

AValiação DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE HORTELÃ CULTIVADA EM RESÍDUOS DE CARVOARIA EM COMPARAÇÃO À ORGÂNICA E MINERAL**EVALUATION OF THE PRODUCTIVE PERFORMANCE OF MINT GROWN IN COAL RESIDUES IN COMPARISON TO ORGANIC AND MINERAL****Letícia SOLOVJOVAS¹; André Luiz MELO²; André Palermo TONIETTI³**

1. Engenheira Agrônoma; Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UNIPINHAL) – Brasil; E-mail: lesolovjovas@hotmail.com

2. Engenheiro Agrônomo/Discente de Medicina Veterinária; Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UNIPINHAL) – Brasil; E-mail: andre.agronomo@hotmail.com

3. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade de São Paulo (USP - Brasil); E-mail: andretonietti@gmail.com

RESUMO

Gerando uma redução de custo de produção, a adubação orgânica proporciona menor uso de adubos químicos e conseqüentemente, uma destinação correta aos resíduos utilizados, transformando estes em adubos. Este trabalho teve como objetivo encontrar uma alternativa de uso para o esterco bovino e para a cinza de carvoaria, visando à mitigação de possíveis danos ambientais acarretados com a não destinação correta desses resíduos. Pode-se concluir com o presente trabalho de pesquisa que o uso de adubação orgânica, esterco bovino e resíduo de carvoaria promoveram um incremento no desenvolvimento aéreo da planta e em sua matéria seca. Deve-se ressaltar que este incremento, apesar de não ser significativo, pode-se tornar uma alternativa viável a pequenos produtores.

Palavras-chave: Hortelã; Carvão vegetal; Adubação orgânica.

ABSTRACT

Generating a reduction in production costs, organic fertilizer provides less use of chemical fertilizers and, consequently, a correct destination for the residues used, transforming them into fertilizers. This work aimed to find an alternative use for bovine manure and coal ash, aiming at mitigating possible environmental damage caused by not correctly disposing of these residues. It can be concluded with the present research work that the use of organic fertilizer, bovine manure and coal residues promoted an increase in the aerial development of the plant and in its dry matter. It should be noted that this increase, although not significant, can become a viable alternative for small producers.

Keywords: Mint; Charcoal; Organic fertilization.

Recebimento dos originais: 14/01/2021.

Aceitação para publicação: 13/03/2021.

INTRODUÇÃO

A história da adubação teve início na China, na região do Rio Amarelo, 8 mil anos antes de Cristo. Os chineses fabricavam adubos com resíduo vegetal ou animal, húmus dos rios e até mesmo esterco humano (DIAS, 2005 apud FIGUEIREDO, 2016). A adubação começou a ser tratada como negócio na Idade Média, na região compreendida entre a França, Bélgica e Holanda, conhecida como Flandres. Os agricultores adubavam as lavouras com esterco animal, lixo humano e lodo de esgoto. O consumo foi tão significativo que as cidades da região foram consideradas as mais limpas da Europa.

O conhecimento da fertilidade do solo é indispensável para a instalação de qualquer cultura, tendo em vista que esta é uma medida da capacidade do solo de fornecer os nutrientes essenciais, em proporções e quantidades adequadas para que ocorra o ideal desenvolvimento das plantas (BRITO, 2007).

Dentre os insumos orgânicos, o esterco bovino é a fonte mais utilizada, especialmente em solos pobres em matéria orgânica (FILGUEIRA, 2008 apud SILVA et al., 2012). Isso porque ele atua como poderoso agente beneficiador do solo, capaz de melhorar substancialmente muitas de suas características físicas e químicas, através da redução da densidade aparente, melhorando a permeabilidade, infiltração e retenção de água, minimizando o fendilhamento de solos argilosos e a variação de temperatura dos solos, proporcionando acúmulo de nitrogênio orgânico, auxiliando no aumento do seu potencial de mineralização e disponibilidade de nutriente para as plantas, reduzindo o uso de fertilizantes (TEJADA et al., 2008 apud SILVA et al., 2012).

A prática da adubação com esterco animal expandiu-se e espalhou-se rapidamente pelo continente, em tamanha proporção que o material se tornou escasso. Em 1842, Justus von Liebig publica *A química orgânica e suas aplicações à morfologia e patologia*, relatando que a nutrição vegetal é feita por meio dos elementos minerais do solo. A partir daí, surgiu a fórmula mundialmente conhecida como NPK (DIAS, 2005 apud FIGUEIREDO, 2016).

Um dos mais antigos adubos usados na agricultura é o carvão vegetal, conhecido há cerca de 10.000 anos, este obteve algumas evoluções com o passar do tempo. A queima da madeira pode ser definida como um processo cujo objetivo é aumentar o teor de carbono na mesma por meio de tratamento térmico. Nesse caso, observa-se uma perda seletiva de hidrogênio e oxigênio, com a consequente elevação da concentração de carbono (OLIVEIRA et al., 1982 apud BENITES et al., 2009).

De acordo com a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), resíduo sólido é todo resíduo no estado sólido e semissólido que resulta de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e serviço de varrição. Este trabalho teve como objetivo encontrar uma alternativa de uso para o esterco bovino e para a cinza de carvoaria, visando a mitigação de possíveis danos ambientais acarretados com a não destinação correta desses resíduos.

CULTURA DA HORTELÃ

A hortelã é originária da Europa, onde vários países são produtores, com destaque para a Rússia. No entanto, os Estados Unidos se destacam na produção mundial. Planta herbácea perene, da família Lamiaceae, de clima temperado, com até 30 cm de altura, semiereta, com ramos de cor desde verde-escuro a roxo-purpúreo. A parte subterrânea é constituída de rizomas, que emergem do solo, formando novas plantas, invadindo todo o terreno (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

A época de plantio no viveiro, para formação de mudas, deve ser feita de julho a agosto e no campo, de outubro a novembro. No entanto, a partir de mudas provenientes de cultura de tecido, pode-se plantar o ano todo (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

A cultura de hortelã é exigente com relação ao solo, sendo a fertilidade a condição básica para o desenvolvimento das plantas. No entanto, estas se desenvolvem melhor em solos areno-argilosos. Com relação ao clima, é exigente em água, e tanto a escassez quanto a abundância são fatores impeditivos ao cultivo. A temperatura ideal está na faixa de 18 a 24°C, porém pode suportar oscilações entre 4 e 40°C. Valendo lembrar que a espécie não tolera geada (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

O espaçamento no viveiro para produção de mudas varia de 10 cm entrelinhas, com rizomas alinhados em sequência e no campo, de 70 a 100 cm entrelinhas e 30 cm entre plantas, sendo mais utilizado 80 x 30 cm (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014). As mudas que são utilizadas como material de multiplicação são rizomas de plantas adultas com duas ou três gemas. São necessários de 100 a 160 kg de rizomas plantados em canteiros de área entre 100 e 120 m² para a produção de mudas para plantio de um hectare. São necessárias 42.000 mudas por hectare no espaçamento 80 x 30 cm (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

Para corrigir a acidez será elevado o índice de saturação por bases a 70%. Antes do plantio, será aplicado de 30 a 40 t ha⁻¹ de esterco de curral curtido. No plantio aplicar 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), de 40 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 30 a 90 kg ha⁻¹ de K₂O. Hortelã Boletim, IAC, 200, 2014 A.T.E. Aguiar et al. 214 Em cobertura, aplicar 30 kg ha⁻¹ de N, 30 dias após o plantio. Após cada corte, aplicar 30 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

A irrigação da cultura deve ser frequente e deve ser realizada a eliminação de plantas invasoras. As cigarrinhas e formigas são as principais pragas e o oídio e ferrugem, as principais doenças, cujo controle deve ser feito com fungicidas registrados para a cultura e para o cultivo orgânico pode-se utilizar de métodos alternativos (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

Na fase de colheita, a planta é cortada toda a parte aérea 10 cm acima do solo no início do florescimento, que no Estado de São Paulo, ocorre em três períodos de novembro a janeiro, abril a maio e julho a agosto (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014). No caso da extração de óleo essencial, em média pode-se obter uma produtividade de 70 a 100 kg ha⁻¹ de óleo essencial, obtido por destilação a vapor da massa vegetal colhida (FABRI; TERAMOTO; MAIA, 2014).

CARVÃO VEGETAL

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10004 Resíduos Sólidos, a escória é um resíduo que, por apresentar grandes concentrações de alumínio, varia de classe II (resíduo não inerte) à classe III (resíduo inerte). Os finos de minério e a moinha são classe III (inertes), o pó de coletor e a lama de alto-forno são classe I (perigosos) por apresentarem teor de fenóis acima do limite permitido (ALMEIDA; MELO, 2001). Com a possibilidade de utilização destes resíduos em diversos setores, é possível diminuir os problemas de gestão. A escória pode ser utilizada na construção civil, pavimentação, cimento e agricultura; os finos de minério na pavimentação de estradas ou reuso nos fornos; o moinho de carvão pode ser utilizado como combustível em cimenteiras e siderúrgicas; o MP: resíduos perigosos, e são utilizados na agricultura e setor de cerâmicas.

Devido à necessidade nutricional da cultura da hortelã, o uso de carvão vegetal obtido a partir da queima ou carbonização de madeira, que resulta em uma substância de cor preta e rica em carbono e outros minerais, pode vir a auxiliar na redução de custos na implantação da cultura. Para que se dê início a produção de carvão, se faz necessário obter a permissão dos órgãos ambientais, levando em conta a previsão da fonte de biomassa utilizada, pois esses dados permitem controlar o montante passível a ser fabricado e vendido. Contudo, nem todos os fabricantes seguem corretamente esse controle. Um exemplo muito comum são as carvoarias que operam com mais fornos do que permitem suas licenças ambientais, conseqüentemente realizando o transporte de uma quantidade mais elevada de carvão do que foi declarado nas guias florestais.

A carbonização do carvão é realizada em fornos de alvenaria com ciclos de aquecimento e resfriamento que duram vários dias e dependem do trabalho humano. Atualmente, os fornos mais avançados são os que possuem um sistema de condensação de vapores e recuperadores de alcatrão (INCE, 1979; BARCELLOS et al., 2004 apud JOAQUIM, 2009).

O carvão vegetal é um material orgânico com elevado teor de carbono, concentrado devido ao aquecimento (TROMPOWSKY et al., 2005 apud BENITES et al., 2009). Em contraponto ao elevado teor de carbono, o carvão vegetal apresenta baixo teor de nitrogênio, o que resulta em uma elevada relação C:N. As cinzas são formadas por elementos minerais oriundos principalmente de cascas. Nas cinzas, predominam o potássio, o cálcio, fósforo e o sódio. A composição das cinzas é fortemente relacionada à química dos solos onde se desenvolveu a madeira original.

O carvão apresenta uma estrutura porosa, uma vez que a água e os componentes voláteis contidos na madeira foram eliminados, deixando assim, espaços vazios. Cerca de 70 a 80% do volume do carvão vegetal é formado por poros. Logo, o carvão apresenta baixa densidade, variando de 0,3 a 0,4kg dm⁻³ (BENITES et al., 2009). Há trabalhos que sugerem o efeito positivo dos carvões sobre propriedades físico-hídricas do solo, sugerindo o aumento da sua capacidade de retenção de umidade (PICCOLO et al., 1997 apud BENITES et al., 2009).

No cotidiano, o carvão vegetal é utilizado como combustível de aquecedores, lareira, churrasqueiras e fogões a lenha, além de abastecer alguns setores industriais como as siderúrgicas. Este carvão pode também, ser utilizado na medicina, nesse caso chamado de carvão ativado oriundo de determinadas madeiras de aspecto mole e não resinosas (madeiras de construção).

Para que o carvão tenha uma boa qualidade é necessário que a madeira tenha 50,5% de carbono; 6,2% de hidrogênio; 42,2% de oxigênio e 0,4% de cinzas e para se obter um ótimo carvão, carbonizado a 500°C é necessário que sua composição química seja de 84,5% de carbono; 2,5% de hidrogênio; 4,3% de oxigênio; 7,5% umidade (água) e 1,2% de cinzas (BARROS, s.d.). As cinzas vegetais, quase sempre não utilizadas na agricultura como adubo do solo, são providas de cálcio, magnésio, fósforo e outros elementos que podem influenciar no desenvolvimento das plantas. Alguns destes elementos são micronutrientes essenciais para o desenvolvimento dos seres vivos, como, por exemplo, Cu, Zn, Mg, Fe e B (RIGAU; DAROLT e OSALKI, apud OSAKI; DARLOT, 1991).

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A adubação orgânica com esterco bovino é uma prática milenar, embora tenha perdido a preferência com a introdução da adubação mineral, em meados do século 19, e retomado a importância nas últimas décadas, devido ao crescimento da preocupação com o meio ambiente, com

a alimentação saudável e devido a necessidade de dar um destino apropriado às grandes quantidades produzidas em alguns países (HOLANDA, 1990; BLAISE et al., 2005; SALAZAR et al., 2005 apud SAMPAIO et al., 2007).

Uma estratégia para o desenvolvimento da agricultura orgânica é o uso de resíduos animais para a produção de hortaliças, promovendo um melhor aproveitamento desses com menor impacto ambiental. O processo fermentativo da matéria orgânica tem como objetivo reduzir e/ou inativar os microrganismos patogênicos e a toxicidade desses resíduos, antes de serem aplicados ao solo. Os esterco frescos ou não estabilizados podem esquentar e inibir a germinação de sementes e o alongamento de raízes, além de contaminar o operador, o solo e os vegetais (SEDIYAMA et al., 2008).

Esterco estabilizados apresentam efeitos estimuladores no crescimento de plantas em função da presença de nutrientes minerais (mineralizados por bactérias no processo fermentativo), microrganismos benéficos, substâncias húmicas e as características físicas de um adubo orgânico estabilizado (SEDIYAMA et al., 2008).

Os resíduos de origem animal submetidos à fermentação aeróbica perdem exclusivamente carbono, na forma de CO₂ e água, na forma de vapor, promovendo um composto de qualidade superior para uso em função do menor teor de umidade, da mineralização, do nitrogênio e da solubilização parcial de alguns nutrientes. Assim, quando incorporados ao solo, esses adubos orgânicos são eficientes em promover a nutrição das plantas e podem substituir, em parte ou eliminar, a necessidade do uso de adubos minerais na agricultura (SEDIYAMA, 2008).

Segundo Rodrigues e Cassali (1999), as interações verificadas entre as fontes mineral e orgânica demonstram a possibilidade de estabelecer alternativas mais econômicas de adubação, especialmente para os locais em que os adubos orgânicos são disponíveis a custos mais inferiores. A estratégia consiste na utilização de fontes orgânicas em doses que maximizam a produtividade, sendo os adubos minerais adicionados em doses apenas complementares. As doses crescentes de composto orgânico promoveram aumentos de nitrogênio menos intensos que os níveis de adubo mineral, porque as fontes orgânicas fornecem o N inorgânico gradualmente, na medida em que se processa a mineralização da matéria orgânica.

Diversos fatores interferem na decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos, dentre estes, pode-se citar a relação C/N dos esterco, características físico-químicas e biológicas, além da temperatura e da umidade do solo. Além desses fatores, outras características podem influenciar o processo de decomposição desses resíduos. O esterco bovino, por exemplo, apresenta relação C/N maior que o esterco de caprinos e ovinos. Apesar disso, em vários estudos já realizados, apresenta maior taxa de decomposição, o que pode ser atribuído à sua estrutura que facilita a ação de microrganismos. Já os esterco de caprinos e ovinos, por possuírem uma espécie de membrana que os revestem e os torna duros quando excretados, possuem uma maior resistência à decomposição (PETERSEN et al., 1998).

O esterco bovino foi o resíduo que determinou as principais alterações das propriedades químicas do solo, uma vez que em relação à testemunha, promoveu os maiores aumentos de cálcio, matéria orgânica e capacidade de troca de cátions. Esses efeitos, porém, só foram intensificados a partir do terceiro mês após a aplicação. A velocidade de decomposição e consequente mineralização dos resíduos orgânicos interferem diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas,

principalmente para aquelas de ciclo curto, como hortaliças e planta medicinais (BRITO et al., 2005 apud FILHO et al., 2013).

Resultados de experimentos sobre a mineralização do N em resíduos de origem animal no solo, estabelecem taxas entre 13 e 67% após 6 meses. Ocorreu pouca mineralização no primeiro mês, aumentos até aos 3 meses e estabilização na liberação do N até aos 6 meses (CHAE; TABATABAI, 1986). Resultados de Cassol et al. (1997) também demonstram essa variação. Após 220 dias de incubação, as camas de aviário estudadas mineralizaram cerca de 35% e o esterco de suínos 14% do N total adicionado ao solo; enquanto o esterco de bovinos estudado provocou a imobilização do N do solo.

Os percentuais de mineralização desses experimentos são indícios de que o N inorgânico liberado pelos adubos orgânicos é insuficiente para o atendimento da demanda nutricional de hortaliças durante o curto período entre o transplante e a colheita, sendo, portanto, necessárias complementações com fontes minerais.

ADUBAÇÃO MINERAL

Segundo Souza (1998), a aplicação isolada de fertilizantes comerciais (NPK) não é suficiente para a obtenção de bons rendimentos, a menos que o solo tenha um abundante suprimento de matéria orgânica ou húmus. O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas e, com exceção das leguminosas, o mais frequentemente suprido em quantidades insatisfatórias (REICHARDT et al., 1979, apud AMADO; MIELNICZUK; FERNANDES, 2000).

Embora parte do N contido na forma orgânica do solo seja mineralizada pela atividade microbiana, esta quantidade, na maioria dos solos, não é isoladamente suficiente para atender à demanda de culturas exigentes nesse nutriente. Além disto, o N orgânico do solo é lentamente liberado durante o ano, enquanto a taxa de demanda das culturas requer maior quantidade deste nutriente disponível no início da estação de crescimento (STANDFORD, 1973, apud AMADO; MIELNICZUK; FERNANDES, 2000).

Em suma, se faz necessária a utilização de outras fontes de suprimento de N, além do solo. Projetou-se que, no ano 2000, mais de 80% da demanda agrícola mundial de N seria atendida pelo uso de fertilizantes nitrogenados ou de leguminosas. A combinação destas duas fontes de N pode trazer várias vantagens ao manejo deste nutriente, contribuindo para a sustentabilidade do agroecossistema (HAUCK, 1984 apud AMADO; MIELNICZUK; FERNANDES, 2000).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas, preferencialmente, nas formas de nitrato e amônia. O nitrato pode originar-se da mineralização da matéria orgânica que, contendo os aminoácidos nitrogenados, sofre transformações bioquímicas como a aminização, amonificação e nitrificação. Outra fonte de nitrato são os adubos contendo este sal. O amônio pode originar-se do adubo mineral, da passagem da amina para a nitrificação, ou através de simbiose em vegetais da família das leguminosas (MALAVOLTA et al., 1997).

Além da função na formação de proteínas, o nitrogênio é integrante da molécula de clorofila. Desta forma, plantas bem nutridas em nitrogênio (SOUZA, 1998). Segundo Malavolta (1980), o fósforo está presente na fração sólida e na solução do solo. Sendo o solo uma mistura de matérias orgânicas e inorgânicas, o fósforo apresenta-se também em formas orgânicas e inorgânicas, tanto na fração sólida como na solução do solo.

O fósforo é bastante móvel na planta podendo, se necessário, ser deslocado de tecidos mais velhos para tecidos mais jovens. O potássio que está adsorvido às cargas de superfície de argilominerais (ligações fracas, eletrostáticas), pode ser definido como potássio trocável (K-trocável), devido ao equilíbrio rápido que pode manter com o potássio da solução do solo (K- solução) (MALAVOLTA, 1980). O potássio tem alta mobilidade, tanto entre células individuais, como entre tecidos, e também, alta mobilidade no transporte a longa distância, via xilema e floema. O potássio é o cátion mais abundante no citoplasma, também ocorrendo em alta concentração no cloroplasto, sendo necessário para neutralizar ânions orgânicos e inorgânicos e para estabilizar o pH da planta entre 7,0 e 8,0 que é a faixa ótima, para a maioria das reações enzimáticas (MALAVOLTA et al., 1997).

METODOLOGIA

Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – SP, Unipinhal, na Estufa de Germinação e Produção de Hortaliças do Departamento de Nutrição de Plantas, no laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários e Laboratório de Bromatologia, do Departamento de Ciências, Nutrição e Tecnologia de Alimentos do curso de Engenharia Agrônômica, localizados no bloco E, além das quantificações microbiológicas e parasitárias, nos Laboratórios de Microbiologia e Parasitologia, localizados no Bloco B e C, respectivamente.

Procedimentos

Para o preparo dos 56 saquinhos, foi utilizado solo segundo classificação da EMBRAPA (1999) como Argisolo, Vermelho e Amarelo distrófico. Este solo apresentou valores de macronutrientes, micronutrientes e demais elementos (tabela 1). Os demais componentes de cada tratamento, tais como quantidade de cinza de carvoaria, adubo, esterco bovino e areia, para melhor drenagem estão descritos na tabela 2.

Tabela 1. Composição química e física do solo.

Composição Química e Física do Solo			
Matéria Orgânica	6 g/dm ³	Micronutrientes	
pH	4,6	B	0,08 mg/dm ³
P	4 mg/dm ³	Cu	0,1 mg/dm ³
K	0,9 mmolc/dm ³	Fe	4 mg/dm ³
Mg	10 mmolc/dm ³	Mn	0,5 mg/dm ³
Ca	5 mmolc/dm ³	Zn	0,5 mg/dm ³
Al	2 mmolc/dm ³	Análise Física ou Granulometria	
SB	15,9 mmolc/dm ³	Argila	51,2 %
H + Al	19 mmolc/dm ³	Silte	19,9%
CTC	34,9 mmolc/dm ³	Areia	28,9%
V%	46%		

Após a colocação do solo, esterco bovino, carvão vegetal e da adubação mineral nos saquinhos, que foi realizada de acordo com a tabela 2, procedeu-se o plantio das mudas de hortelã adquiridas no comércio de Espírito Santo do Pinhal – SP. Deve-se ressaltar que, para o tratamento com Adubação Mineral, foram seguidas as normas do Boletim 200 para as etapas de plantio e cobertura. As mudas foram transplantadas após uma semana do preparo dos saquinhos que continha uma planta cada.

Tabela 2. Composição dos saquinhos de cada tratamento

Tratamento	Número Saquinhos	de Solo + Areia (10/1) (L)	Adubação		
			Carvão (L)	Mineral (N – P – K)	Bovino (L)
1	7	4,5	0,5	---	---
2	7	3,5	---	---	1,5
3	7	5,0	---	2 – 1 – 1	---
4	7	3,5	---	2 – 1 – 1	1,5
5	7	3,0	0,5	---	1,5
6	7	4,5	0,5	2 – 1 – 1	---
7	7	3,5	0,5	2 – 1 – 1	1,5
8	7	5,0	---	---	---

Visitas periódicas foram realizadas a estufa foram onde ficaram os tratamentos. O desenvolvimento aéreo destes foram avaliados semanalmente, de acordo com a tabela 3 e depois do corte as mesmas foram pesadas e medidas quanto ao diâmetro de caule. Para as análises Microbiológicas, Parasitárias e Físioquímicas, as hortelãs foram coletadas com luvas cirúrgicas e acondicionadas em sacos plásticos de primeiro uso, identificados e preservados em caixas isotérmicas, contendo bolsas com gelo, com temperatura inferior a 10°C.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, e ajustados nas equações significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. Foi realizado também um estudo de teste de médias, utilizando-se o Teste de Fisher (LSD) a 5% de probabilidade, para as variáveis que apresentaram significância estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 apresenta o resultado médio do desempenho aéreo das plantas de hortelã para cada tratamento estudado. Para a primeira semana o tratamento 2, contendo esterco bovino e solo apresentou melhor desempenho, se diferenciando significativamente do tratamento 8, contendo somente solo, mas não se diferenciou dos demais tratamentos estudados. Essa diferença se manteve para a segunda semana. Nas semanas seguintes, terceira, quarta, quinta, sexta e sétima, as plantas apresentaram desenvolvimento semelhante, não se diferenciando significativamente.

Para as semanas seguintes, o tratamento 6, contendo adubação mineral e resíduo de carvoaria, apresentou desenvolvimento aéreo significativamente superior ao tratamento 1, que continha somente resíduo de carvoaria, mas não se diferenciou dos demais tratamentos. Deve-se ressaltar que, o solo 6 não apresenta as melhores características de composição, principalmente em matéria orgânica, uma das principais características para produção de plantas medicinais.

Em *Mentha piperita*, a adubação nitrogenada aumentou significativamente a produção de massa e do óleo essencial (MITCHELL; FARRIS, 1996 e RAO et al., 1997). Concomitante ao trabalho, Boyle e Craker, 1991, estudando alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*), verificaram que o crescimento da planta foi significativamente superior nas que receberam fertilizantes, quando comparados às plantas que não receberam fertilizantes.

Tabela 3. Média do desenvolvimento aéreo avaliado semanalmente.

Tratamento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13
1	12,29±1,38 ^{ab}	15,43±1,46 ^{ab}	17,93±1,34 ^a	19,93±1,13 ^a	21,64±1,03 ^a	23,93±1,06 ^a	26,57±1,51 ^a	29,93±1,88 ^b	33,21±3,45 ^b	36,71±4,72 ^b	40,21±4,78 ^b	43,07±5,47 ^b	46,79±5,79 ^a
2	12,71±1,95 ^a	18,07±2,34 ^a	20,36±2,64 ^a	22,28±2,50 ^a	25,14±1,95 ^a	28,36±2,01 ^a	32,50±2,47 ^a	34,21±2,38 ^{ab}	36,57±2,70 ^{ab}	39,57±2,37 ^{ab}	42,00±2,55 ^{ab}	45,57±2,23 ^{ab}	54,00±6,14 ^a
3	11,21±1,15 ^{ab}	16,00±1,41 ^{ab}	18,57±1,72 ^a	20,64±1,80 ^a	23,71±1,58 ^a	26,86±2,23 ^a	30,50±3,77 ^a	34,43±4,86 ^{ab}	38,71±6,64 ^{ab}	42,36±7,63 ^{ab}	46,43±8,19 ^{ab}	50,00±7,55 ^{ab}	58,57±8,70 ^a
4	10,86±1,31 ^{ab}	14,43±1,99 ^b	16,86±1,68 ^a	18,93±1,64 ^a	22,28±1,29 ^a	25,50±1,41 ^a	28,29±2,36 ^a	31,79±2,45 ^{ab}	35,07±2,73 ^{ab}	39,00±4,76 ^{ab}	43,64±4,96 ^{ab}	49,14±5,76 ^{ab}	52,71±7,63 ^a
5	11,57±1,79 ^{ab}	16,36±3,41 ^{ab}	19,21±4,25 ^a	21,64±5,30 ^a	24,57±5,26 ^a	28,00±6,52 ^a	32,29±9,46 ^a	35,50±8,93 ^{ab}	39,64±9,39 ^{ab}	42,93±9,95 ^{ab}	46,79±10,89 ^{ab}	50,79±11,55 ^{ab}	60,00±13,58 ^a
6	11,50±0,87 ^{ab}	15,93±1,77 ^{ab}	17,86±1,89 ^a	20,57±2,27 ^a	24,64±1,80 ^a	29,36±4,14 ^a	33,43±5,60 ^a	40,29±8,00 ^a	44,93±8,12 ^a	49,36±8,31 ^a	53,64±8,71 ^a	57,93±8,33 ^a	62,71±10,18 ^a
7	10,79±1,19 ^{ab}	15,14±1,95 ^{ab}	17,64±2,29 ^a	19,78±2,50 ^a	23,00±2,29 ^a	26,64±2,44 ^a	29,86±3,53 ^a	33,93±4,78 ^{ab}	38,71±6,09 ^{ab}	43,79±7,86 ^{ab}	47,93±7,48 ^{ab}	51,50±7,51 ^{ab}	56,43±9,55 ^a
8	9,79±1,95 ^b	14,14±1,60 ^b	16,50±1,58 ^a	18,64±1,80 ^a	21,50±2,36 ^a	24,28±3,20 ^a	27,07±3,41 ^a	30,86±4,65 ^b	34,79±7,13 ^{ab}	37,93±7,28 ^{ab}	42,43±11,36 ^{ab}	46,29±14,42 ^{ab}	49,21±15,47 ^a

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

A tabela 4 apresenta os resultados das médias de pesos das amostras úmidas, secas, umidade e matéria seca, para os tratamentos estudados. Pode-se constatar que os tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 não apresentaram diferença estatística entre si, ao nível de significância de 5%, mas estes tratamentos se diferiram significativamente dos tratamentos 1 e 8, este fato está relacionado a deficiência nutricional desses solos, que apresentaram carvão vegetal e somente solo e areia, respectivamente.

Scheffer (1998), em *Achillea millefolium* e Bezerra (2003), em *Egletes viscosa*, citados por Sales et al., 2009, constataram que essas duas espécies responderam positivamente à adubação orgânica com esterco bovino, pois a produção de massa cresceu com o aumento das doses do adubo. Grande parte dos trabalhos com adubação tem mostrado que em solos mais adubados, seja com adubo orgânico ou mineral, tem se chegado a maiores acúmulos de massa, como ocorrido para os membros da família Lamiaceae: manjeriço (*Ocimum basilicum*), (ANWAR et al., 2005; BLANK et al., 2005; SINGH, 2002); *Mentha arvensis*, *M. villosa* (CHAVES, 1998), *Mentha arvensis* (SINGH, 1998; MUNSI, 1992), *Mentha piperita* (MITCHELL; FARRIS, 1996).

Com relação à matéria seca, o tratamento 6 se diferiu significativamente do tratamento 8, apresentando média de peso para amostra seca superior, mas não se diferiu dos demais tratamentos, este fato pode estar relacionado ao teor nutricional melhor no tratamento, contendo adubação mineral e carvão vegetal. SALES, 2009, em seus estudos, relata um aumento no acúmulo de massa na planta com adubação orgânica, já que esta melhora a composição e a disponibilidade de nutrientes. Deve-se ressaltar que, os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si para os parâmetros de matéria seca e umidade.

Tabela 4. Média de peso das Amostras Úmidas e Média de Peso das Amostras Secas.

Tratamento	Amostra Úmida (g)	Amostra Seca (g)	Matéria Seca (%)	Umidade (%)
1	47,6737±46,87 ^b	46,8	6,64 ± 0,69 ^a	93,36± 2,69 ^a
2	109,4414±7,76 ^a	46,0	7,85 ± 0,71 ^a	92,15± 2,12 ^a
3	101,8500±10,35 ^a	46,0	6,30 ± 0,79 ^a	93,70± 2,83 ^a
4	126,5143±14,80 ^a	42,5	7,31 ± 0,99 ^a	92,69± 2,09 ^a
5	109,3686±22,55 ^a	44,2	6,60 ± 0,36 ^a	93,40± 2,16 ^a
6	107,4129±15,97 ^a	62,6	6,65 ± 0,76 ^a	93,35± 2,24 ^a
7	138,4329±51,09 ^a	45,3	7,14 ± 0,72 ^a	92,86± 2,64 ^a
8	34,2243±12,14 ^b	31,0	7,65 ± 0,66 ^a	92,35± 2,33 ^a

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir com o presente trabalho de pesquisa, que o uso de adubação orgânica, mineral e resíduo de carvoaria, auxiliou no desenvolvimento das plantas de hortelã. O carvão vegetal pode ser uma alternativa viável para a disponibilidade de alguns nutrientes importantes no desenvolvimento aéreo da planta, sendo que quando utilizado em conjunto com o composto bovino apresentou resultados semelhantes à adubação mineral.

Assim, devemos ressaltar que seu uso pode auxiliar no descarte correto deste resíduo, além de ser uma alternativa mais barata a pequenos produtores de plantas medicinais e especiarias. Além disso, vai de encontro a pessoas que procuram produtos saudáveis e orgânicos.

REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR 10004. Classificação de Resíduos Sólidos, 2004. Disponível em: <http://www.abetre.org.br/estudos-e-publicacoes/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos>. Acesso em 09 mai. 2018.
- ALMEIDA, M. L. B.; MELO, G. C. B. Alternativas de usos e aplicações dos resíduos sólidos das indústrias independentes de produção de ferro-gusa do estado de Minas Gerais. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, Paraíba, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-094.pdf>. Acesso em 11 abr. 2018.
- AMADO; MIELNICZUK; FERNANDES, 2000. Leguminosas e Adubação Mineral como fontes de Nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. Revista Brasileira da Ciência do Solo, Viçosa, MG - vol.24, n.1, p.179-189, 2000.
- BARROS, T.D. Carvão. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe3j8fin0u.html>. Acesso em 09 mai. 2018.
- CHAE, Y.M.; TABATABAI, M.A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. Journal of Environmental Quality, v. 15, n.2, p. 193-198, 1986.
- COELHO, F.S.; VERLENGIA. F. Fertilidade do Solo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, ed. 2, p. 146-151, 1973.
- FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S.; MAIA, M. B. Hortelã. In: AGUIAR, A. T. E. et al. (eds). Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2014. p. 213 – 214. (Boletim IAC nº 200).
- FIGUEIREDO, L. P. Proposta da metodologia com o emprego da tecnologia de automação e tecnologia de informação para a melhoria de indicadores de sustentabilidade na extração de potássio para produção de fertilizantes – TAIMESEP, SP. 2016.
- HOLANDA, J.S. Esterco de curral: Composição, preservação e adubação. Natal, EMPARN, 1990. 69p. (Documentos, 17).
- JOAQUIM, M. S. Carvão Vegetal: uma alternativa para os produtos rurais do sudoeste goiano. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/281282064_Carvao_vegetal_uma_alternativa_para_os_produtos_rurais_do_sudoeste_goiano. Acesso em 11 abr. 2018.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p. Disponível em <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&biblioteca=CPAO&busca=autoria:%22MALAVOLTA,%20E.%22>. Acesso em 22 mai. 2018.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- OSAKI, F.; DAROLT, M.R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba, 1991. Disponível em http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/darolt_qualcinzasv.pdf. Acesso em 14 mar. 2018.
- PEIXOTO, J. U. F. et al. 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. 20, p. 1-2, abr. 2013.
- PETERSEN, S.O.; LIND, A.M.; SOMMER, S.G. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. Journal of Agricultural Science, v.130, p.69-79, 1998. Disponível em:

- <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/nitrogen-and-organic-matter-losses-during-storage-of-cattle-and-pig-manure/A3F8AB711770FC0A9E97F76C62C3EF0B>. Acesso em 09 abr. 2018.
- RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W.D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 17, n. 2, p. 125-128, julho 1999.
- SALES, J. F. et al. ACÚMULO DE MASSA, TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE HORTELÃ-DO-CAMPO (*Hyptis marruboides* EPL.) CULTIVADO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA. Biosci. J., Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 60-68, Jan./Fev. 2009.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria Densa*, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n5/a16v31n5.pdf>. Acesso em 16 mai. 2018.
- SEDIYAMA, M.A.N. et al. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 12, n. 6, p. 638-644, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n6/v12n06a11.pdf>. Acesso em 20 mar. 2018.
- SILVA, J. A. et al. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, UAEEA/UFPA - v.16, n.3, p.253-257, 2012.
- SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O et al., (Org.). Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS; Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1999.
- SOUZA, E. C. A. et al. Resposta do milho a adubação com fósforo e Zn. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.