

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DE DOSES DE  
MATERIAL HÚMICO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ALFACE AMERICANA E TEORES DE CARBONO NO SOLO**

**EDILENE CARVALHO SANTOS MARCHI**

**2006**

**EDILENE CARVALHO SANTOS MARCHI**

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DE DOSES DE  
MATERIAL HÚMICO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ALFACE AMERICANA E TEORES DE CARBONO NO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Eng. Agr. Dr. Marco Antônio Rezende Alvarenga

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Marchi, Edilene Carvalho Santos

Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a  
produção de alface americana e teores de carbono no solo / Edilene Carvalho  
Santos Marchi. -- Lavras : UFLA, 2006.

46 p. : il.

Orientador: Marco Antônio Rezende Alvarenga.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Alface. 2. Adubação orgânica. 3. Carbono. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD-635.52896

**EDILENE CARVALHO SANTOS MARCHI**

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DE DOSES DE  
MATERIAL HÚMICO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ALFACE AMERICANA E TEORES DE CARBONO NO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 18 de julho de 2006

Prof. Dr. Carlos Alberto Silva	UFLA
Pesq. Dr. Giuliano Marchi	UFRPE
Prof. Dr. Hugo Adelante de Mesquita	EPAMIG
Prof. Dr. Luiz Augusto Gomes	UFLA

Prof. Dr. Marco Antônio Rezende Alvarenga  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

Dedico esta Tese, carinhosamente, ao Dr. João Batista Donizete Corrêa  
(in memoriam)

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
4 CONCLUSÕES .....	26
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
CAPÍTULO 2 .....	30
RESUMO .....	30
ABSTRACT .....	31
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4 CONCLUSÕES .....	47
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

## RESUMO

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo**. 2006. 46 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Dois trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de observar a influência da adubação orgânica e a prática da calagem nas mudanças no conteúdo de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho e de um Cambissolo e na produção de alface americana. No primeiro, estudou-se o efeito de fertilizantes orgânicos, calagem e doses de um condicionador de solo composto por material húmico na produção da alface americana. No segundo, observou-se a influência desses tratamentos nos teores de carbono orgânico do solo e no C-fração ácido húmico, fúlvico e na relação húmico/fúlvico. Para isso, dois ensaios foram conduzidos simultaneamente, no período de março a julho de 2005, em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Os ensaios foram instalados no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3x2, sendo testadas 5 doses de condicionador de solo (MH), 3 tipos de adubação (composto orgânico, esterco de aves e adubação mineral,) e 2 modos de manejo da calagem (com e sem correção da acidez), em 5 repetições. As doses de condicionador de solo (MH) utilizadas foram: 0, 20, 40, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>. Foram avaliados, no primeiro trabalho, características das plantas como massa fresca e seca total, massa fresca e seca comercial, altura das plantas, diâmetro da cabeça, massa seca do sistema radicular e número de folhas. Verificou-se que o esterco de aves, em relação ao composto orgânico e à adubação mineral, promoveu um maior desenvolvimento de raízes, o que resultou em maior produção de matéria seca de alface. Com exceção da altura das plantas cultivadas no Cambissolo, as doses do material húmico não exerceram influência sobre a produção da alface americana. Quando o adubo fornecido à alface é o mineral, a prática de correção da acidez mostra-se essencial para propiciar maior crescimento da cultura, o que reflete em todas as características fitotécnicas avaliadas no Latossolo. No segundo, amostras dos dois solos foram coletadas em triplicatas para se verificar os teores de carbono orgânico, nas frações ácido húmico, fúlvico e na relação C-húmico/fúlvico. Observou-se que, no Cambissolo, a calagem contribuiu para a diminuição do

---

\* Comitê orientador: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA (Co-orientador).

teor de C orgânico nos solos adubados com fertilizante mineral e com composto, entretanto, o armazenamento de C no solo adubado com esterco de aves aumentou. Em relação à adubação mineral, o uso de adubos orgânicos aumentou os teores de C-fração ácido húmico e a relação C-AH/AF. A massa seca total, com o uso da adubação mineral, teve um acréscimo causado pela calagem, fazendo com que os resultados se equiparem àqueles com o uso de esterco de aves. No Latossolo, independente do tipo de adubação, a calagem contribuiu para armazenar no solo a mesma quantidade ou mais C do que a observada na área sem correção da acidez. Os efeitos da calagem e das fontes de nutrientes variaram em função da fração orgânica analisada ou das relações entre seus teores de carbono.

## ABSTRACT

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Lettuce growth and organic carbon under liming, organic and mineral fertilization and humic material.** 2006. 46 p. Thesis (Doctorate in Soil Science and Plant Nutrition) - Federal University avras, Lavras, Minas Gerais, Brazil\*.

Two works were developed aiming to test organic fertilization, liming, and levels of soil conditioner composed by humic and fulvic acids on the growth and yield of the “iceberg” lettuce and soil organic carbon on Oxisol and Inceptisol. The first work evaluated the effect of organic fertilization, liming, and levels of soil conditioner composed by humic and fulvic acids on the “iceberg” lettuce growth and yield. The second work evaluated the influence of these treatments on the soil organic carbon and its fractions (humic, fulvic and the relation humic/fulvic). Two experiments were carried out at the Soil Science Department of the Federal University of Lavras, Minas Gerais State, Brazil, from March to July 2005, under a greenhouse. The experimental design was completely randomized in a 5x3x2 factorial scheme, in which 5 levels of soil conditioner (0, 20, 40, 100, 200 L ha<sup>-1</sup>), 3 types of fertilization (organic compost, chicken manure and mineral), and liming (with and without) using five replications were applied. The first work evaluated the total dried and fresh biomass, commercial dried and fresh biomass, plants height, lettuce head average diameter, average number of leaves, and dried root weight. The chicken manure rendered the best root growth and dried biomass. The soil conditioner composed of humic substances did not influence on plant growth, except on the height of plants cultivated on the Inceptisol. The liming was very important on mineral fertilization treatments for the yield of lettuce grown in the Oxisol. On the second work, soil samples were collected using three replicates. The soil organic carbon and its fractions (humic, fulvic and relations humic/fulvic) were evaluated. In the Inceptisol essay, the liming contributed to a decrease in the organic-C content in the mineral and compost fertilized plots, and increased the C accumulation in the treatments under chicken manure. The organic fertilizer increased the content of C-humic acid and the relation C-AH/AF. In the Oxisol

---

\* Guidance committee: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA.

essay, the use of liming contributed to the C accumulation when related to the treatments without use of liming. The effects of liming and the fertilizers varied in function of analyzed organic fractions and C content.

## INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que lhe proporciona expressiva importância social e econômica. A alface americana é uma hortaliça que vem se destacando, principalmente, pela demanda de grandes redes de *fast-food*, por apresentar-se crocante mesmo após aquecimento.

A alface é uma hortaliça de ciclo rápido, de folhagem exuberante e exigente quanto às características químicas do solo em que é cultivada. Com isso, a matéria orgânica exerce um papel crucial na nutrição da alface, capacidade de troca de cátions e neutralizando íons tóxicos do solo que promovem o desenvolvimento da planta e melhor absorção de nutrientes fornecidos via fertilização. Além disso, o uso de adubos orgânicos, como composto orgânico e esterco de aves, permite melhora nas características físicas e biológicas do solo, melhorando a retenção de umidade, a agregação, a porosidade e aumentando a atividade microbiana do solo.

Em razão disso, a adubação orgânica tem grande importância no cultivo dessa hortaliça, fazendo com que haja uma grande demanda por fertilizantes orgânicos. Novas opções têm surgido na forma de condicionadores de solo, constituídos, basicamente, por ácidos húmicos e fúlvicos, enriquecidos ou não com nutrientes. Esses condicionadores de solo podem ser adquiridos acondicionados em recipientes plásticos, na forma líquida e sólida. Dessa forma, este estudo investigou os reais benefícios do uso de um condicionador de solos composto por substâncias na produção da alface e nos teores de carbono do solo.

A maioria dos trabalhos existentes com fertilização orgânica está relacionada ao uso de esterco e resíduos vegetais, mostrando seu valor como melhorador das características do solo e fornecedor de nutrientes. No entanto,

com relação ao fornecimento de matéria orgânica dessa natureza, constituída por ácidos húmicos e fúlvicos, há necessidade de mais estudos.

Não só a adição de fertilizantes orgânicos e minerais influencia o teor de matéria orgânica, mas também a prática da calagem. O que reflete, principalmente, nos seus teores de carbono. Logo, considerando esses fatos, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de adubos orgânicos, calagem e condicionador de solos na produção da alface e nos teores de carbono orgânico, nas frações ácido húmico, fúlvico e na relação C-húmico/fúlvico, em um Latossolo e um Cambissolo.

## CAPÍTULO 1

### RESUMO

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Produção de alface americana sob influência da adubação orgânica e doses de material húmico**. 2006, 23p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>#</sup>

Dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação para estudar o efeito de fertilizantes orgânicos, calagem e doses de um condicionador de solo constituído por ácidos húmicos e fúlvicos na produção da alface americana. No primeiro ensaio utilizou-se um Cambissolo e, no segundo, um Latossolo Vermelho. Os ensaios foram implantados, simultaneamente, no período de março a julho de 2005. Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5x3x2, sendo 5 doses de condicionador de solo, 3 tipos de adubação (composto orgânico, esterco de aves e adubação mineral,) e 2 modos de manejo da calagem (com e sem correção da acidez), em 5 repetições. As doses de condicionador de solo foram: 0, 20, 40, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>. Foram avaliadas massa fresca e seca total, massa fresca e seca comercial, altura das plantas, diâmetro da cabeça, massa seca do sistema radicular e número de folhas. A adição de esterco de aves promoveu um maior desenvolvimento de raízes, o que resultou em maior produção de matéria seca de alface em relação ao composto orgânico e à adubação mineral. Com exceção da altura das plantas cultivadas no Cambissolo, as doses do condicionador de solo não exerceram influência sobre o crescimento e produção da alface americana. No Latossolo, quando o adubo fornecido à alface é o mineral, a prática de correção da acidez mostra-se essencial para propiciar maior crescimento da cultura, o que em todas as características fitotécnicas avaliadas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., esterco de aves, composto orgânico, acidez do solo, substâncias húmicas.

---

<sup>#</sup> Comitê de orientação: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA (Co-orientador).

## ABSTRACT

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Lettuce growth under influence of liming, organic and mineral fertilization, and humic material.** 2006. 23 p. Thesis (Doctorate in Crop Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais State, Brazil.<sup>#</sup>

The aim of this work was to test organic fertilization, liming, and levels of soil conditioner composed by humic and fulvic acids on the growth and yield of the “iceberg” lettuce. Two experiments were carried out at Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais State, Brazil, from March to July 2005, under a greenhouse. The experimental design was completely randomized in a 5x3x2 factorial scheme, in which 5 levels of soil conditioner (0, 20, 40, 100, 200 L ha<sup>-1</sup>), 3 types of fertilization (organic compost, chicken manure and mineral), and liming (presence or absent) using five replications. The total dried and fresh biomass, commercial dried and fresh biomass, plants height, lettuce head average diameter, average number of leaves, and dried root weight were evaluated. The chicken manure rendered the best root growth and lettuce dried biomass. The soil conditioner composed of humic substances did not influence on plant growth, except on the height of plants cultivated in the Inceptisol. The use of liming was very important on mineral fertilization treatments for the yield of lettuce grown in the Oxisol.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; chicken manure, organic compost, soil acidity, humic substances.

---

<sup>#</sup> Comitê Orientador: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA (Co-orientador).

## 1 INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e uma das espécies olerícolas de maior cultivo, sendo considerada a mais importante hortaliça folhosa do mundo. Por se tratar de uma cultura exigente quanto ao grau de fertilidade do solo, é comum, por parte dos agricultores, um maior investimento em fertilizantes orgânicos, de modo que se reduzam os custos com fertilizantes minerais.

O uso de adubos orgânicos na produção de hortaliças é uma prática de comprovada eficiência na produtividade das olerícolas, aumentando o fornecimento de nutrientes essenciais às plantas, beneficiando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Nicoulaud et al., 1990; Ricci et al., 1994; Schneider, 1983; Vidigal et al., 1995). Vários estudos demonstram seus efeitos benéficos, tanto na produção quanto na qualidade, à cultura da alface, como, por exemplo, com composto de lixo (Costa et al., 1994), o composto orgânico (Santos et al., 1994; Yuri et al., 2004) e o vermicomposto (Mantovani et al., 2003).

Além dos adubos orgânicos oriundos de resíduos agrícolas, existem, no mercado de fertilizantes, vários tipos de condicionadores de solo, produzidos a partir de diferentes fontes de resíduos orgânicos, como compostos orgânicos, húmus e carvão. Esses condicionadores de solo são constituídos por ácidos húmicos e fúlvicos com concentrações variadas. São produtos comercializados na forma líquida e sólida e podem apresentar, em sua formulação, concentrações variáveis de nutrientes, como cálcio, potássio, fósforo, nitrogênio, micronutrientes, etc. Além de suprirem nutrientes, esses condicionadores se constituem em importantes fontes de carbono, em razão das concentrações elevadas desse nutriente presente nesses materiais. Além de atuarem na nutrição das culturas, esses condicionadores de solo podem interferir em fatores externos

limitantes do meio de cultivo, o que pode causar um incremento na produtividade das plantas. As substâncias húmicas atuam como promotores do crescimento vegetal por melhorarem o ambiente radicular. Eles favorecem a liberação de cátions no solo, formam complexos com nutrientes e com o alumínio e desse modo, amenizam o efeito tóxico do Al e mantêm os nutrientes disponíveis na solução do solo (Stevenson, 1994).

Estudos têm mostrado que a resposta das plantas aos ácidos húmicos e fúlvicos está na dependência da matéria-prima original e, principalmente, da espécie vegetal. Matérias-primas orgânicas diversas apresentam, em sua composição, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos diferentes, bem como distintas concentrações desses ácidos (Brun, 1993). Efeitos benéficos do uso de substâncias húmicas foram observados por diversos autores (Ayuso, 1996; Silva & Jablonski, 1995; Goenadi & Sudharama, 1995).

Estudos realizados por Silva et al. (1999) mostraram que a utilização de substâncias húmicas extraídas de diversas fontes de matéria-prima orgânica (carvões) exerceu influência no aumento de componentes do sistema radicular e da parte aérea do milho cultivado em areia irrigada com solução nutritiva. Da mesma forma, foi observado o efeito estimulante no desenvolvimento das raízes do azevém cultivado em solução nutritiva (Silva et al., 2000b).

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de fertilizantes orgânicos e mineral, calagem e doses de um condicionador de solo sobre a produção da alface americana.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Dois experimentos foram implantados, simultaneamente, em duas classes de solo. O primeiro em um Latossolo Vermelho (LV) sob mata nativa e o segundo em um Cambissolo (C) sob campo nativo de cerrado. Esses

experimentos foram conduzidos em uma casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo, sendo as análises realizadas no Laboratório de Estudo da Matéria Orgânica do Solo, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de março a julho de 2005. A área experimental está localizada a 21°14' S; 45°00'O e a uma altitude de 920 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Brasil, 1992).

As amostras compostas para a caracterização química dos solos foram coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm (Tabela 1).

TABELA 1 Características químicas e textura dos solos utilizados nos ensaios conduzidos em Lavras, MG, em condições naturais.

Características <sup>§</sup>	Cambissolo	Latossolo
pH em água	5,2	5,0
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6
P remanescente (mg L <sup>-1</sup> )	4,5	4,7
K (mg dm <sup>-3</sup> )	12,0	33,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,8	0,4
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,2
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5	1,3
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,2	9,8
SB <sup>#</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,0	0,7
t* (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	2,0
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,2	10,5
V <sup>¶</sup> (%)	24	7
m <sup>∇</sup> (%)	33	66
Corg <sup>Δ</sup> (mg g <sup>-1</sup> )	14,1	39,5
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,6
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	25	227
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	8,1	7,6
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	1,1
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,5
S-sulfato (mg dm <sup>-3</sup> )	4,9	8,0
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	130	190
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	280	120
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	590	690

<sup>§</sup> Embrapa, 1999; <sup>#</sup>SB = soma de bases; \*t = capacidade de troca de cátions efetiva; <sup>¶</sup>T = capacidade de troca de cátions potencial; <sup>¶</sup>V = saturação por bases; <sup>∇</sup>m = saturação por alumínio; <sup>Δ</sup>Corg = carbono orgânico do solo.

Foram caracterizados dois adubos orgânicos: composto orgânico e esterco de aves, oriundo de criação de galinhas poedeiras. Esses adubos foram secos, triturados e passados em peneira de 2 mm, e, posteriormente, foram submetidos à análise do valor agronômico. (Tabela 2).

TABELA 2 Características dos adubos orgânicos e do condicionador de solo (MH) estudados.

Características <sup>§</sup>	Composto	EA*	MH <sup>Δ</sup>
pH em água	7,6	8,9	14,3
N-total (g kg <sup>-1</sup> )	12	25,8	4
P (g kg <sup>-1</sup> )	4,24	25,75	34,44
K (g kg <sup>-1</sup> )	6,81	22,28	37,12
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	25,48	102,5	1,66
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	3,02	6,12	0,26
S-sulfato (g kg <sup>-1</sup> )	5,23	5,23	7,5
B (mg kg <sup>-1</sup> )	106	35	-
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	43	68	0
Fe (g kg <sup>-1</sup> )	48,38	2,18	102,1
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	468	552	7,1
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	473	503	16,2
Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	6,16	16,58	-
CO (mg g <sup>-1</sup> )	128	94	59
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	-	-	1,23

<sup>§</sup>Embrapa (1999); \*EA = esterco de aves; <sup>Δ</sup>MH = condicionador de solos.

Efetuuou-se a correção da acidez do solo com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 60%. Foram aplicados, em 70 kg de solo, 56,4 g de calcário dolomítico no Cambissolo e 211,4 g no Latossolo Vermelho, o equivalente a 1,612 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico no Cambissolo e 6,04 t ha<sup>-1</sup> de corretivo no Latossolo Vermelho. Em vasos plásticos de capacidade de 3 L, adicionaram-se 2,75 kg de da mistura solo com esterco de aves, composto orgânico ou adubo mineral, mais o calcário, e incubados por 10 dias.

A quantidade de adubo orgânico (54,83 g de composto kg<sup>-1</sup> de solo e 24,19 g esterco de aves kg<sup>-1</sup> de solo) adicionada foi calculada visando adicionar

o equivalente à dose de nitrogênio (300 ppm), considerando-se as recomendações de teores de nutrientes a serem atingidos em ensaios de vaso, segundo Novais et al. (1991). Considerou-se o índice de conversão em solo do N orgânico (50%), no primeiro ano após a aplicação do adubo orgânico, de acordo com CFSEMG (1999).

No cálculo da adubação mineral, observaram-se as quantidades de nutrientes recomendadas por Novais et al. (1991) para ensaios em vasos. A adubação mineral consistiu da adição de fósforo (superfosfato simples, 300 mg P kg<sup>-1</sup>) previamente ao plantio. O nitrogênio (N-uréia, 300 mg N kg<sup>-1</sup>) e o potássio (fosfato de potássio monobásico, 300 mg K kg<sup>-1</sup>) foram fornecidos em quatro coberturas (a cada 7 dias). Os micronutrientes (0,5 mg de B kg<sup>-1</sup>, 5,0 mg de Zn kg<sup>-1</sup>, 1,5 mg de Cu kg<sup>-1</sup>, 0,15 mg de Mo kg<sup>-1</sup>, respectivamente, em forma de bórax, sulfato de zinco, sulfato de cobre e molibdato de amônio), foram fornecidos de uma só vez, adicionados após o pegamento das mudas, por meio de uma solução aplicada em cada vaso.

As aplicações do condicionador de solo (MH) e as adubações de cobertura foram realizadas após o pegamento das mudas, parceladas em 5 vezes, aos 7, 15, 21, 28 e 35 dias após o plantio, distribuindo-se o MH sobre a superfície do solo.

Os vasos foram dispostos sobre bancadas em casa de vegetação protegida com tela e as irrigações controladas diariamente, por meio de pesagem dos vasos, de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo.

As mudas da cultivar *Raider*, com 4 folhas, produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial, foram as mudas transplantadas para os vasos 30 dias após a germinação.

Os experimentos foram implantados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3x2, sendo cinco doses de material húmico, três tipos de adubação (mineral, composto orgânico e esterco de aves) e dois

modos de manejo da calagem (com e sem uso de calcário), em cinco repetições. O primeiro fator correspondeu à combinação de doses de material húmico (0, 20, 40, 100, 200 L ha<sup>-1</sup>); o segundo fator correspondeu às adubações: mineral, com composto orgânico e com esterco de aves e o terceiro fator, à adição ou não de calcário.

As avaliações dos atributos fitotécnicos foram feitas após a colheita das plantas, realizada aos 57 dias após o transplântio. Foram medidos a altura e o diâmetro da cabeça (parte comercial) e feita a contagem do número das folhas. A massa fresca total da parte aérea foi obtida pela pesagem das plantas cortadas rente ao solo, com as folhas internas e externas e com a cabeça compacta, em balança analítica. A massa fresca da parte comercial (cabeça) foi obtida pela pesagem da cabeça sem as folhas mais externas. O número de folhas foi obtido pela contagem, considerando o total de folhas. Para a obtenção da massa seca da parte aérea das plantas, os materiais vegetais foram secos em estufa, com circulação forçada de ar, a 65 °C, até peso constante. A avaliação da massa seca de raiz foi realizada somente no ensaio conduzido no Latossolo.

A análise de variância foi realizada para se testar a significância dos dados oriundos dos diferentes atributos avaliados, em função das combinações dos três fatores testados (tipo de adubação, calagem e doses do condicionador de solos (MH)), sendo usado o Teste F para a comparação das médias, utilizou-se o teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi utilizada para o estudo de doses do condicionador de solos (MH).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Ensaio no Cambissolo**

No ensaio conduzido no Cambissolo houve interação significativa, entre tipo de adubação e calagem, para as seguintes características: número de folhas, diâmetro de cabeça, massa fresca total da planta e massa seca comercial (Tabela 3). A interação calagem, tipo de adubação e doses de MH ocorreu somente para a altura de plantas. Para massa fresca comercial e massa seca total, somente o fator tipo de adubação foi significativo.

TABELA 3 Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura da planta (A), diâmetro (D), massa fresca total (MFT) e massa fresca comercial (MFC), massa seca total (MST) e massa seca comercial (MSC), em função das adubações (adubo), calagem e doses de MH), no ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

FV	GL	Quadrado médio						
		NF	A	D	MFT	MFC	MST	MSC
Adubo	2	353,0600*	520,6716*	140,0108*	1112336,3736*	560140,5492*	1576,3061*	1049,5745*
Calagem	1	0,0066	21,6600*	1,2696	13898,2113*	2767,7409	111,7153	16,5934*
Dose SH	4	13,0266	1,1025	1,4715	101,1409	845,0286	47,7915	2,5200
AxC	2	28,1266*	10,1450*	5,0838*	5682,0748*	2516,7272	5,1499	10,5824*
AxD	8	8,3016	1,3862	1,2963	1150,1466	776,6344	41,3968	2,6020
CxD	4	3,2733	1,8058	1,2444	2252,3901	2491,0834	21,7956	1,2991
AxCxD	8	8,6183	3,0845*	1,9601	2176,6714	1713,7813	57,4071	4,1310
Erro	120	6,5266	1,4866	1,5090	1123,2778	1313,6717	31,8072	2,5863
C.V. (%)		9,18	6,32	11,27	10,05	20,67	26,78	13,96

\*Significância a 5%, pelo teste de F.

A adubação com esterco de aves proporcionou maior número de folhas, maior diâmetro de cabeça, massa fresca total e massa seca comercial, independente da prática da calagem, sendo seguida pela adubação mineral e com composto orgânico, nessa ordem (Tabela 4). Em relação à massa seca comercial, houve interação entre o tipo de adubação e calagem. Independentemente da correção da acidez do solo, o uso de esterco de aves propiciou as maiores produções de massa seca de alface (Tabela 4). Com o desdobramento da calagem dentro de cada tipo de adubação, verificou-se que a correção da acidez não influenciou a quantidade produzida de massa seca comercial, quando o adubo foi o mineral. Entretanto, com o uso de composto orgânico, foi notada maior produção de massa seca quando se fez uso da calagem.

TABELA 4 Valores médios do número de folhas, diâmetro da cabeça (cm), massa fresca total das plantas (gramas), massa seca comercial (g) em função do tipo de adubação, calagem e doses de MH, em ensaios utilizando-se amostras de Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Calagem	Adubação		
	Composto <sup>§</sup>	EA <sup>§</sup>	AM <sup>§</sup>
	Número de folhas		
Sem	24,88Cb	31,52Aa	27,04Ba
Com	26,40Ba	30,04Ab	27,04Ba
	Diâmetro		
Sem	9,09Ca	12,98Aa	10,34Ba
Com	9,74Ca	12,44Aa	10,80Ba
	Massa fresca total		
Sem	165,58Cb	480,65Aa	325,36Bb
Com	194,68Ca	475,44Aa	359,23Ba
	Massa seca comercial		
Sem	6,00Cb	15,22Aa	12,34Ba
Com	7,31Ca	16,29Aa	11,95Ba

<sup>§</sup>Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas para cada característica não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

Resultados similares foram verificados por Vidigal et al. (1995), uma vez que, em seu estudo, o número de folhas não foi afetado pelas doses crescentes de composto orgânico, até a dose de 36,95 t ha<sup>-1</sup> (massa seca). Contudo, os autores observaram efeito linear crescente para diâmetro da cabeça. No presente trabalho, o efeito da calagem sobre o número de folhas promoveu respostas diferenciadas de acordo com o tipo de adubação. O número de folhas não foi influenciado pela calagem com a adubação mineral. Na adubação com esterco de aves, o acréscimo no número de folhas foi observado na ausência de calagem. No entanto, a calagem proporcionou melhores resultados para número de folhas, quando se utilizou o composto orgânico. O diâmetro da cabeça não foi influenciado pela calagem nos diferentes tipos de adubação (Tabela 4).

A maior massa fresca total da planta foi obtida na adubação com esterco de aves, independentemente da prática da calagem (Tabela 4).

Os tratamentos adubação mineral e composto orgânico mostraram melhores resultados na presença de calagem. Isso ocorreu pela influência da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica do composto orgânico, o pH do solo, na disponibilidade de cálcio e magnésio e pela neutralização do alumínio.

Para a característica massa seca total, não houve interação entre os fatores em estudo, sendo essa característica somente influenciada pelo tipo de adubação (Tabela 5).

TABELA 5 Valores médios da massa fresca comercial (gramas), massa seca total das plantas (gramas), em função do tipo de adubo e da calagem, em ensaios utilizando amostras de Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Adubação	Cambissolo	
	Massa fresca comercial <sup>§</sup>	Massa seca total <sup>§</sup>
Composto	79,52c	14,59b
EA	288,96a	23,86a
AM	157,61b	24,72a

<sup>§</sup>Médias seguidas por letras minúsculas nas colunas para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

O esterco de aves e a adubação mineral proporcionaram maiores produções de massa seca total do que o composto orgânico, o que se explica, possivelmente, pela maior suscetibilidade do esterco de aves à mineralização e ou maior concentração e biodisponibilidade dos nutrientes presentes no EA e no AM, em relação ao composto. Esse resultado está de acordo com trabalhos conduzidos por Stintzing & Salomon (2002), no qual as plantas de alface adubadas com esterco de aves (70 kg N ha<sup>-1</sup>, 44 kg P ha<sup>-1</sup> e 114 kg K ha<sup>-1</sup>) apresentaram os mesmos resultados de produção, quando comparadas àquelas que receberam fertilização mineral (75 kg N ha<sup>-1</sup>, 21 kg P ha<sup>-1</sup> e 75 kg K ha<sup>-1</sup>). Do mesmo modo, Castro & Ferraz Jr. (1998) não verificaram diferenças estatísticas na produção de matéria verde e seca da alface cultivar Aurélia, quando compararam a adubação com uréia, sulfato de amônio e esterco de galinha.

Em estudos conduzidos por Nicoulaud et al. (1990), os maiores rendimentos de massa seca da alface foram alcançados quando se utilizaram-se doses de 24 e 36 t ha<sup>-1</sup> de esterco de cama de aviário. Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, porém, com a adubação com esterco de aves, na dose de 38,70 t ha<sup>-1</sup> (massa seca), em ambos os solos.

Em relação à produção de massa fresca comercial, somente o tipo de adubo foi significativo, tendo a maior massa fresca sido obtida com a adubação das plantas com esterco de aves (Tabela 5). A massa fresca comercial obtida com a adubação com composto orgânico não alcançou os resultados proporcionados pela adubação mineral e esterco de aves, em ambos os solos. Rodrigues et al. (1990) sugerem que a menor produção de massa seca da alface possa ser devido à menor disponibilidade de N e excesso de K e Na, que inibem a absorção de cálcio. Mantovani et al. (2003) mostram que doses de vermicomposto, acima de 50 t ha<sup>-1</sup>, limitam a produção da alface, provavelmente, devido ao excesso de nutrientes.

Houve interação entre calagem, tipo de adubação e doses de MH para a altura de plantas (Tabela 3). No desdobramento adubo dentro de calagem *versus* dose de MH, a adubação mineral com calagem proporcionou os maiores resultados para altura de plantas, seguida pela adubação com esterco de aves e composto orgânico (Tabela 3). Entretanto, a adubação mineral, na ausência de calagem, proporcionou resultados semelhantes à adubação com esterco de aves, nas diversas combinações de doses de material húmico.

TABELA 3 Valores médios da altura das plantas (cm), no desdobramento adubo dentro de calagem versus dose, em função adubações (adubo), calagem e doses MH, no ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Calagem	Dose MH	Adubação		
		Composto§	EA§	AM§
altura de plantas				
Sem calagem	0	15,60b	20,00a	20,00a
	20	15,20b	20,50a	21,10a
	40	15,20b	20,10a	21,30a
	100	15,30b	20,60a	21,60a
	200	14,00c	20,50b	22,70a
Calagem	0	16,40c	20,20b	22,30a
	20	16,60c	19,50b	22,90a
	40	16,70c	20,80b	23,20a
	100	15,70c	20,00b	23,20a
	200	16,40c	19,80b	21,40a

§Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

No desdobramento de calagem dentro de adubo *versus* doses de MH, a adubação com esterco de aves e com composto orgânico proporcionou valores para altura de plantas semelhantes, tanto na presença como na ausência de calagem (Tabela 4).

TABELA 4 Valores médios da altura (cm), no desdobramento de calagem dentro de adubo versus doses de MH, em função adubações (adubo), calagem e doses de MH, no ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Adubação	Altura de plantas		
	Dose MH	Sem calagem <sup>§</sup>	Com calagem <sup>§</sup>
Composto	0	15,60a	16,40a
	20	15,20a	16,60a
	40	15,20a	16,70a
	100	15,30a	15,70a
	200	14,00b	16,40a
EA	0	20,00a	20,20a
	20	20,50a	19,50a
	40	20,10a	20,80a
	100	20,60a	20,00a
	200	20,50a	19,80a
AM	0	20,00b	22,30a
	20	21,10b	22,90a
	40	21,30b	23,20a
	100	21,60b	23,20a
	200	22,70a	21,40a

<sup>§</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

No desdobramento da interação doses de MH, dentro de tipo de adubo e calagem, somente houve influência significativa das doses de MH no tratamento adubação mineral sem calagem, em que se verificou um efeito linear positivo na altura das plantas com o incremento das doses de MH segundo a equação:  $y=20,53 + 0,0112x$  ( $R^2=0,86$ ). Yuri et al. (2002) relatam que a alface americana não se desenvolve bem em pH menor que 5,5. Assim, o efeito positivo das doses de MH, na ausência da calagem, sobre a altura das plantas, pode ser explicado pela melhoria das condições químicas do solo, por meio da amenização do efeito da acidez promovido pelas substâncias húmicas, pois, este solo apresentou no final do cultivo baixo valor de pH (5,0).

### **3.2 Ensaio no Latossolo**

Houve interação entre adubo e calagem para massa seca de raiz, altura, massa fresca total, massa fresca e seca comercial (Tabela 5). No entanto, para as características número de folhas e diâmetro, somente houve efeito da adubação e do uso da calagem, isoladamente (Tabela 5).

TABELA 5 Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura da planta (A), diâmetro (D), massa fresca total (MFT) e massa fresca comercial (MFC), massa seca total (MST) e massa seca comercial (MSC), em função das adubações (Adubo), calagem e doses de MH, no ensaio conduzido no Latossolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

FV	GL	Quadrado médio							
		MSRAIZ	NF	A	D	MFT	MFC	MST	MSC
Adubo	2	1132,8438*	203,2466*	79,2150*	52,2244*	743648,5961*	353078,1676*	867,2838*	595,6540*
Calagem	1	76,4694*	83,6266*	9,3750*	8,8330*	102634,5751*	77465,2072*	3,4050	0,2974
Dose MH	4	12,2359	22,1266	3,7975	2,3831	2872,9427	1699,6948	4,0738	11,1752*
AxC	2	117,6235*	4,2466	61,9550*	1,3592	68694,6732*	19378,6926*	305,0710*	35,2663*
AxD	8	20,4040	13,1716	2,9462	2,7347	3783,0490	5215,6855	20,3532*	7,3484
CxD	4	19,4121	5,8933	3,2875	1,7879	1052,5563	335,6836	1,0185	5,3123
AxCxD	8	22,4112	3,6383	2,5487	1,9053	3256,3118	1957,2475	23,7916*	6,8401
Erro	120	13,7342	10,2266	1,6991	1,4715	2841,2340	2115,2847	7,560	4,2800
C.V. (%)		33,06	12,5800	6,4100	10,0000	13,61	20,48	11,540	15,6300

\*Significância a 5% pelo teste de F.

A interação significativa entre tipo de adubação e calagem, para as características massa seca de raiz e massa seca comercial, mostrou que a calagem proporcionou os maiores resultados somente na adubação mineral.

O esterco de aves foi o adubo que proporcionou a maior massa seca de raízes, massa fresca e seca comercial independente da calagem, seguido pela adubação com composto orgânico e adubação mineral (Tabela 6).

TABELA 6 Valores médios da massa fresca e seca comercial (gramas), massa fresca total das plantas (gramas), altura (cm), massa seca de raiz (g) em função do tipo de adubação, calagem e doses de MH, no Latossolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Calagem		Altura	
Sem	19,50Ba	20,98Aa	19,76Bb
Com	18,30Cb	20,66Ba	22,78Aa
Massa fresca total			
Sem	285,83Ba	498,03Ab	312,40Bb
Com	268,64Ca	541,84Aa	442,73Ba
Massa seca de raiz			
Sem	12,92Ba	15,15Aa	3,40Cb
Com	12,42Ba	14,97Aa	8,37Ca
Massa fresca comercial			
Sem	136,09Ca	292,54Ab	176,83Bb
Com	148,28Ca	327,77Aa	265,76Ba
Massa seca comercial			
Sem	10,54Ca	17,12Aa	12,17Bb
Com	9,18Cb	16,40Aa	13,99Ba

<sup>§</sup>Médias seguidas por letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

A adubação com esterco de aves proporcionou os maiores valores de massa fresca e seca comercial, na presença e na ausência da calagem com relação ao composto orgânico e adubação mineral (Tabela 6). Essa tendência se justifica pela maior velocidade de decomposição do EA, mesmo na presença da

calagem, devido à melhor qualidade da matéria orgânica, evidenciada pela menor relação C/N, quando comparada ao composto. Segundo Silva et al. (2000a) adubos orgânicos aplicados em doses elevadas podem reduzir a produtividade, havendo a necessidade de se conhecer a quantidade correta de matéria orgânica que permita o melhor rendimento físico e econômico da cultura. Do mesmo modo, a suscetibilidade do material orgânico à mineralização se mostra essencial para garantir que as fases de maior demanda nutricional da cultura estejam sincronizadas com a liberação de nutrientes mineralizados pelos adubos orgânicos.

Estudando-se o efeito da calagem em cada tipo de adubação, percebe-se que os melhores resultados para a massa fresca comercial ocorreram na adubação mineral e esterco de aves na presença da calagem (Tabela 6).

No desdobramento de calagem dentro do tipo de adubação, a calagem proporcionou melhores resultados de massa seca comercial somente no tratamento com o uso da adubação mineral (Tabela 6). Na adubação com o uso de composto orgânico, os melhores resultados para massa seca comercial foram obtidos na ausência de calagem.

Na presença de calagem, a maior altura foi obtida pela adubação mineral, entretanto, na sua ausência, os melhores resultados foram obtidos com a adubação realizada com esterco de aves (Tabela 6).

Os melhores resultados para massa fresca total foram observados com a adubação esterco de aves, independente da calagem (Tabela 6), corroborando com estudos realizados por Ferreira et al. (2001) em que aplicações de esterco de aves aumentaram os teores de alguns elementos e também aumentaram o volume de produção de alface.

O esterco de aves foi o adubo que proporcionou o maior número de folhas e maior diâmetro de cabeça (Tabela 7). O composto orgânico e o adubo mineral não diferiram entre si quanto ao diâmetro da cabeça da alface. Em geral,

o uso da calagem causa uma diminuição no número de folhas enquanto, o diâmetro das cabeças de alface aumenta.

TABELA 7 Valores médios do diâmetro e número de folhas, em função do tipo de adubo e da calagem no Latossolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Adubação	Número de folhas <sup>§</sup>	Diâmetro <sup>§</sup>
Composto	24,18b	11,57b
EA	27,74a	13,30a
AM	24,32b	11,50b

  

Calagem	Número de folhas <sup>§</sup>	Diâmetro <sup>§</sup>
Sem	26,16a	11,88b
Com	24,66b	12,36a

<sup>§</sup>Médias seguidas por letras minúsculas nas colunas, para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

Houve interação entre adubação, calagem e doses de MH para a característica massa seca total das plantas (Tabela 8).

No desdobramento adubo dentro de calagem *versus* doses de MH, a adubação com esterco de aves proporcionou resultados semelhantes aos obtidos com a adubação mineral, na presença de calagem, exceto na combinação esterco de aves acrescido da dose 100 de MH (Tabela 8). Entretanto, na ausência de calagem, a adubação com esterco de aves foi superior aos demais tipos de adubos, independentemente da dose de MH.

TABELA 8 Valores médios da massa seca total das plantas (g), no desdobramento adubo dentro de calagem versus doses de MH, em função adubações (adubo), calagem e doses de MH, no Latossolo. Lavras, MG, UFPA, 2006.

Calagem	Dose MH	Adubação		
		Composto <sup>§</sup>	EA <sup>§</sup>	AM <sup>§</sup>
massa seca total				
Sem calagem	0	24,19b	28,84a	19,59c
	20	22,13b	30,11a	19,26b
	40	21,92b	28,91a	21,28b
	100	21,57a	25,64a	23,96a
	200	20,76b	30,04a	20,76b
Calagem	0	20,00b	25,93a	27,05a
	20	18,80b	25,09a	25,41a
	40	16,23b	29,46a	26,22a
	100	17,56c	27,95a	23,76b
	200	14,64b	29,44a	27,42a

<sup>§</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

No desdobramento de calagem dentro de adubo *versus* doses de MH, percebe-se que a ausência ou presença da calagem não causou diferenças entre a massa seca total das plantas, quando se utilizou esterco de aves na adubação. Já no tratamento composto orgânico e doses de MH, os maiores resultados foram obtidos na ausência da calagem (Tabela 9). No entanto, na adubação mineral e doses de MH, os melhores resultados ocorreram na presença de calagem.

TABELA 9 Valores médios da massa seca total das plantas (g), no desdobramento de calagem dentro de adubo versus doses de MH, em função adubações (adubo), calagem e doses de MH, no Latossolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Adubação	Massa seca total		
	Dose MH	Sem calagem <sup>§</sup>	Com calagem <sup>§</sup>
Composto	0	24,19a	20,00b
	20	22,13a	18,80a
	40	21,92a	16,23b
	100	21,57a	17,56b
	200	21,29a	14,64b
EA	0	28,84a	25,93a
	20	30,11a	25,09b
	40	28,91a	29,46a
	100	25,64a	27,95a
	200	30,04a	29,44a
AM	0	19,59b	27,05a
	20	19,26b	25,41a
	40	21,28b	26,22a
	100	23,96a	23,76a
	200	20,76b	27,42a

<sup>§</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. EA-esterco de aves; AM-adubação mineral.

No desdobramento da interação de doses de MH, dentro de adubo versus calagem, houve influência significativa para o tratamento esterco de aves com calagem e para o composto orgânico com calagem. No estudo de calagem com esterco de aves, a equação de regressão não se ajustou ao conjunto de dados, em função do reduzido coeficiente de determinação. Quanto ao estudo das doses de MH no tratamento composto orgânico com calagem, observou-se uma queda linear da massa seca total, na medida em que aumentaram as doses de MH, com a seguinte equação:  $y = 19,026 - 0,0219x$  ( $R^2 = 0,71$ ).

O estímulo à produção da alface que seria esperado com o uso das substâncias húmicas não ocorreu. Em trabalhos conduzidos por Silva et al.

(2000b) com a cultura do azevém e por Silva et al. (1999) com a cultura do milho, os autores concluíram que distintas fontes originárias das substâncias húmicas apresentam características diferentes, ocasionando resultados diferentes sobre as variáveis de plantas analisadas.

#### **4 CONCLUSÕES**

O esterco de aves, em relação ao composto orgânico e à adubação mineral, promoveu um maior desenvolvimento de raízes, o que resultou em maior produção de matéria seca de alface.

Com exceção da altura das plantas cultivadas no Cambissolo, as doses do MH não exerceram influência sobre a produção da alface americana.

Quando o adubo fornecido à alface foi o mineral, a prática de correção da acidez mostrou-se essencial para propiciar maior produção da cultura, o que reflete em todas as características fitotécnicas avaliadas no Latossolo.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 57, n. 3, p. 251-257, Sept. 1996.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: MA/SNI/DNMET, 1992. 84p.

BRUN, G. **Pouvoir complexant des matieres humiques effets sur l'alimentation minerale des vegetaux**. Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1993. 139 p. Thèse de Douctorat, Specialite: Traitement des matieres premieres vegetales - Institut National Polytechnique de Toulouse, 1993.

CASTRO, R. P.; FERRAZ JR, A. S. L. Teores de nitrato nas folhas e produção da alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 65-68, maio 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5º aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

COSTA, C. A.; CASALI, V. W. D.; LOURES, E. G.; CECON P. R.; JORDÃO, C. P. Teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 238, p. 629-640, nov./dez. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, R. J.). **Manual de análises químicas de solos**. – Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999a. 370 p.

FERREIRA; V. P.; PAULO, B. K.; REIS, B.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; NICOULAUD, B. A. L. Efeito da aplicação de cama de aviário na concentração e extração de B; Cu; Fe; Mn; Na e Zn em alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, jul. 2001. 1CD-ROM. Suplemento.

GOENADI, D. H.; SUDHARAMA, I. M. Shoot initiation by humic acids of selected tropical crops grown in tissue culture. **Plant and Cell Report**, New York, v. 15, n. 1/2, p. 59-62, Dec. 1995.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; CHIBA, M. K.; BRAZ, L. T. Calagem e adubação com vermicomposto de lixo urbano na produção e nos teores de metais pesados em alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 494-500, jul./set. 2003.

NICOULAUD, B. A. L.; MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alface em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo “Areia Quartzosa hidromórfica”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 6-9, nov. 1990.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. E. L.; BARROS, N. F. Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. 1991. p. 195-195.

RICCI, M. S. F. Produção de alface adubada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 56-58, maio 1994.

RODRIGUES, E. T. **Efeitos da adubação orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1990. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 29-32, maio 1994.

SCHNEIDER, L. **Rendimento e qualidade de alface em função da adubação nitrogenada, orgânica e mineral**. 1983. 69 p. Dissertação de (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, R. M. da; JABLONSKI, A. Uso de ácidos húmicos e fúlvicos em solução nutritiva na produção de alface. **Revista Escola de Engenharia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 71-78, 1995.

SILVA, R. M. da; JABLONSKI, A.; MORSELLI, T. B. G. A.; GARCIA, S. dos S.; KROTH, P. L. I. Produção de alface cultivado em solução nutritiva com adição de substâncias húmicas em condição de casa de vegetação. PPGEM. Escola de Engenharia. UFRGS. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 13-23, 2000a.

SILVA, R. M. da; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada de substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 5 n. 2, p. 101-110, maio/ago. 1999.

SILVA, R. M. da; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento das raízes do azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1623-1631, nov./dez. 2000b.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1994. 496 p.

STINTZING, A. R.; SALOMON, E. Application of broiler chicken manure to lettuce and cabbage crops. Effect on yield, plant nutrient utilization and mineral nitrogen in soil. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 571, p. 119-126, 2002.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I - ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 239, p. 80-88, jul./fev. 1995.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. de; RESENDE, G. M. de; FREITAS, S. A. C. de; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. **Alface americana - cultivo comercial**. Lavras: Editora UFLA, 2002. (Texto acadêmico).

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-130, jan./mar. 2004.

## CAPÍTULO 2

### RESUMO

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Adubação orgânica e seus efeitos sobre as frações de carbono de solos cultivados com alface americana**. 2006. 21 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

A dinâmica dos estoques de carbono em solos é diretamente influenciada pelo manejo, principalmente quando se comparam fontes de adubos minerais com orgânicos. Este estudo avaliou o efeito da aplicação de adubos minerais e orgânicos (condicionador de solo, composto orgânico e esterco de aves) nas frações húmica, fúlvica e sobre os teores carbono orgânico de um Latossolo Vermelho e de um Cambissolo. Para isso, dois ensaios em vasos foram instalados em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, MG, com o cultivo de alface americana ocorrendo no período de março a julho de 2005. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5x3x2, sendo testadas cinco doses de material húmico (0, 20, 40, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>), três tipos de adubação (mineral, composto orgânico e esterco de aves) e dois modos de manejo da calagem (com e sem uso de calcário), em três repetições. No Cambissolo, a calagem contribuiu para a diminuição do teor de C orgânico nas áreas adubadas com fertilizante mineral e composto, e aumentou o armazenamento de C no solo adubado com esterco de aves. Em relação à adubação mineral, o uso de adubo orgânico aumentou os teores de C-fração ácido húmico e a relação C-AH/AF. No Latossolo, independente do tipo de adubação, a calagem contribuiu para armazenar no solo a mesma quantidade ou mais C do que a observada na área sem correção da acidez. Os efeitos da calagem e das fontes de nutrientes variaram em função da fração orgânica analisada ou das relações entre seus teores de carbono.

Palavras-chave: composto orgânico, esterco de aves, condicionador de solos, ácido húmico, ácido fúlvico.

## ABSTRACT

MARCHI, Edilene Carvalho Santos. **Organic fertilization effects on the carbon fractions in soils grown with iceberg lettuce**. 2006, 21p. Thesis (Doctorate in Crop Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais State, Brazil. #

The soil carbon stock dynamics is directly influenced by the soil management, mainly when sources of fertilizers such as organic and mineral are compared. This study evaluated the effects of mineral and organic fertilizers on the humic and fulvic fractions, and on the organic carbon of an Inceptisol and an Oxisol. Two essays were set using pots in a greenhouse at the Soil Science Department of the Federal University of Lavras, MG. The growth of lettuce was carried out from March to July, 2005. The experimental design was completely randomized in a 5x3x2 factorial scheme, in which 5 levels of soil conditioner (0, 20, 40, 100, 200 L ha<sup>-1</sup>), 3 fertilizers (organic compost, chicken manure and mineral), and liming (presence or absent) using five replications, were applied. In the Inceptisol essay, the liming contributed to a decrease in the organic-C content in the mineral and compost fertilized plots, and increased the C-accumulation in the treatments under chicken manure. The organic fertilizer increased the content of C-humic acid and the relation C-humic/fulvic. In the Oxisol essay, the liming contributed to the C-accumulation when related to the treatments with no liming. The effects of liming and fertilizers varied as a function of the analyzed organic fractions and C content.

Keywords: organic compost, chicken manure, soil conditioner, humic acid, fulvic acid.

---

# Guidance Committee: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do solo resulta, na maior parte das vezes, em um marcante declínio dos níveis de sua matéria orgânica (Wander, 2004). Com isso, a utilização de adubos orgânicos e minerais, juntamente com a adoção de práticas de cultivo que visem ao aumento do aporte de matéria orgânica nos sistemas agrícolas, é de grande importância para aumentar o grau de fertilidade dos solos brasileiros, que se caracterizam pela baixa capacidade de troca de cátions, elevada acidez, altos teores de alumínio trocável, baixa disponibilidade de P e de outros nutrientes.

A busca pela melhoria da qualidade do solo e a necessidade de reduzir custos têm contribuído para aumentar o uso de esterco, compostos e outros tipos de adubos orgânicos na produção agrícola (Seiter & Horwath, 2004). Isso ocorre em razão de os resíduos orgânicos serem fontes de carbono, o que se torna importante dado que a matéria orgânica é responsável por grande parte das cargas existentes nos solos brasileiros, aumenta a atividade microbiana, melhora a retenção de água e controla a temperatura do solo. A prática de se adicionar adubos orgânicos ao solo é, portanto, uma forma de manter ou melhorar sua qualidade, aumentando o teor de matéria orgânica do solo e adicionando nutrientes ao solo, o que pode resultar em uma economia de fertilizantes minerais.

A adição de fertilizantes minerais, por sua vez, afeta a qualidade da matéria orgânica do solo e a dinâmica dos nutrientes de plantas. Em solos com deficiência de leve a alta, os fertilizantes minerais promovem o aumento da biomassa vegetal e da quantidade de resíduos de culturas que retorna ao solo (Allison, 1973). Entretanto, aplicações excessivas de fertilizantes podem provocar efeitos negativos na qualidade do solo, por afetar a atividade microbiana e promover a rápida mineralização da matéria orgânica original do

solo, principalmente nos casos em que os restos de cultura são retirados das áreas de plantio (Mccarty & Meisinger, 1997).

A biomassa microbiana, os resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, as raízes e a fração mais estável denominada húmus são componentes da matéria orgânica (Camargo et al., 1999). A fração denominada húmus, abrange as frações ácido húmico e fúlvico e a humina. Essas substâncias podem ser caracterizadas como um complexo de compostos orgânicos de cor marrom, parda ou amarela, variada massa molar e complexidade química, que se extraem do solo por soluções alcalinas, sais neutros e solventes orgânicos (Kononova, 1982).

O grande interesse pelas substâncias húmicas se deve aos benefícios a elas associados. Os compostos húmicos aumentam a capacidade de troca de cátions, estimulam a atividade microbiana e aumentam a capacidade do solo complexar e solubilizar íons (Biondi et al., 1994). É na matriz orgânica de solos tropicais que ocorre a maior adsorção de nutrientes, além disso, a matéria orgânica contribui para a melhoria e a estabilidade da estrutura do solo (Albiach et al., 2000). Os compostos orgânicos atuam também na amenização da toxicidade de alguns metais, como o alumínio, pela formação de complexos organo-metálicos (Miyazawa et al., 1993).

Nos solos, a estrutura e a composição das substâncias húmicas parecem ser influenciadas, dentre outros parâmetros, pelo material de origem, pelo pH do solo, pela vegetação e pelo sistema de manejo do solo. Portanto, o tipo de adubo e o uso da calagem exercem influência sobre os teores de carbono total e sobre os teores de carbono contido nas substâncias húmicas, uma vez que alteram o aporte de C ao solo, a síntese e re-síntese de substâncias orgânicas e a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo.

Muitos produtos comerciais contendo substâncias húmicas estão, cada vez mais, sendo ofertados no mercado de insumos agrícolas. Em geral, esses

produtos são derivados de minerais, como a leonardita ou lignita e carvão, ou são obtidos a partir do uso de turfas e resíduos orgânicos humificados. Poucos estudos de laboratório e de campo, com esses produtos comerciais, têm sido conduzidos. Dessa forma, há um requerimento por dados de pesquisa sobre essas substâncias orgânicas (Chen et al., 2004) no sentido de nortear o uso de produtos comerciais e de esterco e outros resíduos orgânicos, e avaliar a influência desses materiais na dinâmica das diferentes frações orgânicas do solo, para que sejam criadas recomendações seguras para o uso agrícola dos produtos ofertados no mercado.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação de adubos orgânicos e minerais, na presença e na ausência de calagem, em combinação com diferentes doses de um material húmico comercial, sobre os teores de carbono orgânico (CO) e C-frações húmicas (C-AH), fúlvica (C-AF) e relação C-AH/AF, em dois solos cultivados com alface (*Lactuca sativa*, L.).

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletadas amostras de dois solos provenientes de dois ensaios conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O primeiro foi um Latossolo Vermelho sob mata nativa e o segundo, um Cambissolo sob campo nativo de cerrado, que foram analisados química e fisicamente (Tabela 1). Essas amostras foram analisadas no Laboratório de Estudo da Matéria Orgânica do Solo da UFLA.

TABELA 1 Características químicas e textura dos solos utilizados nos ensaios conduzidos em Lavras, MG, em condições naturais.

Características <sup>§</sup>	Cambissolo	Latossolo
pH em água	5,2	5,0
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6
P remanescente (mg L <sup>-1</sup> )	4,5	4,7
K (mg dm <sup>-3</sup> )	12,0	33,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,8	0,4
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,2
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5	1,3
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,2	9,8
SB <sup>#</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,0	0,7
t* (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	2,0
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,2	10,5
V <sup>¶</sup> (%)	24	7
m <sup>∇</sup> (%)	33	66
Corg <sup>Δ</sup> (mg g <sup>-1</sup> )	14,1	39,5
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,6
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	25	227
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	8,1	7,6
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	1,1
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,5
S-sulfato (mg dm <sup>-3</sup> )	4,9	8,0
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	130	190
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	280	120
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	590	690

<sup>§</sup> Embrapa, 1999; <sup>#</sup>SB = soma de bases; \*t = capacidade de troca de cátions efetiva; <sup>¶</sup>T = capacidade de troca de cátions potencial; <sup>¶</sup>V = saturação por bases; <sup>∇</sup>m = saturação por alumínio; <sup>Δ</sup>Corg = carbono orgânico do solo.

Os ensaios foram realizados em vasos plásticos, com 2,75 kg de solo, nos quais o calcário e os adubos foram misturados e incubados por 10 dias. A correção da acidez dos solos com calcário dolomítico foi efetuada para elevar a saturação por bases a 60%. Foram aplicados 56,4 g de calcário dolomítico para o Cambissolo e 211,4 g para o Latossolo Vermelho, em 70 kg de solo. Essas quantidades, foram equivalentes a 1,612 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico aplicadas no Cambissolo e 6,04 t ha<sup>-1</sup> no Latossolo Vermelho. A esses solos foram

adicionados dois tipos de adubos orgânicos, esterco de aves (EA) ou composto orgânico (composto) ou adubação mineral (AM) e 5 doses de MH (Tabela 2).

TABELA 2 Características dos adubos orgânicos e do condicionador de solo (MH) estudados.

Características <sup>§</sup>	Composto	EA*	MH <sup>Δ</sup>
pH em água	7,6	8,9	14,3
N-total (g kg <sup>-1</sup> )	12	25,8	4
P (g kg <sup>-1</sup> )	4,24	25,75	34,44
K (g kg <sup>-1</sup> )	6,81	22,28	37,12
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	25,48	102,5	1,66
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	3,02	6,12	0,26
S-sulfato (g kg <sup>-1</sup> )	5,23	5,23	7,5
B (mg kg <sup>-1</sup> )	106	35	-
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	43	68	0
Fe (g kg <sup>-1</sup> )	48,38	2,18	102,1
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	468	552	7,1
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	473	503	16,2
Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	6,16	16,58	-
CO (mg g <sup>-1</sup> )	128	94	59
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	-	-	1,23

<sup>§</sup> Embrapa (1999a); \*EA = esterco de aves; <sup>Δ</sup>MH = condicionador de solos.

A quantidade de adubos orgânicos (54,83 g de composto kg<sup>-1</sup> de solo e 24,19 g EA kg<sup>-1</sup> de solo, em cada solo) adicionada foi calculada visando suprir a quantidade da dose de nitrogênio recomendada (300 mg N kg<sup>-1</sup>) para ensaios de vaso, segundo Novais et al. (1991) considerando também o índice de conversão em solo do N orgânico (50%), conforme descrito na CFSEMG (1999). Essas quantidades de adubos orgânicos adicionadas são equivalentes à adição de 7,02 mg C-composto g<sup>-1</sup> de solo e de 2,27 mg C-EA g<sup>-1</sup> solo.

A adubação mineral consistiu da adição de fósforo (superfosfato simples, 300 mg P kg<sup>-1</sup>) previamente ao plantio. O nitrogênio (N-uréia, 300 mg N kg<sup>-1</sup>) e o potássio (fosfato de potássio monobásico, 300 mg K kg<sup>-1</sup>) foram fornecidos em quatro coberturas (a cada 7 dias). Os micronutrientes (0,5 mg de B kg<sup>-1</sup>, 5,0 mg

de Zn kg<sup>-1</sup>, 1,5 mg de Cu kg<sup>-1</sup>, 0,15 mg de Mo kg<sup>-1</sup>, respectivamente em forma de bórax, sulfato de zinco, sulfato de cobre e molibdato de amônio) foram fornecidos de uma só vez, adicionados após o pegamento das mudas, por meio de uma solução aplicada em cada vaso.

O condicionador de solos, constituído por material húmico (MH), de origem comercial, composto de 229 g L<sup>-1</sup> de extrato húmico total, sendo 113 g L<sup>-1</sup> de ácidos húmicos e 116 g L<sup>-1</sup> de ácidos fúlvicos, na forma líquida, foi adicionado aos solos em cobertura, em solução preparada para fornecer as doses equivalentes a 20, 40, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, foram fornecidas quantidades equivalentes a 0,0009, 0,0018, 0,0045 e 0,0091 mg de C g<sup>-1</sup> de solo.

Os experimentos foram implantados simultaneamente, um em cada uma das classes de solo, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3x2, sendo cinco doses de material húmico, três tipos de adubação (AM, composto ou EA) e dois modos de manejo da calagem (com e sem uso de calcário), em cinco repetições. O primeiro fator correspondeu à combinação de doses de MH (0, 20, 40, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>) e o segundo fator correspondeu às adubações: AM, composto e EA e o terceiro fator à adição ou não de calcário.

Nesses vasos, foi cultivada alface americana e, após a colheita, um total de cinco amostras simples de solo foi retirado de cada vaso, formando uma amostra composta, num total de 3 repetições de cada tratamento. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 65 mesh. Nessas amostras, foram realizadas análises para se descobrir o teor de CO, C-AH e C-AF em triplicata.

O teor de carbono orgânico foi determinado em amostras de 150 mg de solo pelo método proposto por Yeomans & Breemner (1988). Esse método se baseia no princípio da oxidação a quente pelo dicromato de potássio e a posterior titulação do dicromato remanescente com sulfato ferroso amoniacal.

A extração e o fracionamento quantitativo das substâncias húmicas foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Benites et al. (2003), pela qual a matéria orgânica do solo é fracionada em função da solubilidade diferenciada das substâncias húmicas nos meios alcalino e ácido. Portanto, foram determinados os teores de carbono total nas frações obtidas, ou seja, o C associado à fração ácido húmico (C-AH) e à fração ácido fúlvico (C-AF).

Essa extração foi realizada com solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> utilizando-se amostras de solo em quantidade suficiente para se obter um mínimo de 30 mg de carbono orgânico total. Dessa forma, foram pesados cerca de 860 mg do Latossolo e 2000 mg do Cambissolo. A extração foi realizada durante 24 horas, com o extrato em repouso. A separação da fração solúvel em álcali (AH + AF) extrato alcalino do resíduo foi feita por centrifugação a 3200 g por 45 minutos, seguida de duas lavagens do resíduo com a mesma solução. Os extratos foram adicionados aos materiais anteriormente reservados. O resíduo foi descartado, pois não era objetivo do trabalho a determinação do carbono na forma de humina. Em seguida, o extrato alcalino teve o pH ajustado para 1,0 ± 0,5 com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 20%, permanecendo, a seguir, em repouso por 18 horas até a decantação do precipitado formado. O precipitado, denominado de fração ácido húmico (AH), foi separado por filtração da fração solúvel, chamada de fração ácido fúlvico (AF), utilizando-se o sistema asséptico Sterifil, Millipore, com sistema de filtração de 47 mm de diâmetro e filtro de 0,45 µm. A AH foi rediluída em solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e teve o volume completado para 50 mL com a mesma solução. O volume da AF foi ajustado para 50 mL, utilizando-se água destilada. A determinação do C orgânico nas frações, C-AH e C-AF, foi realizada pelo mesmo método analítico utilizado para carbono orgânico total, porém, utilizou-se o volume de 5 mL de solução do extrato obtido no

fracionamento. Foram calculadas as relações entre as frações ácido húmico e fúlvico (C-AH/AF).

Os resultados obtidos nos dois ensaios foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste de F e os efeitos entre as interações adubo, calagem e doses de material húmico, quando significativos, foram comparados pelo teste de Scott Knott.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Cambissolo, houve interação significativa entre tipo de adubação versus calagem (Tabela 3) somente para CO, enquanto que, no Latossolo, essa interação ocorreu para todas as características avaliadas.

TABELA 3 Resumo da análise de variância das características: carbono orgânico (CO), carbono nas frações ácido húmico (C-AH) e fúlvico (C-AF) e relação húmico/fúlvico (C-AH/AF) em função das adubações, calagem e doses de material húmico no primeiro ensaio (Cambissolo) e no segundo (Latossolo).

-----Cambissolo-----					
Fator de variação	G.L. <sup>#</sup>	Quadrados médios			
		CO <sup>§</sup>	C-AF <sup>Δ</sup>	C-AH <sup>Π</sup>	C-AH/AF
Adubação	2	1,681*	0,274*	3,022*	0,851*
Calagem	1	0,051	0,041	0,268*	0,089*
Dose MH	4	0,243*	0,226*	0,377*	0,075*
AxC	2	1,049*	0,034	0,005	0,004
AxD	8	0,256*	0,105	0,138*	0,049*
CxD	4	0,263*	0,094	0,246*	0,024*
AxCxD	8	0,165*	0,354*	0,545*	0,090*
Erro	60	0,030	0,065	0,019	0,004
C.V. (%) <sup>∇</sup>		12,36	11,86	16,21	17,53

  

-----Latossolo-----					
Fator de variação	G.L.	Quadrados médios			
		CO	C-AF	C-AH	C-AH/AF
Adubação	2	0,089*	94,863*	25,480*	0,249*
Calagem	1	0,398*	6,448*	0,631*	0,104*
Dose MH	4	0,024	3,839*	1,883*	0,004
AxC	2	0,153*	68,787*	26,585*	0,065*
AxD	8	0,052	5,203*	2,127*	0,014*
CxD	4	0,180*	0,983*	0,644*	0,001
AxCxD	8	0,264*	0,764*	0,489*	0,003
Erro	60	0,025	0,065	0,054*	0,004
C.V. (%)		4,20	7,46	5,42	10,25

\* = significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; A = adubação, C = calagem e D = doses de material húmico (MH); <sup>#</sup>G.L. = graus de liberdade; <sup>§</sup>CO = carbono orgânico; <sup>Δ</sup>C-AF = carbono na fração ácido fúlvico; <sup>Π</sup>C-AH = carbono na fração ácido húmico; <sup>∇</sup>C.V. = coeficiente de variação.

As interações triplas, entre tipo de adubação, calagem e doses de MH não foram consideradas em virtude da pequena quantidade de C adicionada nos ensaios oriundos do MH. Isso se deve ao fato de que a maior dose (200 L ha<sup>-1</sup>)

forneceu apenas 0,0091 mg C g<sup>-1</sup> solo, enquanto que o teor de C-orgânico contido nos solos (14,1 e 39,5 mg C g<sup>-1</sup> solo, para o Cambissolo e Latossolo, respectivamente, Tabela 1) e a quantidade de C adicionada aos adubos orgânicos (7,02 mg C-composto g<sup>-1</sup> solo e 2,27 mg C-EA g<sup>-1</sup> solo) são cerca de 1000 a 10.000 vezes maiores que os adicionados pelas doses de MH. Portanto, as doses de MH não influenciaram os resultados e a significância do fator doses de MH se deve a outros fatores não controláveis, como, por exemplo, resíduos das raízes que se decompueram durante o cultivo da alface.

### **3.1 Ensaio conduzido no Cambissolo**

Analisando-se os dados de teor de CO no desdobramento tipo de adubação versus calagem, na ausência de calagem, observa-se que o composto foi o tratamento que resultou nas maiores médias de CO (Tabela 4). O composto orgânico apresenta uma maior relação C/N (128/12, g g<sup>-1</sup>) em relação ao esterco de aves (94/25,8 g g<sup>-1</sup>), logo sua participação gera um maior teor de CO (7,02 mg C g<sup>-1</sup> solo) em relação ao esterco de aves (2,27 mg C g<sup>-1</sup> solo), pois, ele foi adicionado em maior quantidade ao solo para fornecer a mesma quantidade de nitrogênio (300 mg N kg<sup>-1</sup> solo) para a cultura (obedecendo o índice de conversão proposto pela CFSEMG, 1999). No entanto, sob a influência da calagem, a adubação com EA resultou em teores de CO maior que o do composto orgânico, ficando os teores mais baixos com os tratamentos submetidos à adubação mineral (Tabela 4).

TABELA 4 Valores médios de carbono orgânico (CO) sob efeito da interação tipo de adubação versus uso ou não da calagem em ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

	Composto	EA <sup>#</sup>	AM <sup>*</sup>
	C O (g kg <sup>-1</sup> de solo)		
Sem calagem	17,5Aa <sup>§</sup>	12,7Bb	12,7Ab
Calagem	14,7Bb	16,5Aa	10,2Bc

<sup>§</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott; <sup>#</sup>EA-esterco de aves; <sup>\*</sup>AM-adubação mineral.

Com a calagem, os tratamentos composto e AM tiveram seus teores de C no solo diminuídos, provavelmente, por causa da dispersão causada pelo aumento de pH do solo e maior exposição da matéria orgânica à oxidação. O aumento do pH do solo causa dispersão devido à repulsão entre partículas causada pelo aumento da densidade de cargas negativas (Yu, 1997). Entretanto, o teor de C-orgânico do solo sob tratamento com EA aumentou, provavelmente, devido ao maior crescimento das plantas sob este tratamento, tendo o sistema radicular muito mais vigoroso. Em razão disso, conforme comentam Farias et al. (2005), o teor de C do solo pode ter aumentado pela influência da liberação do C via exsudado e decomposição de tecidos mortos de raízes durante o cultivo.

O estudo do tipo de adubação (Tabela 5) mostra que a adubação com composto orgânico proporcionou as maiores médias para os teores de C-AH e na relação C-AH/AF, seguido pela adubação com EA e adubação mineral, respectivamente. Os teores de C-AF não diferiram entre si nas adubações com EA e na AM, sendo esses superiores aos apresentados no tratamento com composto orgânico.

TABELA 5 Valores médios do carbono nas frações ácido húmico (C-AH), fúlvico (C-AF) e na relação carbono na fração ácido húmico/fúlvico (C-AH/AF), no estudo do tipo de adubação no ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

Adubação	C-AH	C-AF	C-AH/AF
	(mg de C g <sup>-1</sup> de solo)		
Composto	1,22A <sup>§</sup>	2,05B	0,59A
EA <sup>#</sup>	0,71B	2,17A	0,33B
AM <sup>*</sup>	0,63C	2,23A	0,28C

<sup>§</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fração húmica avaliada, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott; <sup>#</sup>EA-esterco de aves; <sup>\*</sup>AM-adubação mineral.

Como a relação C/N do composto (10,6) é maior que no EA (3,6), a velocidade de decomposição foi mais lenta e gerou, provavelmente, menor teor de ácido fúlvico por unidade de carbono adicionado, sendo mais recalcitrante que o EA.

Segundo Rivero et al. (1997), quantificar a matéria orgânica do solo é relativamente fácil, mas a avaliação de sua qualidade é mais complicada. A qualidade da matéria orgânica pode ser avaliada pela relação C-AH/C-AF. Ainda segundo os autores, o aumento dessa relação é indicativo de um aumento no C associado à fração húmica da matéria orgânica.

Com relação à calagem, a diferença na relação C-AH/AF se deve unicamente aos teores de C-AH (Tabelas 3 e 6). A calagem, apesar de aumentar a decomposição da matéria orgânica do solo, como nos estudos de Rangel-Castro et al. (2004), proporcionou um maior crescimento de raízes (dados não mostrados), que se decompueram e, provavelmente, foram responsáveis pelo aumento nos teores de C-AH. Segundo Staddon et al. (2003), a adição de calcário resulta numa ciclagem mais rápida do C no solo, sendo observados aumentos na respiração do solo e um decréscimo no carbono armazenado do solo.

TABELA 6 Valores médios do carbono na fração ácido húmico (C-AH) e da relação entre as frações ácido húmico/fúlvico (C-AH/AF) no estudo da calagem no ensaio conduzido no Cambissolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

	C-AH	C-AH/AF
	(mg de C g <sup>-1</sup> de solo)	
Sem calagem	0,80B <sup>§</sup>	0,37B
Calagem	0,91A	0,43A

§Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada fração húmica não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

### 3.2 Ensaio conduzido no Latossolo

No desdobramento de tipo de adubação versus calagem (Tabela 7), na ausência de calagem, o teor de CO foi semelhante em todos os tipos de adubo utilizados. Isso demonstra que o teor inicial de C no Latossolo é importante em estudos de C, já que os teores de CO foram elevados e não houve diferença entre os adubos aplicados. Com a calagem, em comparação aos tratamentos sem calagem, os teores de C dos solos sob tratamentos EA e AM foram reduzidos, enquanto que, sob composto, permaneceu o mesmo. Isso sugere que o C adicionado pela adubação com EA foi mais rapidamente degradado com o uso da calagem, resultando em quantidade igual à da AM. O teor elevado de nitrogênio nos ácidos fúlvicos e húmicos estudados por Reintam et al. (2000) levou a uma mineralização acelerada dos resíduos vegetais. Com um adubo orgânico mais recalcitrante, como o composto, o CO se manteve, porém, suas frações (C-AH e C-AH) se modificaram.

TABELA 7 Valores médios de carbono orgânico (CO), nas frações ácido húmico (C-AH) e fúlvico (C-AF) e na relação húmico/fúlvico (C-AH/AF) na interação tipo de adubação versus calagem em função das adubações, calagem e doses de material húmico no ensaio conduzido no Latossolo. Lavras, MG, UFLA, 2006.

	Composto	EA <sup>#</sup>	AM*
	(mg de C g <sup>-1</sup> de solo)		
	CO		
Sem calagem	38,5Aa <sup>§</sup>	38,8Aa	38,7Aa
Calagem	38,8Aa	36,6Bb	36,6Bb
	C-AH		
Sem calagem	2,31Ab	4,78Aa	2,03Bc
Calagem	2,08Bc	3,30Bb	4,25Aa
	C-AF		
Sem calagem	2,63Bc	7,51Aa	3,15Bb
Calagem	2,96Ac	5,13Bb	6,81Aa
	C-AH/AF		
Sem calagem	0,71Ba	0,64Ab	0,64Ab
Calagem	0,88Aa	0,63Ab	0,62Ab

<sup>§</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada fração húmica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

<sup>#</sup>EA-esterco de aves; \*AM-adubação mineral.

Enquanto os teores de CO foram semelhantes com e sem calagem no tratamento com composto, os teores de C-AH diminuíram quando se fez a calagem e, no sentido inverso, os teores C-AF aumentaram. Este comportamento se deve à dispersão causada pela calagem, fazendo com que parte do C-AH e do C-composto se degradasse contribuindo para aumentar a quantidade de C-AF.

Observando-se o tratamento com EA, constata-se que os teores de C em todas as formas (CO, C-AH e C-AF) foram mais elevados sem o uso da calagem. Isso sugere um efeito diferente do que ocorreu com o composto. Como a relação C/N do EA foi menor, sendo um material rico em N e a quantidade de C adicionada menor que no composto, a decomposição do adubo e a degradação

das moléculas orgânicas e, talvez, até mesmo do C original do solo, foram mais rápidas, resultando em teores menores de C no solo. Portanto, houve maior mineralização do C, porém, nutrindo a planta de forma mais adequada (dados não mostrados) que nos outros tratamentos.

Segundo Mendonça et al. (1991), o aumento dos teores de ácidos fúlvicos pode estar relacionado com a quebra das frações ácidos húmicos e humina. No presente ensaio, o CO da AM seguiu a mesma tendência do EA, entretanto suas frações tiveram comportamento inverso ao EA, de forma que o tratamento com calagem resultou em teores mais elevados de C-AH e C-AF que nos tratamentos com composto e EA. Isso sugere que a AM, por fornecer nutrientes, como N-uréia, que é totalmente disponível para os microrganismos, resultou em uma maior degradação da matéria orgânica, mas numa mineralização de C menor que no tratamento com EA.

A maior relação C-AH/AF foi observada na adubação com composto orgânico na presença e na ausência de calagem, tendo essa relação sido a mesma nos tratamentos com EA e AM. Segundo Rivero et al. (2004), ácidos fúlvicos (mais grupos alifáticos e ricos em ácidos carboxílicos, fenólicos e quinona) são mais solúveis e reativos que os ácidos húmicos (mais grupos aromáticos e insolúveis quando os grupos carboxilatos estão protonados a baixos valores de pH). Neste ensaio, essa relação indica que a qualidade da matéria orgânica do EA e AM é melhor que a do composto, de forma que o C-AF predomina sobre o C-AH.

Apesar do composto apresentar uma relação C-AH/AF maior, o que seria indicativo de pior qualidade da matéria orgânica, na verdade, indica apenas que o composto é mais difícil de decompor, de forma que, no manejo do solo ao longo do tempo, a adubação com composto pode significar em um maior aporte de C ao solo e uma melhoria em suas características, como retenção de água, aumento na CTC e melhora da estrutura do solo, enquanto o EA e a AM

fornece nutrientes às plantas mais rapidamente e promove uma maior degradação da matéria orgânica.

#### **4 CONCLUSÕES**

No Cambissolo, a calagem diminuiu o teor de C orgânico nas parcelas adubadas com fertilizante mineral e composto e aumentou o armazenamento de C no solo adubado com esterco de aves. Em relação à adubação mineral, o uso de adubo orgânico aumentou os teores de C-fração ácido húmico e a relação C-AH/C-AF.

No Latossolo, independente do tipo de adubação, a calagem contribuiu para armazenar no solo a mesma quantidade ou mais C do que a observada nas parcelas sem correção da acidez. Os efeitos da calagem e das fontes de nutrientes variaram em função da fração orgânica analisada ou das relações entre seus teores de carbono.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIACH, R.; CANET, F.; POMARES, F.; INGELMO. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludge during ten years. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 77, n. 2, 109-114, Apr. 2000.

ALLISON, F. E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1973.

BENITES, V. M.; MÁDARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 7 p. (Comunicado Técnico, 16).

BIONDI, F. A.; FIGHOLIA, A.; INDIATI, R.; IZZA, C. Effects of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism: a multidisciplinary approach. Note III: phosphorus dynamics and behavior of some plant enzymatic activities. In: SENESI, N.; MIANO, T. M. **Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health**. New York: Elsevier, 1994. p. 239-244.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Ed. SANTOS, A. G. e CAMARGO, G. de A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 27-37.

CHEN, Y.; DE NOBILI, M.; AVIAD, T. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Ed.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London, 2004. p. 103-129.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 5º aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, R. J.). **Manual de análises químicas de solos**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370 p.

FARIAS, E. P.; ZONTA, E.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Aporte de carbono solúvel pelo sistema radicular de arroz e sua influência nos teores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 875-882, nov. /dez. 2005.

KONONOVA, M. M. **Matéria orgánica del suelo**: su naturaleza propiedades y metodos de investigación. Barcelona: Oikos-Tau, 1982. 365 p.

MCCARTY, G. W.; MEISINGER, J. J. Effects of N fertilizer treatment on biologically active N pools in soil under plow and no tillage. **Soil and Fertility of Soils**, New York, v. 24, n. 4, p. 406-412, May 1997.

MENDONÇA, E. S.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M. Organic matter and chemical characteristics of aggregates from a Red-Yellow Latosol under natural forest, rubber plant, and grass in Brazil. In: WILSON, W. S. (Ed.). **Advances in soil organic matter research**: the impact on agriculture and the environment. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1991. p. 185-195.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCK, M. F. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 411-416, Sept. 1993.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. E. L.; BARROS, N. F. Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. 1991. p. 195-195.

NOVOTNY, E. H.; MARTIN-NETO, L. Propriedades coloidais da matéria orgânica. In: SANTOS, A. G.; CAMARGO, G. de A. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 41-63.

RANGEL-CASTRO, J. I.; PROSSER, J. I.; SCRIMGEOUR, C. M.; SMITH, P.; OSTLE, N.; INESON, P.; MEHARG, A.; KILLHAM, K. Carbon flow in an upland grassland: effect of liming on the flux of recently photosynthesized carbon to rhizosphere soil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 2100-2108, Dec. 2004.

REINTAM, L.; KANN, J.; KAILAS, T.; KÄHRIK, R. Elemental composition of humic and fulvic acids in the Epipedon of some Estonian soils. **Proceedings of the Estonian Academy of Scientific Chemistry**, Tartu, v. 49, p. 131-144, 2000.

RIVERO, C.; CHIRENJE, T.; MA, L. Q.; MARTINEZ, G. Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 3/4, p. 355-361, Dec. 2004.

RIVERO, C.; PAOLINI, J.; SENESI, N.; D'ORAZIO, V. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos de crotalaria juncea sobre la calidad de la materia orgánica de un suelo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 23, n. 1, p. 77-93, jun. 1997.

SEITER, S.; HORWATH, W. R. Strategies for managing soil organic matter to supply plant nutrients. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Ed.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London, 2004. p. 269-293.

STADDON, P. L.; OSTLE, N.; DAWSON, L. A.; FITTER, A. H. The speed of soil carbon throughput in an upland grassland is increased by liming. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 386, p. 1461-1469, May 2003.

WANDER, M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Ed.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London, 2004. p. 67-102.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

YU, T. R. **Chemistry of variable charge soils**. Oxford: Oxford University Press, 1997. 504 p.