

Porcentagem de aproveitamento de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre de compostagens de cama de aviário e esterco⁽¹⁾

Alberto Amaral Gontijo⁽²⁾; Giovanna Bauer Valério⁽³⁾; Lílian Estrela Borges Baldotto⁽⁴⁾ Marihus Altoé Baldotto⁽⁴⁾

(1) Trabalho executado com recursos do CNPq, da Fapemig e Funarbe.

(2) Graduando em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa (UFV) Campus de Florestal (CAF); Florestal, Minas Gerais; www.caf.ufv.br alberto.gontijo@ufv.br; (3) Graduada em Gestão Ambiental; Universidade Federal de Viçosa (UFV) Campus de Florestal (CAF); Florestal, Minas Gerais; bauer.gv@gmail.com (4) Professor (a); UFV - CAF; Professora; UFV Campus Florestal; Florestal, Minas Gerais

RESUMO: A cama de aviário desponta com potencial para a produção de compostos orgânicos dentre os resíduos disponíveis atualmente no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química inicial e final da compostagem da cama de aviário combinada com proporções crescentes de esterco bovino. Foram determinados e relacionados os valores dos elementos Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Enxofre (S), iniciais e finais do processo de compostagem.

A combinação de cama de aviário com esterco não diminuiu o tempo de compostagem, mas resultou em compostos orgânicos enriquecidos em todos os nutrientes em relação aos materiais iniciais, revelando uma interação sinérgica entre os resíduos. Foi possível formar critérios, com base no conhecimento científico, para o planejamento de determinada composição de cama de aviário e de esterco na compostagem, visando o enriquecimento em nutrientes mais adequáveis a diferentes demandas nutricionais das culturas.

Termos de indexação: composto orgânico, nutrientes, fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

A compostagem é uma forma de preparo de fertilizantes orgânicos a partir de resíduos vegetais e/ou, animais por meio da sua decomposição e estabilização na forma de húmus, num processo genericamente denominado humificação (Stevenson, 1994; Piccolo, 2001; Baldotto et al., 2007; Kiehl, 2004, 2010). Na humificação, os resíduos macroscopicamente reconhecíveis são convertidos pelos microrganismos aeróbicos em um material escuro, estabilizado biológica, química e fisicamente, e o produto final é denominado composto orgânico. Tais estabilizações acontecem naturalmente no solo, contudo, com maior influência das variações dos fatores ambientais, que geralmente protelam a estabilização. A compostagem visa fornecer condições próximas às ótimas para a humificação dos resíduos orgânicos. Entre os fatores que mais influenciam a velocidade da compostagem estão, além da

composição inicial dos resíduos orgânicos, a aeração (oxigênio para a oxidação), a temperatura e a umidade. Embora se busquem as condições ótimas de compostagem, são necessárias, ainda, bases científicas, pois se trata de um processo ecológico complexo (Kiehl, 2004). A estabilização química indica que as substâncias presentes não estão mais reagindo entre si dentro do composto, apenas adquirindo tamanho, estrutura e conformação, ou seja, estabilidade física. Em termos práticos, a compostagem garante a mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes. Além disso, os compostos funcionam como bioestimulantes e condicionadores do solo, melhorando as propriedades do solo, tais como, a capacidade de retenção de águas e nutrientes, a agregação das partículas, a porosidade, a atividade biológica, o antagonismo a pragas e patógenos, dentre outros (Baldotto et al., 2007). É importante ressaltar que a decomposição dos resíduos orgânicos libera calor e, portanto, a aplicação de resíduos não humificados ("curtidos") junto ao sistema radicular das plantas é inadequada, podendo resultar em prejuízos por danos fisiológicos às mesmas. Assim, os resíduos orgânicos dificilmente podem ser usados como fertilizantes antes da devida compostagem. Adicionalmente aos efeitos potencialmente maléficos do uso de resíduos orgânicos não compostados, os materiais orgânicos provenientes de diversas atividades industriais e agropecuárias necessitam ser reciclados, agregando valor econômico e prevenindo perturbações ambientais advindas de seu acúmulo inconveniente. São, portanto, matérias primas de alto interesse para o processo de compostagem e desenvolvimento de novas tecnologias em fertilizantes (Kiehl, 2010). Dentre os resíduos orgânicos com potencial econômico para a compostagem, destaca-se a cama de aviário, que consiste de excreta (urina e fezes), penas, descamações de pele, restos de alimento e soluções aquosas dos comedouros e bebedouros, misturados às camadas de palhas usadas para forrar os galpões de avicultura (Castro et al., 2005; Leal et al., 2007). É um resíduo abundante, uma vez que a produção de frangos de corte produz em média 4 Toneladas de cama de aviário por ano, para cada 1.000 aves. Até o ano de 2004, a cama

de aviário era usada na alimentação de bovinos, quando entrou em vigor a Instrução Normativa (IN) nº 8 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que proibiu essa destinação. De forma complementar, a IN nº 41 do MAPA de 2009 trata das punições cabíveis. Com a proibição, inclusive de seu uso a lanço em pastagens, sem a devida carência, surge a necessidade econômica e ambiental de buscar um destino adequado para a cama de aviário. A produção de fertilizantes orgânicos desponta como opção tecnológica mais promissora, uma vez que agrega também maior valor econômico. Contudo, a despeito de existirem trabalhos evidenciando a potencialidade agrônoma da cama de aviário, é necessária a obtenção de bases científicas e não empíricas para o planejamento e uso adequado deste resíduo na produção de fertilizantes orgânicos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar concentrações iniciais e finais do processo da compostagem da cama de aviário combinada com proporções crescentes de esterco bovino.

MATERIAL E MÉTODOS

A compostagem dos resíduos orgânicos foi realizada por Baldotto et al. (2012) no Campus Florestal da Universidade Federal de Viçosa (CAF-UFV), no segundo semestre de 2011. Os resíduos orgânicos, esterco bovino e cama de aviário, foram obtidos no estábulo do CAF-UFV e na Granja Brasília, respectivamente, cujos manejos zootécnicos seguem as recomendações usuais da região mineira de Florestal-Pará de Minas.

A cama de aviário foi combinada com esterco bovino num arranjo experimental (2+4), no qual foram preparadas duas leiras de compostagem com 100 % de cada resíduo e, outras quatro leiras de compostagem combinando cama de aviário nas proporções de 87,5; 75,0; 62,5 e 50 % com esterco bovino nas proporções de 12,5; 25,0; 37,5 e 50 %, respectivamente. A montagem das leiras foi realizada por meio da combinação das proporções dos resíduos, de modo a serem obtidas leiras de 3/2 m de comprimento, 1 m³ de largura e 2/3 m de altura, totalizando o volume de 1 m³.

Os compostos foram manejados conforme as recomendações de Kiehl, (2004) que se constituíram, principalmente, do controle da aeração e da umidade, visando garantir as condições aeróbicas, remover o excesso de gás carbônico e uniformizar a massa em compostagem. Tais procedimentos foram obtidos pela irrigação e/ou, revolvimento das leiras de compostagem.

Foram determinados os valores de temperatura e de pH do centro da leira durante todo o processo de compostagem (Gontijo et al., 2012). Ao final do experimento, foi realizada a homogeneização de cada leira de compostagem

após sua estabilização e amostras do composto orgânico foram retiradas para a determinação da sua composição química, com repetição. Foram determinados o pH em água, o teor de carbono orgânico (Corg) pelo método Walkley & Black, os teores totais (em extrato ácido nítrico com perclórico) de N, pelo método Kjeldahl, de P, B por colorimetria, de K por fotometria de chama, de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, de S por turbidimetria, de Zn, Fe, Mn e Cu. Foi também calculada a relação entre os teores de Corg e de N (relação C/N). Determinou-se a média de cada tratamento, o erro padrão da média e o coeficiente de variação dos valores dos tratamentos. Os dados das características químicas dos compostos foram apresentados por Baldotto et al. (2012).

De posse dos resultados previamente apresentados por Baldotto et al. (2012) e por Gontijo et al. (2012), mostrados nas tabelas 1 e 2, foram estimadas os coeficientes de aproveitamento dos nutrientes C, N, P e S, pela compostagem dos resíduos cama de aviário e esterco bovino, isoladamente e combinados em proporções crescentes. Para esse cálculo, foi considerado o teor inicial do nutriente em cada tratamento, cama e esterco, conforme a tabela 1 e o teor do nutriente ao final da compostagem, de cada composto gerado por cada um dos tratamentos combinando os resíduos que aparece na tabela 2. Para estimar a porcentagem de aproveitamento (PA), foi preparada a seguinte equação:

$$PA = (\text{Teor inicial} - \text{Teor final}) \times 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação (C/N) do material afetam diretamente as condições ideais de degradação dos resíduos orgânicos por estar intimamente ligado ao fato de que a fauna microbiota necessita de tal equilíbrio para realizar sua síntese proteica com maior eficiência (Sharma et al., 1997). Segundo Zucconi; Lopez-Real, (1994); Kiehl, (2004), a relação C/N ideal está entre 25/1 e 35/1 onde, durante a decomposição, os microrganismos irão absorver C e N do composto orgânico, cuja relação esperada é 30/1, sendo que, de 30 partes do carbono assimilado, 20 se perderão na atmosfera em forma de gás carbônico, e somente 10 serão imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular (Kiehl, 2004).

O presente trabalho atende tal requisito no que respeita a relação C/N 18/1 do composto, no entanto, os resultados mostram baixa decomposição da cama pura, possivelmente devido ao material utilizado na confecção da cama, (palha de arroz) possuir características que são

consideradas trabalhosas para sua degradação (Valente et al. 2009). Isso indica que a hipótese de misturar cama, considerada como rica em N, com materiais de alta relação C/N torna-se dificultosa, pois os microrganismos decompositores não são eficientes na degradação de compostos cuja estrutura seja composta por lignina e celulose. Ainda assim, no presente estudo o uso do inoculo se demonstrou eficiente quando comparando à degradação da cama sem a adição de inoculo com a mistura do esterco.

Segundo Kiehl, (1985), o uso de esterco bovino é um excelente inoculante por possuir uma vasta quantidade de bactérias, as quais se encontram no trato digestivo dos animais, corroborando a hipótese de que o esterco acelerou a compostagem, como esperado, devido à inoculação. Assim, permite considerar que a cama não vem com inoculo suficiente para se auto degradar, o que era esperado também, pois esses inoculantes advêm no esterco da atividade de flora e fauna do rúmen. O efeito colateral, que já era previsto, foi a alta perda de N podendo ser esse um dos fatores à alta volatilização do NH_3 para atmosfera (Orrico Júnior, 2004). Porém, o registro dessa perda e a partir de qual quantidade de esterco ela se intensificaria, ainda carece de maiores informações na literatura.

Foi verificado que, ao balançar as concentrações com dose crescentes de esterco, as taxas de decomposição responderam positivamente aumentando sua eficiência na degradação do composto orgânico (Tiquia & Tam 2000). Apesar do efeito benéfico com relação ao processamento do material, a porcentagem de nutrientes mineralizados está muito abaixo dos teores requeridos pelas plantas (Dias, et al. 2012).

Ocorreu uma grande perda dos nutrientes, principalmente o N, o qual é um dos elementos mais cobiçados pelas plantas. Raviv et al. (2004) relata que o pH está relacionado as perdas de NH_3 , podendo ser minimizadas a partir da combinação de materiais que possuam menores valores de pH, na tentativa de minimizar as perdas para atmosfera.

As perdas de nutrientes em todos os ensaios foram semelhantes quando comparando um elemento com o outro, como pode-se observar na Tabela 3. A perda do Carbono, por exemplo, está envolvida com a liberação do dióxido de carbono sendo que em uma relação ideal entre 25/1 e 30/1 cerca de dois terços são utilizados pelos microrganismos para obterem energia e o outro terço do C é utilizado junto ao N na constituição de novas células microbianas (Gorgati, 2001 & Kiehl, 2004). Já as perdas referentes ao nitrogênio estão ligadas a volatilização da amônia iniciada pelo processo hidrólise dos compostos nitrogenados, ocorrendo a formação de óxidos de nitrogênio e amônia (Orrico Júnior et al., 2007). Mesmo diante

das perdas, os fatores de aproveitamento foram altos, em todos os tratamentos as médias foram semelhantes, excetuando-se a composição de 100% de cama de aviário por seu material ter maior dificuldade de decomposição, onde a oscilação do pH também influenciou em um menor aproveitamento do nitrogênio nesse composto. Com relação ao P, observa-se um aproveitamento positivo, o qual foi acima de 100%, podendo ter ocorrido uma incorporação pela matéria orgânica de frações de Fósforo do solo em que o experimento foi realizado (chão batido), cujo manejo seguiu as instruções de Kiehl, (1985). Devido ao P ser encontrado em pequenas concentrações nos compostos, um pequeno teor presente no solo pode aumentar o seu aproveitamento no composto. Em se tratando do S, as concentrações foram próximas ao aproveitamento total, em que, novamente, o composto com cama de aviário pura foi o que apresentou os menores índices de aproveitamento, de acordo com a Tabela 3.

CONCLUSÕES

Há aproveitamento diferenciado de C, N, P e S de acordo com a combinação de cama de aviário e de esterco na compostagem.

O aproveitamento médio foi de aproximadamente 43 % para C, 95 % para N, 123 % para P e 93 % para S.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG (APQ-02395-10 e APQ-03929-10); CNPq (Proc. 470567/2011-2) e FUNARBE (Funarpeq 2011/2012) pelo apoio financeiro. Agradecimentos ao Técnico da EMATER de Florestal-MG Marcelino Mendes pelas sugestões e pelo apoio ao trabalho, à Granja Brasília e ao Setor de Bovinocultura do CAF-UFV, pelo fornecimento dos resíduos orgânicos.

REFERÊNCIAS

- BALDOTTO, M.A.; CANELLAS, L.P.; CANELA, M.C.; Simões, M.L.; Martin-Neto, L; Fontes MPF & Velloso, A.C.X. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo; 31: 465-475, 2007.
- BALDOTTO, M. A.; GONTIJO, A. A.; CAMPOS, A. A. V.; MENDONÇA, W. H & BALDOTTO, L. E. B. Composição química da compostagem de cama de aviário combinada com proporções crescentes de esterco bovino. *Fertbio 2012*. Maceió: SBCS. CD-Rom, 2012.
- Castro, C.M.; Almeida D.L. & Ribeiro, R.L.D. Plantio direto; adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; 40: 495-502, 2005.
- DIAS, J.S.; NEVES, I.; SILVEIRA, V.H.; Nutrientes que as plantas precisam? *Unifertil*, 002/2012 out, 2012. Disponível em: <<http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20121011151121.pdf>> Acesso: 21 abril, 2013.

GONTIJO, A. A.; BALDOTTO, M. A.; CAMPOS, A. A. V.; MENDONÇA, W. H & BALDOTTO, L. E. B. Compostagem da cama de aviário combinada com proporções crescentes de esterco bovino: variações na temperatura e no pH. *Fertbio* 2012. Maceió: SBCS. CD-Rom. 2012.

GORGATI, C.Q. Resíduos sólidos urbanos em áreas de proteção aos mananciais – município de São Lourenço da Serra - SP: compostagem e impacto ambiental. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu. 70 p. 2001.

KIEHL, E.J. Fertilizantes Orgânicos. Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 459 pp. 1985.

KIEHL, E.J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: 4.ed. 173p. 2004.

KIEHL, E.J. Novo fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Degaspari: 1.ed. 248p. 2010.

LOPEZ-REAL, J. Composting through the ages. Conferência Down to Earth Composting. Dundee 1994.

LEAL, M.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G. & ALMEIDA, D.L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*; 25: 392-395, 2007.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; AMORIM, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J. Perda de nitrogênio e redução de carbono orgânico durante o processo de compostagem dos resíduos gerados na avicultura de corte. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.27, n.3, p.639-647, 2007.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science*; 166: 810-832, 2001.

RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A. & ZIADNA, H. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.*, 12:6-10, 2004.

SHARMA, V.K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F. AND C. CORNACCHI. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. *Energ. Convers. Manage.*, 38:453-478, 1997.

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

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environmental Pollution*, Oxford, n.4, v.110, p.535-541, 2000.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, A.G.B.T.; JAHNKE, S.D.; BRUM Jr, S. de B.; CABRERA, R.B.; MORAES, O. de P.; LOPES, N.C.D. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Arch. Zootec.58 (R)*: 59-85, 2009.

ZUCCONI, F. and M. BERTOLDI. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. In: Wise D. L. *Global bioconversions*. CRC Press. Boca Raton. P. 109-137, 1986.

Tabela 1. Composição química dos resíduos orgânicos usados na preparação das leiras de compostagem

Resíduo	pH	Composição química ⁽¹⁾															
		Corg	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	Zn	Fe	Mn	Cu	B			
dag kg ⁻¹														mg kg ⁻¹			
Cama	7,85	18,09	1,63	1,27	2,00	2,37	0,49	0,37	11,09	256	4539	563	197	27,5			
Esterco	7,68	23,40	2,93	0,83	2,16	0,99	0,51	0,41	7,98	175	7112	246	39	15,7			

⁽¹⁾ Composição química: teores totais em extrato ácido nítrico com persulfato; N = Método Kjeldahl; P = colorimetria; K = fotometria de chama; Ca e Mg = espectrofotometria de absorção atômica; S = turbidimetria; Zn, Fe, Mn, Cu = espectrofotometria de absorção atômica; B = colorimetria.



Tabela 2. Composição química dos compostos obtidos pela combinação da cama de aviário e esterco bovino

Tratamento ⁽¹⁾	Estatística ⁽²⁾	Composição química ⁽³⁾																
		pH	Corg	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	Zn	Fe	Mn	Cu	B			
dag kg ⁻¹															mg kg ⁻¹			
C100 E0	Média	7,92	9,06	1,38	1,35	0,84	2,29	0,52	0,31	6,59	272,00	7,588	662	243	30,8			
	Erro	0,64	0,03	0,01	0,21	0,04	0,36	0,06	0,03	0,54	27,50	1,286	75	11	3,1			
C87,5 E12,5	Média	7,65	7,80	1,69	1,51	1,20	2,66	0,58	0,35	4,61	279,00	10,754	607	189	31,8			
	Erro	0,31	0,17	0,15	0,17	0,04	0,38	0,05	0,03	0,72	17,00	3,067	16	25	2,1			
C75 E25	Média	7,55	9,79	2,04	1,57	1,48	2,61	0,66	0,40	4,81	327,00	11,348	641	204	35,0			
	Erro	0,00	0,09	0,00	0,04	0,24	0,03	0,02	0,01	0,00	1,00	1,682	12	7	0,0			
C62,5 E37,5	Média	7,57	11,07	1,96	1,52	1,52	2,40	0,65	0,36	5,66	293,00	6,301	632	218	34,0			
	Erro	0,90	0,05	0,13	0,10	0,04	0,16	0,00	0,02	0,17	15,00	2,177	16	3	1,0			
C50 E50	Média	7,51	9,97	2,28	1,43	1,36	2,39	0,64	0,34	4,35	277,00	6,400	615	207	30,8			
	Erro	0,19	0,09	0,10	0,22	0,12	0,30	0,07	0,01	0,13	17,00	2,078	79	14	1,1			
C0 E100	Média	7,59	11,85	2,75	0,85	1,80	1,11	0,58	0,41	4,33	203,00	12,041	288	76	17,0			
	Erro	0,46	0,06	0,11	0,05	0,00	0,04	0,00	0,02	0,51	12,00	1,880	8	7	0,0			
Total	Média Geral	7,63	9,92	2,01	1,37	1,37	2,24	0,60	0,36	5,06	274,83	9071,83	573,83	189,17	29,88			
	CV (%)	1,95	14,46	23,53	19,64	23,81	25,49	9,04	10,25	17,70	14,82	28,68	24,68	30,84	21,89			

⁽¹⁾ Tratamento: C = cama de aviário e E = esterco bovino; Os números indicam o percentual combinado de cada resíduo, cama e esterco. Por exemplo, C100 E0 refere-se a um composto preparado com 100% de cama de aviário e 0% de esterco bovino; Estatística: Média = média das repetições dos tratamentos; Erro = erro padrão da média das repetições dos tratamentos; Média Geral = média dos tratamentos; CV = coeficiente de variação das médias dos tratamentos; ⁽²⁾ Composição química: teores totais em extrato ácido nítrico com persulfato; N = Método Kjeldahl; P = colorimetria; K = fotometria de chama; Ca e Mg = espectrofotometria de absorção atômica; S = turbidimetria; Zn, Fe, Mn, Cu = espectrofotometria de absorção atômica; B = colorimetria.



Tabela 3. Indicadores de aproveitamento (IF e PA)

Tratamento ⁽¹⁾	C		N		P		S	
	I-F ⁽²⁾	PA ⁽³⁾	I-F	PA	I-F	PA	I-F	PA
dag/kg								
C100 E0	9,03	50	0,25	85	0,08	106	0,06	84
C87,5 E12,5	10,95	42	0,10	94	0,30	134	0,03	93
C75 E25	9,63	50	0,08	104	0,41	135	0,02	105
C62,5 E37,5	9,01	55	0,16	93	0,42	138	0,03	94
C50 E50	10,78	48	0,00	100	0,38	136	0,05	87
C0 E100	11,55	51	0,18	94	0,02	102	0,00	100

⁽¹⁾ Tratamento: C = cama de aviário e E = esterco bovino; Os números indicam o percentual combinado de cada resíduo, cama e esterco. Por exemplo, C100 E0 refere-se a um composto preparado com 100% de cama de aviário e 0% de esterco bovino; ⁽²⁾ I-F = Diferença entre o teor inicial e o teor final do nutriente nos compostos orgânicos; os valores negativos indicam diminuição em relação aos teores iniciais e os valores positivos indicam ganhos em relação aos teores iniciais; ⁽³⁾ PA = Percentual de aproveitamento do nutriente na compostagem.

