De acordo com Minami & Salvador (2010) conforme o aumento no valor de pH (>7,0) ocorre a diminuição na disponibilidade de nutrientes e com isso o comprometimento no desenvolvimento das plantas.

A densidade está diretamente relacionada com a compactação. Para Lima (2014) na compactação ocorre o aumento de massa por unidade de volume, com aumento na densidade, na resistência à penetração de raízes e na microporosidade, que pode causar modificações na retenção de água em função das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros. Logo, quanto maior a densidade, maior a compactação do material, maior resistência mecânica as raízes encontram para se desenvolver, de forma a prejudicar o crescimento das plantas.

Para o cultivo de mudas de beterraba no tratamento VG2, somente o atributo químico pH, apresentou influência significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com relação a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), conforme dados apresentados na Tabela 10, ou seja, quanto maior o valor de pH menor a produção de MSPA (Gráfico 8).



**Gráfico 8.** Interação entre pH e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) no tratamento VG2 (vermiculita granulometria 2) de cultivo de mudas de beterraba.

É possível observar que a maior produção de MSPA está localizada nos valores de pH entre 6,84 a 6,88. Para Minami & Salvador (2010) a faixa ideal de máxima absorção de nutrientes para a maioria das plantas está entre 6,0 e 7,0.

#### 4. CONCLUSÕES

Com relação aos materiais puros, o composto orgânico apresentou as melhores características relacionadas ao pH, densidade, macro e microporosidade, consideradas como ideais para a produção de mudas. A vermiculita na granulometria 2 apresentou boa porosidade total e condutividade elétrica e, o carvão também na granulometria 2 obteve valor ideal de densidade recomendado para produção de hortaliças.

Os atributos químicos e físicos dos diferentes tratamentos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) com relação a produção de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total das mudas de alface e beterraba.

A adição do carvão vegetal e da vermiculita junto ao composto orgânico, em diferentes doses e granulometrias, interferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) na produção de massa seca das mudas de alface e beterraba. Os substratos CG2-5, CG2-30, VG1-5 e VG1-10 para as mudas de alface e o CG1-30 para as de beterraba apresentaram as melhores produções de matéria seca da parte aérea, raiz e total.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, K. **COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE COUVE-FLOR SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL EM FASE DE CONVERSÃO AO SISTEMA ORGÂNICO**. Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2004.

ALMEIDA, L. C., JESUS, F. A., SANTOS, F. M. S., FRICKS, A. T., FREITAS, L. S., LIMA, A. S., SOARES, C. M. F. **AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE BURCKOLDERIA CEPACIA EM BIOCHAR**. Universidade Tiradentes – Unit. 16ª Semana da Pesquisa – Sempesq. Aracaju - SE, 2014.

CORREA, C. V., CARDOSO, A. I. I., SOUZA, L. G., ANTUNES, W. L. P., MAGOLBO, L. A. **PRODUÇÃO DE BETERRABA EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO**. Horticultura Brasileira, v. 32, n. 1, jan. - mar. 2014.

COSTA, M. E. B. **CULTIVO DE BETERRABA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. Florianópolis – SC, 2014.

CRISPIM, J. G. et. al. **UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTEIRA ORNAMENTAL (*Capsicum sp* L.)**. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – v. 10, n. 2 de 2015.

DANTAS, D. S.; JUNIOR, B. H. M.; OLIVEIRA, S. T.; LIMA, S. L. **USO DE BIOCHAR E ESTERCO BOVINO NA FORMAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE RÚCULA**. Universidade do Estado do Mato Grosso – Unemat. Cáceres – MT, 2011.

FERNANDES, L. R. S. G., XAVIER, R. C., NASCIMENTO, M. V., SILVA JUNIOR, R.L., BENETT, C. G. S., BENETT, K. S. S. **EFEITO DE FONTES E DOSES DE FÓSFORO SOBRE A PRODUTIVIDADE DE BETERRABA**. Universidade Estadual de Goiás – UEG. Pirenópolis – GO, 2015.

FERREIRA, D. F. **SISVAR, VERSÃO 5.3, BUILD 77**. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras – MG, 2010.

FERREIRA, J. C. **AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS COMERCIAIS E DIFERENTES MATERIAIS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS PARA O CULTIVO DE ALISSO (*Alyssum maritimum*)**. Universidade Estadual de Maringá – UEM. Maringá – PR, 2000.

FERREIRA, L. L., ALMEIDA, A. E. S., COSTA, L. R., MEDEIROS, J. F., PORTO, V. C. N. **VERMICOMPOSTOS COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) E COUVE-FOLHA (*Brassica oleracea* var. *acephala*)**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 2. Mossoró – RN, 2014.

GLIESMANN, S. R. **AGROECOLOGIA – PROCESSOS ECOLÓGICOS EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**. Editora UFRGS. 3ª Edição. Porto Alegre – RS, 2005.

GOMES, R. L. R., SILVA, M. C., COSTA, F. R., LIMA JUNIOR, A. F., OLIVEIRA, I. P., SILVA, D. B. **PROPRIEDADES FÍSICAS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS.** Revista Faculdade Montes Belos (FMB) - ISSN 18088597, v. 8, n° 5, 2015.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **COMUNICADO TÉCNICO 75 – TIPOS DE ALFACE CULTIVADOS NO BRASIL.** Embrapa Hortaliças. Brasília – DF, 2009.

INÁCIO, C. T. e MILLER, P. R. M. **COMPOSTAGEM – CIÊNCIA E PRÁTICA PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.** Embrapa Solos. Rio de Janeiro – RJ, 2009.

KERN, D. C., TEIXEIRA, W. G., MADARI, B. E., LIMA, H. N., WOODS, W. **AS TERRAS PRETAS DE ÍNDIO DA AMAZÔNIA – EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO EM TERRA PRETA DE ÍNDIO.** Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus – AM, 2009.

KHATOUNIAN, C. A. **A RECONSTRUÇÃO ECOLÓGICA DA AGRICULTURA.** Editora Agroecológica. Botucatu – SP, 2001.

KIEHL, E. J. **MANUAL DE EDAFOLOGIA.** Editora Agronômica Ceres. São Paulo – SP, 1979.

KLEIN, C., VANIN, J., CALVETEU, E. O., Klein, V. A. **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE.** Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 18, n.2. Porto Alegre - RS, 2012.

LIMA JUNIOR, A. R., AGUIAR, R. I., SILVA, R. C., BEZERRA, A. C., SOARES, C. S. **PRODUÇÃO DE MUDAS DE QUIABEIRO SOB DIFERENTES DOSES DE ESTERCO BOVINO.** Universidade Federal da Paraíba – UEBA. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – V. 10, N. 3, 2015.

LIMA, L. B. **DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA, FERTILIDADE E DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLO SOB APLICAÇÃO DE BIOCHAR NO CERRADO BRASILEIRO.** Universidade Federal de Goiás. Goiânia – GO, 2014.

LIMA, L. B., PETTER, F. A., LEANDRO, W. M. **DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA SOB NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - ISSN 1807-1929, v.19, n.11, p.1064–1071, 2015.

MELLO-PEIXOTO, E. C. T., GODOY, C. V. C., SILVA, R. M., GALDINO, M. J. Q., CREMER, E.; LOPES, V. **COMPOSTAGEM: CONSTRUÇÃO E BENEFÍCIOS.** I Congresso Paranaense de Agroecologia. Pinhais – PR, 2014.

MELO, D. M. **REUTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO E CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO SALADA.** Universidade Estadual Paulista – UNESP. Jaboticabal – SP, 2015.

MINAMI, K. e SALVADOR, E. D. **SUBSTRATO PARA PLANTAS.** Piracicaba - SP: Editora Degaspari, 2010.

NAVROSKI, M. C., ARAÚJO, M. M., PEREIRA, M. O., FIOR C. S. **INFLUÊNCIA DO POLÍMERO HIDRORETENTOR NAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO COMERCIAL PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS**. Interciência, v. 41, n. 5, 2016.

PRIMAVESI, A. M. **MANEJO ECOLÓGICO DOS SOLOS**. Editora Nobel. São Paulo – SP, 2002.

REZENDE, S. W. **CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CORDIA SUPERBA EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS E CONVENCIONAL COM DIFERENTES SUBSTRATOS**. Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2014.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. **RETROSPECTIVA E TENDÊNCIA DA ALFACICULTURA BRASILEIRA**. Horticultura Brasileira, v.30, n. 2, p 187-194, 2012.

SAS Institute 2003. **STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM**. Version SAS 9.1.3 (Software). Cary, North Carolina. USA.

SILVA, A. O., SILVA, E. F. F., BASSOI, L. H., KLAR, A. E. **DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE BETERRABA SOB DIFERENTES TENSÕES DA ÁGUA NO SOLO**. Horticultura Brasileira, v. 33, n. 1, jan. – mar. 2015.

SILVA, A. P. **FÍSICA DO SOLO – LS00310**. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Piracicaba, 2010.

SILVA, D. M. N., TEODORO, R. B., OLIVEIRA, F. L., QUARESMA, M. A. L., FÁVERO, C. **IDADE DE TRANSPLANTIO E PODA DE RAÍZES NUAS DE MUDAS DE BETERRABA SOB MANEJO ORGÂNICO**. Revista Agrarian, ISSN: 1984-2538, v.8, n.28. Dourados - MS, 2015.

SILVA, M. A. S. da; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. de M. **MUDANÇAS NA FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO DE CERRADO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO PELO USO DE BIOMASSA CARBONIZADA**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás - GO, 2014.

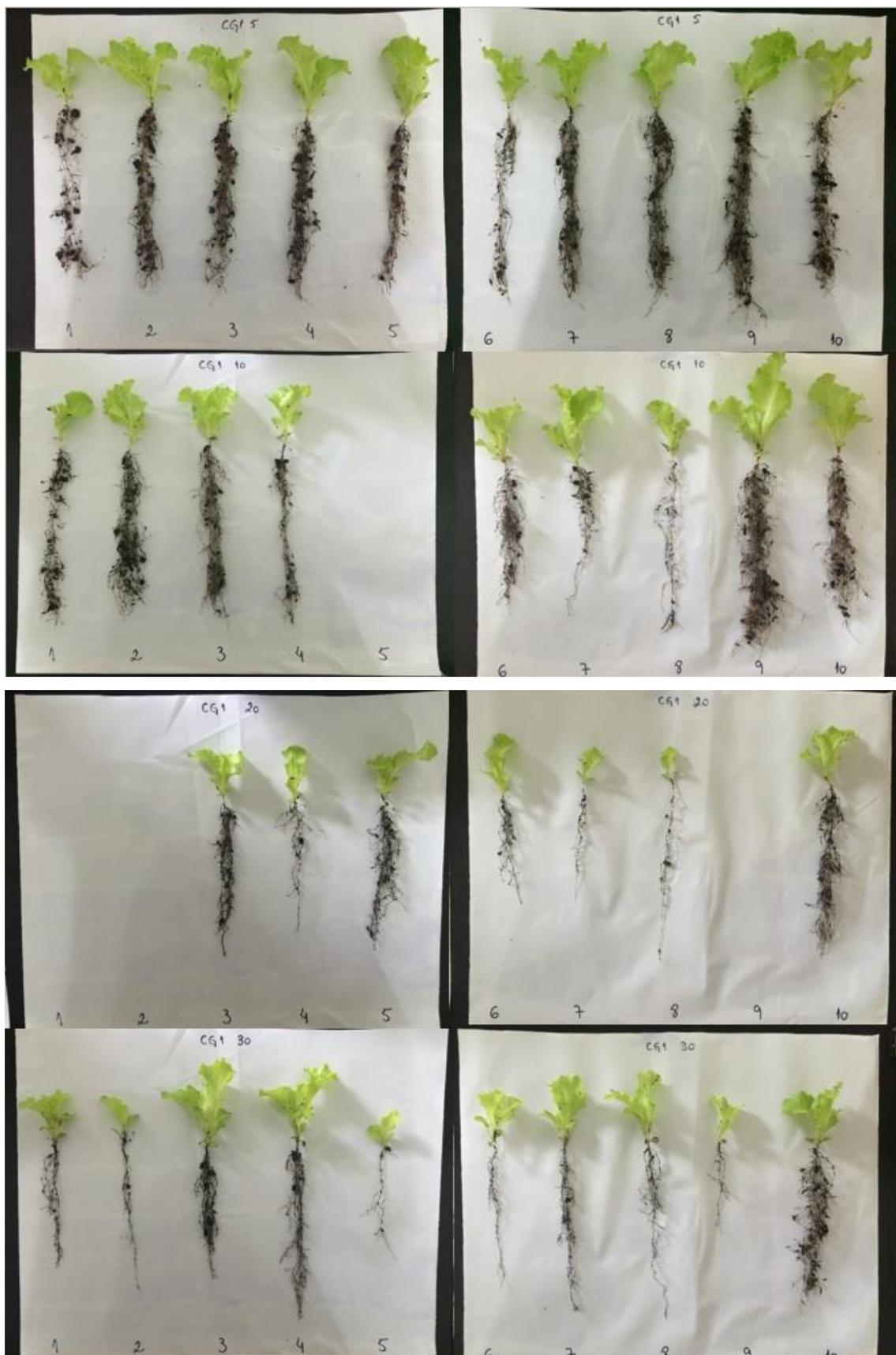
TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C., MADARI, B. E., LIMA, H. N., WOODS, W. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus – AM, 2009.

UGARTE, J. F. O., SAMPAIO, J. A., FRANÇA, S. C. A. **ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**. Vermiculita – Capítulo 38. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/2008, 2ª Edição.

VIEIRA, L. R., SOUZA, P. L. T., BOLIGON, A. A., VESTENA, S. **DIFERENTES COMPOSIÇÕES COM SUBSTRATOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eugenia unilora* L**. Universidade Federal do Pampa, Campus São Gabriel – RS. Revista Biotemas - ISSN 2175-7925, 2015.

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 – PB, 2014.

## **6. ANEXOS**



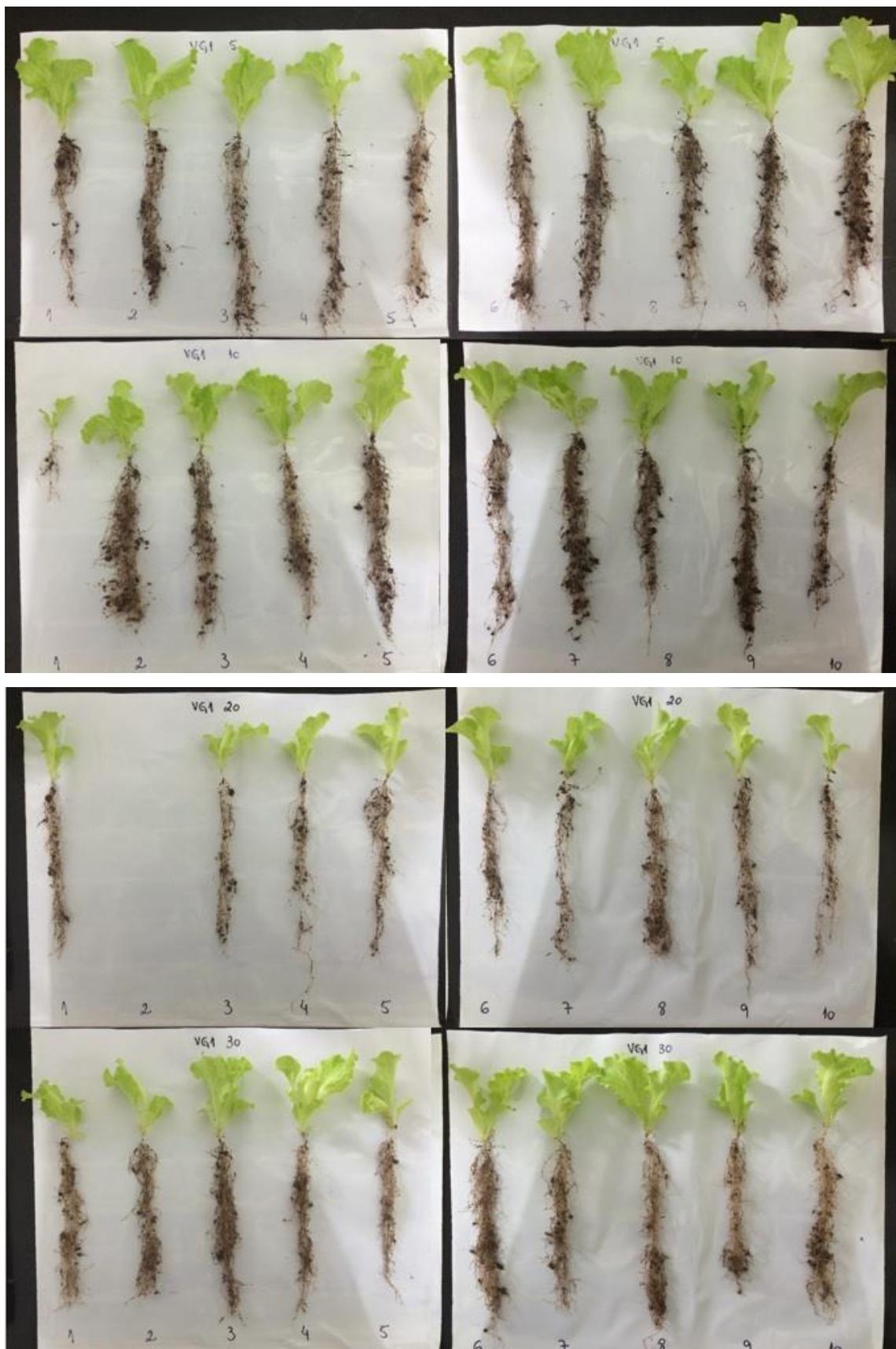
**Figura 7.** Mudanças de alface produzidas nos tratamentos CG1-5, CG1-10, CG1-20 e CG1-30.



**Figura 8.** Mudas de alface produzidas nos tratamentos CG1-40, CG1-50, CG2-5 e CG2-10.



**Figura 9.** Mudanças de alface produzidas nos tratamentos CG2-20, CG2-30, CG2-40 e CG2-50.



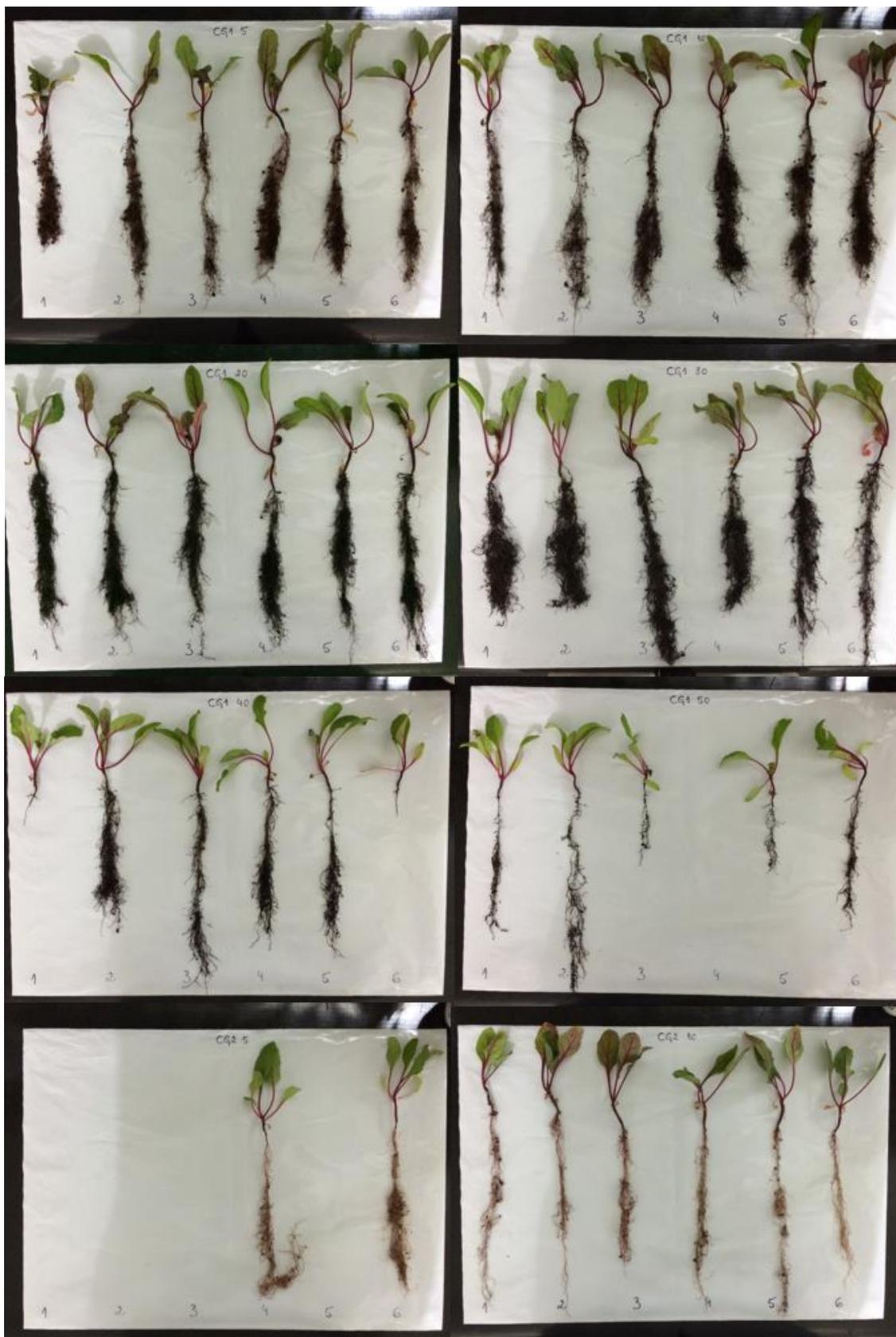
**Figura 10.** Mudas de alface produzidas nos tratamentos VG1-5, VG1-10, VG1-20 e VG1-30.



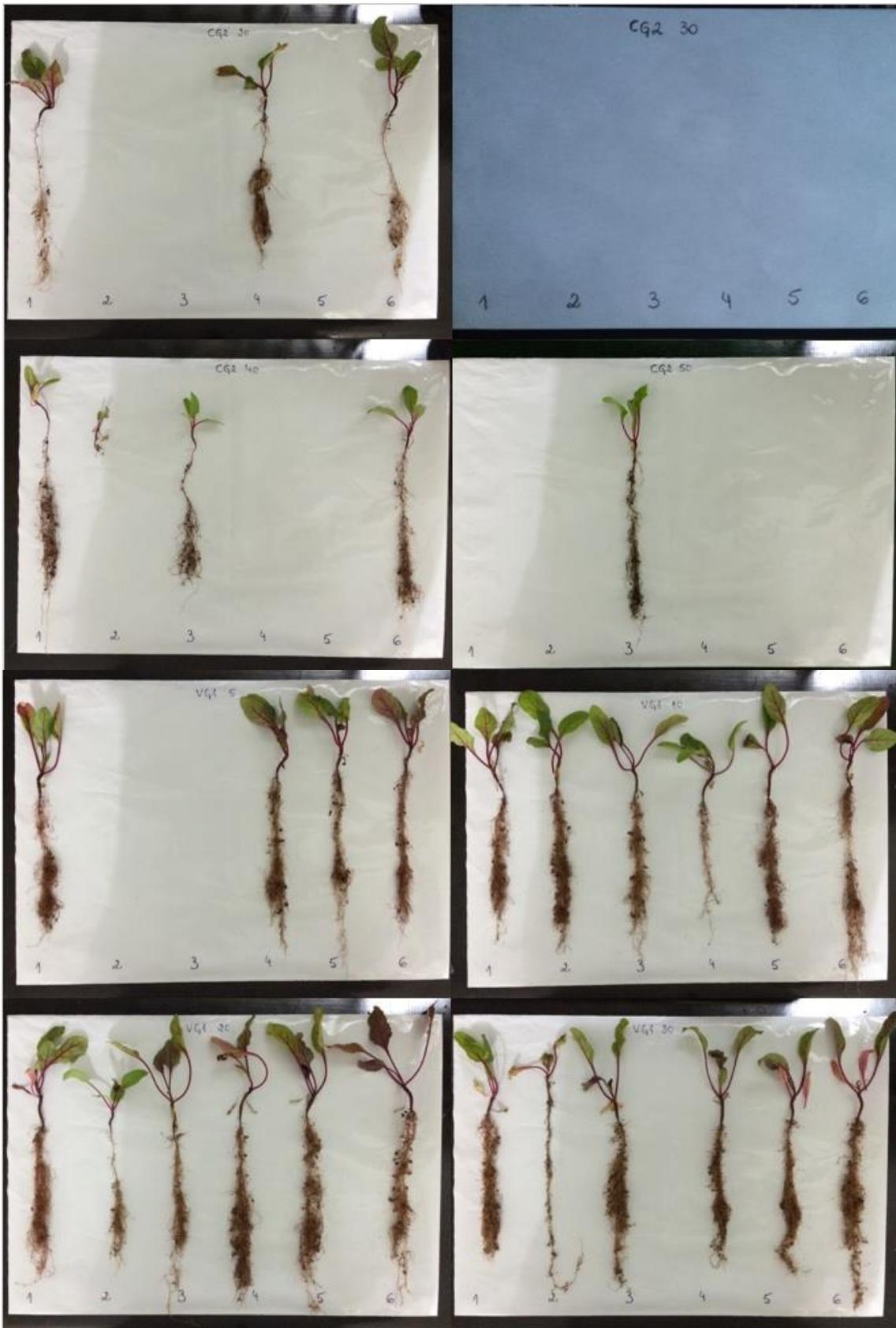
**Figura 11.** Mudanças de alface produzidas nos tratamentos VG1-40, VG1-50, VG2-5 e VG2-10.



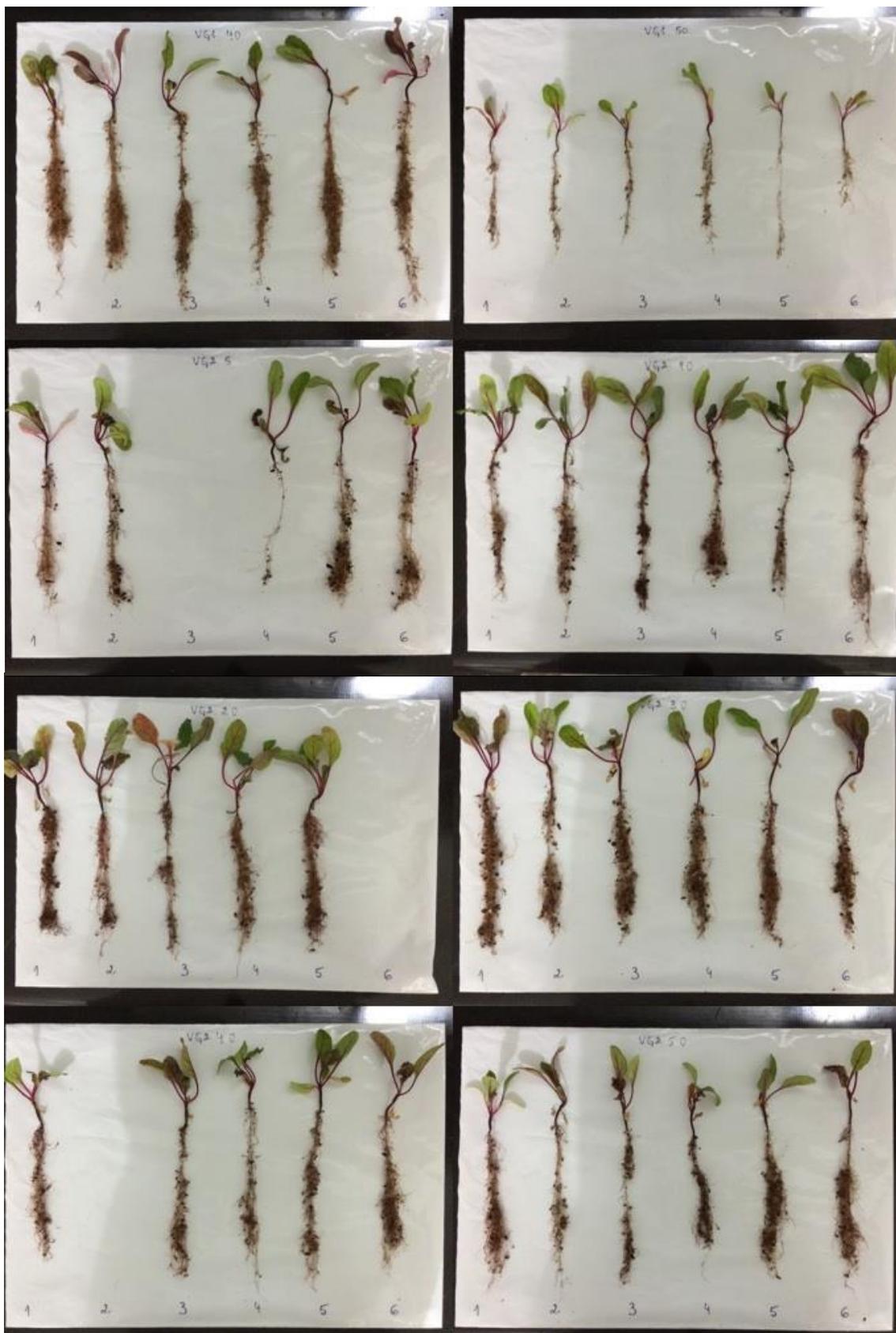
**Figura 12.** Mudas de alface produzidas nos tratamentos VG2-20, VG2-30, VG2-40 e VG2-50.



**Figura 13.** Mudas de beterraba produzidas nos tratamentos CG1-5, CG1-10, CG1-20, CG1-30, CG1-40, CG1-50, CG2-5 e CG2-10.



**Figura 14.** Mudanças de beterraba produzidas nos tratamentos CG2-20, CG2-30, CG2-40, CG2-50, VG1-5, VG1-10, VG1-20 e VG1-30.



**Figura 15.** Mudas de beterraba produzidas nos tratamentos VG1-40, VG1-50, VG2-5, VG2-10, VG2-20, VG2-30, VG2-40 e VG2-50.

