

Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais.

Conversion of organic matter into humic substances after composting of remains plants

SILVA, Francisca Alcivania de Melo¹; GUERRERO LOPEZ, Francisca²; VILLAS BOAS, Roberto Lyra³; SILVA, Reginaldo Barboza da⁴

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus Experimental de Registro, Registro/SP, Brasil, alcivania@registro.unesp.br; ² GUERRERO LOPEZ, Francisca. Universidad Politécnica de Madrid – ETSI Agrónomos, Madrid, Espanha, francisca.guerrero@upm.es; ³ Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo – FCA-UNESP – Botucatu/SP, Brasil, rlvboas@fca.unesp.br; ⁴ SILVA, Reginaldo Barboza da. Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus Experimental de Registro, Registro/SP, Brasil.

RESUMO: Vários fatores controlam a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes por resíduos orgânicos. Dentre esses fatores, destacam-se o grau de humificação e a natureza química dos resíduos. Os objetivos desse estudo foram caracterizar as frações orgânicas, proporções de substâncias húmicas, teores de carbono orgânico total, bem como avaliar o grau de humificação, em resíduos orgânicos de origens e composição distintas. Analisaram-se o carbono orgânico total (COT) e as frações de COT: C-fração ácido húmico (C-AH) e C-fração ácido fúlvico (C-AF), através das quais foi calculado o grau de polimerização (GP). A maturação de todos os compostos avaliados foi confirmada pela redução dos teores de carbono orgânico total, redução da fração C-AF, aumentos na fração C-AH e aumento do grau de polimerização. Durante o processo de compostagem ocorreram modificações na distribuição das frações húmicas, ocorrendo aumento das substâncias húmicas, em relação às fúlvicas para todos os compostos avaliados. A predominância de ácidos húmicos sobre os fúlvicos no final da compostagem é um indicativo de humificação adequada dos resíduos avaliados. A composição das matérias primas tem influência na velocidade e intensidade das transformações das frações da matéria orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Matéria orgânica; substâncias húmicas; compostagem; resíduos vegetais.

ABSTRACT: Several factors control the speed of decomposition and the liberation of nutritious ones for organic residues. Among these factors, they detach the degree of humification and the chemical nature of the residues. The objectives of this study characterized the organic fractions, proportions of humic substances, tenors of total organic carbon (TOC), as well as they valued the degree of humification, in organic residues of origins and different composition. There was analysed the total organic carbon (TOC) and the fractions of COT: C- humic acid fraction (C-AH) and C-fraction fúlvic acid (C-FA), through which (GP) was calculated the polymerization degree. The maturing of all the evaluated compounds was confirmed by the reduction of the tenors of total organic carbon, reduction of the fraction C-FA, increases in the fraction C-HA and increase of the polymerization. During the process of composting modifications place in the humic fractions distribution, when increase of the substances is taking place humic, regarding the fúlvic for all the evaluated compounds. The predominance of humic acids on the fulvic acids in the end of the compostagem is an indicative of humification adapted of the evaluated residues. The composition from the raw materials has influence in the speed and intensity of the transformations of the fractions of the organic matter.

KEY WORDS: Organic matter, humic substances, composting, vegetal residues.

Correspondências para: alcivania@registro.unesp.br
Aceito para publicação em 08/12/2008

Introdução

O aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de carbono e nutrientes. Isso gera aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica dessa utilização (MORAL, 2005).

A compostagem é o processo de decomposição da matéria orgânica que gera um composto rico em substâncias húmicas. Este composto melhora as condições físicas e químicas do solo. Desta forma, a compostagem apresenta-se como forma eficiente para o tratamento e aproveitamento de resíduos orgânicos na agricultura (KIEHL, 2002).

O processo de compostagem consiste, de modo simplificado, em 3 etapas:

1. uma breve fase inicial onde microorganismos mesófilos atuam;
2. uma fase intermediária onde atuam microorganismos termófilos;
3. uma fase de maturação, onde ocorrem os principais processos de humificação (BRANCO *et al.* 2005). É fundamental que se acompanhe o processo de humificação, identificando o período a partir do qual o composto pode ser considerado humificado, pois de outra forma, se aplicado "imaturado" ao solo, pode ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas (FIALHO *et al.* 2005).

O termo húmus é definido como o conjunto de substâncias orgânicas do solo, excetuando-se os tecidos biológicos não degradados, seus produtos de decomposição e a biomassa total do solo. Há quatro caminhos distintos propostos para a síntese de substâncias húmicas no ambiente, os quais podem também ocorrer na formação de SH durante a compostagem: a) amino compostos de síntese microbiana reagem com ligninas modificadas; b) polifenóis oxidados a quinonas reagem com amino compostos; c) reação de açúcares redutores com amino compostos e d)

polimerização de melaninas produzidas por fungos e por actinomicetos do solo. No último mecanismo, estruturas orgânicas simples são transformadas em material condensado de cor escura, com teores de nitrogênio relativamente altos (BUDZIAK, MAIA & MANGRICH, 2004). Os ácidos húmicos (HA), fúlvicos (AF) e demais componentes do húmus são formados pela ação de microorganismos especializados que transformam os restos orgânicos em material humificado. O húmus possui propriedades físico-químicas inteiramente diferentes do material vegetal ou animal original.

O grau de humificação tem sido usado como referência para saber se e quando um processo de compostagem foi completado, ou seja, o material está maduro (BERNAL *et al.* 1996).

Na literatura há trabalhos que relacionam o grau de maturação de um composto com as características dos compostos húmicos presentes, associando esse parâmetro ao grau de polimerização. Tem sido usado como índice de maturação a relação carbono dos ácidos fúlvicos/carbono dos ácidos húmicos (C-AH/C-AF) (RIFFALDI *et al.* 1992).

A maturação incompleta do material orgânico pode resultar em quantidades desproporcionais das frações de baixo peso molecular, a fração ácidos fúlvicos. No início do processo de maturação, a fração ácidos fúlvicos é elevada, por ser a primeira a ser sintetizada (TOMATI *et al.*, 2002). O Grau de polimerização (GP), ou humificação (IH), expresso pela relação $GP = C-AH/C-AF$ para composto bem humificados, deve apresentar valores maiores que 1,5 (JODICE, 1989).

A compreensão da química do processo de compostagem pode contribuir para definir parâmetros químicos que expressem a qualidade agro-ambiental do composto obtido. Assim, este estudo teve por objetivo caracterizar as frações orgânicas, proporções de substâncias húmicas e teores de carbono orgânico total, bem como

Transformação da matéria orgânica em

avaliar o grau de humificação, em resíduos orgânicos de origens e composição distintas no decorrer do processo de compostagem.

Material e métodos

Caracterização dos materiais utilizados na compostagem

Foram utilizados resíduos originados da extração de princípios ativos de plantas medicinais fornecidos pela Centroflora (Anidro do Brasil). Resíduos: 1. Unha-de-gato (*Uncaria tomentosa*); 2. Cascara Sagrada (*Rhamnus Purshianus*) e 3. Ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*).

A caracterização físico-química dos materiais a serem compostados encontra-se na Tabela 1.

Combinções das pilhas de compostagem (Tratamentos):

(C1) Resíduos de unha de gato + esterco bovino;

(C2) Resíduos de cascara sagrada + esterco bovino;

(C3) Resíduos de Ipê Roxo + esterco bovino;

(C4) Mistura de todos os materiais + esterco bovino;

Aos 0, 15, 30, 60, e 90 e 120 dias de maturação do composto foram coletadas amostras para fracionamento da matéria orgânica. A composição dos compostos ao final do processo de compostagem encontra-se na tabela 2.

Tabela 1. Caracterização dos materiais utilizados para compostagem.

	Esterco	Unha de Gato	Cáscara Sagrada	Ipê Roxo
pH	4,9	5,2	5,4	5,1
CE (dSm.m ⁻¹)	6,5	2,6	2,8	2,1
Umidade (%)	50,0	10,0	40,0	12,0
Relação C/N	13/1	154/1	42/1	56/1
Celulose (%)	-	35,3	52,2	28,0
Lignina (%)	-	55,8	37,9	53,1
	----- g.kg ⁻¹ -----			
N (total) ¹	23,5	3,9	11,9	9,21
Mat.Orgânica (total)	532,4	940,0	900,0	930,0
Carbono (total) ¹	295,8	522,2	500,0	516,7

¹ Determinado de acordo LANARV (1988).

Produção do composto

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas "Campus" UNESP-Botucatu-SP-Brasil.

As pilhas de compostagem foram construídas em formato trapezoidal, sendo seu manejo realizado através de reposição da umidade e reviramentos semanais. A evolução do processo de compostagem foi avaliada através de medidas de temperatura, umidade, pH e relação C/N.

Para a construção de cada pilha, foi adicionado esterco bovino na proporção que equilibrasse a relação C/N em 30/1.

Fracionamento da matéria orgânica - Extração de compostos húmicos

Foram feitas no Departamento de Edafologia da Universidade Politécnica de Madrid - Espanha.

Utilizou-se o método de extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas proposto por DABIN (1971), através do qual a matéria orgânica do solo é fracionada em função da solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meios alcalino e ácido, determinando-se os teores de carbono total nas frações obtidas, ou seja, o C associado à humina (C-HU), a fração ácido húmico (C-AH) e a fração ácido fúlvico (C-AF). A extração foi feita

pesando-se 3g do material em tubos de centrífuga, adicionando-se 100ml de Na₄P₂O₇ (0,1 mol L⁻¹) e agitando por 1 hora, descansando-se por 12 horas, seguido por centrifugação por 10min a 3500rpm. Foram adicionados então 100ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹, seguidos de agitação e centrifuga como descrito anteriormente. O sobrenadante foi coletado e o processo repetido até o ponto em que o extrato tornava-se transparente. O extrato alcalino coletado continha a fração ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF) e teve seu pH aferido para 2,0 com solução de H₂SO₄ (20%). Essa solução foi transferida para outro tubo de centrífuga, ficando em repouso por 12 horas, sendo centrifugada e o sobrenadante contendo AF transferido para balão de 50ml. O precipitado retido no tubo (fração AH) foi rediluído com solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹. A determinação quantitativa de C nos extratos AH e AF foi determinada com dicromato de potássio em meio sulfúrico. O carbono orgânico total foi determinado conforme metodologia proposta por Tedesco *et al.* (1995).

A partir da quantificação dos ácidos húmicos e fúlvicos, foi calculado o grau de polimerização (GP), através da expressão:

$$\text{Grau de polimerização : GP} = \text{C-AH/C-AF.}$$

As amostras foram analisadas em quadruplicata e os dados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) em nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

Resultados e discussão

O fracionamento de matéria orgânica foi utilizado neste estudo para avaliar a velocidade de humificação dos materiais compostados. Os resultados foram mostrados em tabelas por não haver ajuste de equações de regressão.

Para os compostos C1, C3 e C4 a maior parte do COT foi mineralizada nos primeiros 30 dias do processo de compostagem (Tabela 3). Estes resultados reforçam que na compostagem, o carbono orgânico serve de fonte de energia para os microrganismos, resultando a liberação de

Tabela 2. Caracterização dos compostos orgânicos produzidos (teores totais).

	C 1*	C 2*	C 3*	C 4*
pH	7,11	7,59	7,82	7,51
CE (dS _{cm} ⁻¹)	6,51	6,55	6,57	6,92
Relação C/N	12/1	11/1	9/1	13/1
	----- g kg ⁻¹ -----			
N (total)	11,9	19,3	25,2	21,5
P ₂ O ₅	44,8	47,9	41,1	37,7
K ₂ O	13,1	12,6	11,2	11,0
C (total)	222,5	224,3	226,2	287,5
MO (total)	400,5	403,8	406,8	517,6
Cálcio	29,3	35,8	27,4	13,2
Magnésio	11,49	15,0	14,2	13,6

*C1- Composto produzido a partir de esterco + resíduos de unha de gato;
 C2- Composto produzido a partir de esterco + resíduos de casca de sacaca;
 C3- Composto produzido a partir de esterco + ipê roxo;
 C4- Composto produzido a partir de esterco + mistura de resíduos de unha de gato, casca de sacaca, e ipê roxo, respectivamente.

Transformação da matéria orgânica em

CO₂, vapor de água e calor. De acordo com KIEHL (1985), rápidas alterações na matéria orgânica nos primeiros 40 dias de compostagem, chamada fase biooxidativa (fase de maior atividade microbiana). De modo geral, para todos os compostos, a redução do COT foi mais expressiva no início da compostagem, decrescendo ao final do processo devido à mineralização da matéria orgânica. Resultados semelhantes foram encontrados por GRIGATTI *et al.*, (2004) na compostagem de diferentes resíduos orgânicos.

relação C/N mostrou redução significativa ao longo dos 120 dias de compostagem, refletindo um bom grau de maturação. JIMENEZ e GARCIA (1989) citam que, devido às diferenças na composição do material compostado, não se pode assegurar que uma relação C/N entre 20 e 10/1 indique um composto bioestabilizado. Para esse autor, a melhor maneira de se utilizar o parâmetro C/N é fazer uma relação entre o C/N final e o C/N inicial. Uma relação C/N final / C/N inicial menor que 0,70 para um composto com

Tabela 3. Evolução do carbono orgânico total (COT), nitrogênio e relação C/N para 4 materiais compostados ao longo de 120 dias.

TRAT	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
COT (dag kg ⁻¹)					
C1	48,2 aA	33,5 bA	25,2 cC	23,2 cB	21,2 cB
C2	37,1 aA	31,6 bA	31,5 bB	15,1 cC	15,1 cC
C3	41,3 aA	28,4 bB	20,5 bC	15,1 cC	15,4 cC
C4	42,2 Aa	32,2 bA	34,4 bA	30,8 bA	28,8 cA
Médias	40,7	30,9	27,9	20,9	19,5
N (dag kg ⁻¹)					
C1	1,3 aA	2,0 aA	1,4 bB	1,6 aC	1,7 bC
C2	1,2 aA	1,6 bB	1,9 aA	1,8 aC	1,9 aB
C3	1,2 aA	1,8 cC	2,0 bA	2,7 aA	2,5 aA
C4	1,4 aA	1,6 bB	2,0 aA	2,1 aB	2,1 aB
Médias	1,2	1,6	1,8	2,0	1,9
Relação C/N					
C1	38/1 aA	20/1 bA	14/1 cB	13/1 cA	12/1 cA
C2	33/1 aA	20/1 bA	13/1 cC	13/1 cA	11/1 cA
C3	38/1 aA	20/1 bA	11/1 cC	9/1 cB	9/1 cB
C4	30/1 aA	23/1 bA	23/1 bA	15/1 cA	13/1 cA
Médias	31/1	21/1	15/1	13/1	12/1

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao final do processo (120 dias) o composto C4 apresentou os maiores valores de COT, o que indica que a diversidade da composição dos materiais constituintes da pilha tem influência na velocidade de degradação do material.

Os teores de N (Tabela 3) aumentaram ao longo do tempo para os compostos, destacando-se o composto C3, que apresentou os maiores valores ao final do processo. Por conseguinte, a

mais de 120 dias é uma medida de degradação satisfatória. Nesse caso, todos os compostos avaliados apresentaram-se bioestabilizados, fato que não assegura humificação.

Analisando-se a tabela 4, observa-se que no início da compostagem (tempo 0), houve predomínio das substâncias fúlvicas sobre as húmicas, que se inverte, na maioria dos casos ao

final do processo. A fração C-AF mostrou uma redução contínua em todas as fases do processo de compostagem (tabela 4). Esta redução significativa pode ser explicada pela natureza dos ácidos fúlvicos que contém compostos facilmente degradáveis como polissacarídeos, os primeiros compostos a sofrer ataque microbiano. Os resultados semelhantes foram encontrados por Sellami et al. (2008) avaliando parâmetros de maturação de resíduos moinhos de azeitona compostados. A redução na fração C-AF, ao longo do tempo de compostagem indica que durante o processo há uma transformação de substâncias, gerando estruturas mais complexas e polimerizadas correspondentes as substâncias húmicas (C-AH), fenômeno desejado em processos de compostagem bem conduzidos (GARCIA-GOMEZ *et al*, 2005).

Os incrementos observados na fração ácido húmico (C-AH) nos diferentes compostos estudados (C1, C2, C3 e C4) são reflexos da degradação de compostos como lignina, celulose e proteínas e implicam em aumentos na complexidade das estruturas formadoras dos ácidos húmicos e, portanto no aumento no grau de estabilização da matéria orgânica. O menor incremento na fração C-AH nos 30 primeiros dias foi observado no composto C4. Esse comportamento leva à constatação de que aumentando-se a diversidade de materiais na composição da pilha de compostagem, as taxas de mineralização podem ser reduzidas.

O grau de polimerização (Tabela 4) expresso pela relação (GP=C-AH/C-AF) aumentou no decorrer do tempo de compostagem para todas as misturas (C1, C2, C3 e C4), refletindo em

Tabela 4. Carbono nos ácidos húmicos (C-AH) e fúlvicos (C-AF) e graus de humificação (GP) para 4 materiais compostados ao longo de 120 dias.

TRAT	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
C - AH (g kg ⁻¹)					
C1	2,5 bB	3,1 bB	2,8 bB	3,2 bB	5,2 aA
C2	3,2 bA	4,4 aA	3,1 bB	5,4 aA	4,1 aA
C3	3,1 bA	4,2 aA	3,3 bB	4,7 aA	4,0 aA
C4	2,0 bB	2,2 bC	4,6 aA	2,1 bB	4,0 aA
Médias	2,7	3,4	3,4	3,8	4,3
C - AF (g kg ⁻¹)					
C1	2,0 bB	2,3 bB	4,2 aA	2,4 bB	3,2 bA
C2	3,2 aB	3,2 aA	3,2 aB	2,6 aB	2,1 aA
C3	4,1 aA	2,1 bB	2,4 bB	3,3 bA	1,0 bB
C4	2,3 bB	3,1 aA	2,6 bB	3,4 aA	1,0 cB
Médias	2,9	2,7	3,1	2,9	1,8
GP					
C1	1,3 aA	1,3 aA	0,7 bC	1,3 aB	1,6 aB
C2	1,0 bA	1,4 bA	1,0 bB	2,1 aA	2,0 aB
C3	0,8 cA	2,0 bB	1,4 bB	1,4 bB	4,0 aA
C4	0,9 cA	0,7 cB	1,8 bA	0,6 cC	4,0 aA
Médias	1,0	1,4	1,2	1,4	2,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Transformação da matéria orgânica em

aumento da proporção de ácidos húmicos e o decréscimo de componentes não húmicos, incluindo a fração AF. O aumento na proporção CHA/CFA, também conhecida como “o grau da polimerização”, refletiu a formação de moléculas complexas (C-AH) e de moléculas mais simples (C-AF) e uma diminuição nos componentes não húmicos da fração C-AF, que são o mais facilmente degradados por microrganismos. O grau da polimerização aumentou ao longo do tempo para todos os compostos orgânicos avaliados, sendo que os maiores valores foram detectados nos compostos C3 e C4 (4,0). Contudo, os valores médios são diferentes para cada mistura, indicando que a composição dos materiais utilizados na compostagem influencia de maneira significativa a capacidade e a velocidade de polimerização desses materiais em substâncias húmicas. GARCIA GÓMEZ *et al.*, (2005) estudando a evolução das frações da matéria orgânica na compostagem encontraram valores de GP que variaram entre 0,5 e 2,0, sendo esses valores significativamente diferentes entre os compostos avaliados. Bernal *et al.*, (1996) afirmam que as quantidades nas várias frações depende da origem e composição do material compostado. Assim, não pode ser estabelecido um valor universal para descrever e prever o grau de maturação de compostos de composição distinta.

Pesquisas têm demonstrado que a fração AH e o GP geralmente aumentam durante a compostagem, evidenciando a humificação da matéria orgânica (ROLETTO *et al.*, 1985). No entanto, nesse estudo, os aumentos foram mais bem observados apenas no final do processo, o que segundo Chefetz *et al.*, (1998) pode ser devido a pouca especificidade da maioria das técnicas de extração de substâncias húmicas, que em geral, podem quantificar outros compostos como proteínas, carboidratos e até lipídeos.

Através da comparação dos valores obtidos no presente estudo com os índices propostos por

JODICE (1989) (GP>1,5) para compostos maduros, constatou-se que todos compostos avaliados estavam humificados ao longo de 120 dias.

Conclusões

A maturação de todos os compostos avaliados foi confirmada pela redução dos teores de carbono orgânico total, redução da fração C-AF, aumentos na fração C-AH e aumento do grau de polimerização.

Durante o processo de compostagem ocorreram modificações na distribuição das frações húmicas, ocorrendo aumento das substâncias húmicas, em relação às fúlvicas para todos os compostos avaliados. A predominância de ácidos húmicos sobre os fúlvicos no final da compostagem é um indicativo de humificação adequada dos resíduos avaliados.

A composição das matérias primas tem influência na velocidade e intensidade das transformações das frações da matéria orgânica.

Referências bibliográficas

- BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ARRIGO, N.; PALMA, R.M. Chemical and microbiological parameters for the characterisation of the stability and maturity of pruning waste compost. **Biology and Fertility Soils**, v.37, p.184-189, 2003.
- BERNAL, M.P.; NAVARRO, A.F.; ROIG, A. CEGARRA, J.; GARCIA, DE. Carbon and nitrogen transformations during composting of sweet sorghum bagasse. **Biology and Fertility Soils**, v.22, p.141-148, 1996.
- BLACK, C.A. (Ed). **Methods of soils Analysis**. Part II chemical and Microbiological Properties. 1965. Society of American (SSSA), Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA. (Black C.A. ed.)
- BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F. MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Quím. Nova** [online]. 2004, vol. 27, no. 32008-11-09], pp. 399-403.
- CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia microbiana do solo.

- In: CARDOSO, E.J.B.N; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.360p.
- Chefetz, B.; Chen, Y.; Hadar, Y.. Water-extractable components released during composting of municipal solid waste. **Acta Horticultural** (ISHS) 469:111-118,1998.
- DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. **Cahiers de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer**, Série Pédologie, Paris, v.16, n.3/4, p.197-215, 1976.
- DEIANA, S; GESSA, C; MANNUZA, B; RAUSA, R; SEEGER, R. Analytical and spectroscopic characterization of humic acids extracted from sewage sludge, manure and worm compost. **Soil Science**, 150.419-424, 1990.
- DIAS, B. O. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto. In: ____ Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto. 2005. Cap. 2, p. 19-47. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2005.
- Ferreira, D. F. Programa Sisvar. exe. **Sistema de Análise de Variância**. Versão 3.04, 2003.
- FIALHO, L. L. ; SILVA, W. T. L. ; SIMOES, M. L. ; MILORI, D. M. P. ; MARTIN NETO, L. . Monitoramento do processo de compostagem por Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) e relação C/N. In: 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2006, Águas de Lindóia. .99.
- GarCIA-GOMEZ, A.; BERNAL. M.P.; ROIG, A. Organic matter fractions involved in degradation and humification processes during composting. **Compost Science e Utilization**, 13,127-135, 2005.
- Grigatti M., Ciavatta C.; Gessa C. Evolution of organic matter from sewage sludge and yard trimming during composting. **Bioresource Technology**, 91:163-169. 2004.
- JIMENEZ, E.I; GARCIA,V.P. (1989). Evaluation of City Refuse Compost Maturity: A Review. **Biological Wastes**, n.º 27, pp. 115-142.
- JODICE, R. Parametri chimici e biologici per la valutazione della qualità del compost. In: Proceedings of the COMPOST Production and Use International Symposium, S.Michelle all'Adige, 20- 23 June: 363-384.1989.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.
- LANARV. **Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes - métodos oficiais**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Ministério de Agricultura, 1988. 104p.
- MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M.D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B. & PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Biores. Technol.**, 96:153-158, 2005.
- Riffaldi R, Levi-Minzi R, Saviozzi A, Capurro M. Evaluating garbage compost. **Biocycle** 33, 66-69,1992.
- Roletto, E.;Cerruti, M.; Barberis, R.. Investigation on Humic Substances from Decomposing Spruce Bark. **Agricultural Wastes**. 13:137-148. 1985.
- SELLAMI, F; HACHICHA, S; CHTOUROU, M.,. Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters **Bioresource Technology**. 99: 6900-6907.2008.
- TOMATI, U., BELARDINELLI, M., ANDREU, M., GALLI, E. Evaluation of Commercial Compost Quality. **Waste Management & Reserch**, v. 20, p. 389-397, 2002.