

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.465-472, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1757

Protocolo 1757 - 27/08/2011 • Aprovado em 14/11/2011

Emmanuel D. Dutra^{1,2}

Rômulo S. C. Menezes^{1,3}

Dário C. Primo^{1,4}

Aproveitamento de biomassa residual agrícola para produção de compostos orgânicos

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de resíduos de poda de diferentes espécies arbóreas sobre a qualidade e o tempo de maturação dos compostos orgânicos produzidos com esterco bovino, em um sistema orgânico de produção agrícola na região semiárida nordestina. Foram construídas pilhas de 100 kg em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições. Os compostos orgânicos produzidos foram testados em condições de casa de vegetação com delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se planta de milho como indicadora de acúmulo de nutrientes. O composto orgânico produzido na mistura de poda de algaroba, esterco bovino e MB-4 (Pó de Rocha - fonte de Ca e Mg) apresentou o menor tempo de maturação, atingindo a relação C/N = 11,1 aos 60 dias e os maiores teores totais médios de N, P, K, Ca e Mg, correspondentes a 16,25, 4,43, 8,5, 15,25 e 6,0 g kg⁻¹, respectivamente. Os maiores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg pela planta de milho foram observados quando se utilizou a adubação com composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4.

Palavras-chaves: adubação orgânica, compostagem, pó de rocha, resíduos orgânicos, *Zea mays*

Utilization of agricultural waste biomass to produce organic composts

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of addition of pruning residue of different tree species on the quality and time of maturation of organic composts produced from cattle manure and rock powder MB-4 (rock powder – source of Ca and Mg) in an organic system of farming in the semiarid northeastern Brazil. Piles of 100 kg were constructed in a randomized experimental design with three treatments and four repetitions. The organic composts produced were tested in a randomized design in a greenhouse using the corn plant as an indicator of nutrient accumulation. The organic compost produced by the mixture of pruning residue of mesquite, cattle manure and MB-4 had the lowest time of maturity reaching C/N ratio = 11,1 at 60 days and the highest total contents of N, P, K, Ca and Mg, 16.25, 4.43, 8.5, 15.25 and 6.0 g kg⁻¹, respectively. The highest accumulations of N, P, K, Ca and Mg in the corn plant were observed in the plots fertilized with compost produced from the mixture of mango pruning, cattle manure and MB-4.

Key words: organic fertilization, composting, rock powder, organic waste, *Zea mays*

1 Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Energia Nuclear, Av. Prof. Luis Freire, 1000, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 2126-8252 Ramal 353. Fax: (81) 2126-8250.

E-mail: emadutra86@hotmail.com; rmenezes@ufrpe.br; darioprino@gmail.com

2 Bolsista de Doutorado do CNPq

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

4 Bolsista de Doutorado da FACEPE

INTRODUÇÃO

Em sistemas ecológicos de produção agrícola o manejo do solo é considerado de vital importância, pois permite melhor equilíbrio entre a biota e a ciclagem de nutrientes dentro da propriedade rural. Dentre as estratégias de manejo do solo adotadas nesses sistemas de produção, estão a redução do uso de máquinas agrícolas e o uso de adubos verdes, plantas de cobertura, esterco e compostos orgânicos (Altiere, 1991; Costa, 2001; Darolt, 2002; Primavesi, 2008).

Os solos da região nordeste do Brasil apresentam grande variabilidade quanto às suas características químicas e físicas, predominando baixos teores de nutrientes, sobretudo quanto à disponibilidade de N e P (Sampaio et al., 1995). O uso de fertilizantes minerais para corrigir a fertilidade do solo apresenta custo elevado para os agricultores, em especial para a agricultura nordestina, que se caracteriza pela pequena propriedade o que, geralmente, inviabiliza a compra de insumos agrícolas.

A agricultura nordestina se utiliza bastante de fontes orgânicas de nutrientes para realizar a adubação do solo, sendo utilizados principalmente esterco provenientes da criação de animais (Silva & Menezes, 2007; Mundus et al., 2008) e restos de culturas vegetais, como palhas e podas de leguminosas (Marin et al., 2007; Primo et al., 2010). O manejo adequado dos resíduos orgânicos pode evitar possíveis contaminações por micro-organismos patogênicos e a imobilização de nutrientes disponíveis no solo. Para isto, o processo de compostagem se apresenta como ferramenta importante para os agricultores nordestinos, pois apresenta baixo custo e, se adequadamente conduzido, diminui a contaminação do solo e das culturas, além de atuar como condicionador da fertilidade dos solos (Yuri et al., 2004).

A utilização de compostos orgânicos aplicados ao solo promove melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo e também atua no fornecimento de nutrientes essenciais às plantas. Dentre esses nutrientes o nitrogênio merece atenção especial, pois é o elemento limitante ao crescimento e desenvolvimento vegetal nos diversos ecossistemas terrestres (Aber et al., 1989; Nadelhoffer et al., 1999).

Acompostagem contribui para o aumento da disponibilidade de nitrogênio dos adubos orgânicos através da redução da relação carbono-nitrogênio (C/N) no decorrer do processo de decomposição. Relações C/N em torno de 17:1 para compostos orgânicos, favorecem a disponibilidade de nitrogênio após a incorporação ao solo em áreas de produção agrícola (Kiehl, 1985). Vários trabalhos evidenciam a importância da compostagem de podas vegetais com diferentes resíduos orgânicos. Em geral, os resíduos de poda são utilizados como fonte de carbono, pois apresentam relação C/N elevada, e agente estruturante no processo de compostagem, o que confere melhor qualidade dos compostos orgânicos produzidos (Benito et al., 2006; Vargas-Garcia et al., 2007; Bernal et al., 2009).

Dado ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o aproveitamento de resíduos de podas de diferentes espécies arbóreas, mangueiras (*Mangifera indica* L.), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e algaroba (*Prosopis*

juliflora (Sw.) DC), sobre a qualidade e o tempo de maturação dos compostos orgânicos produzidos com esterco bovino em um sistema orgânico de produção agrícola, na região semiárida nordestina.

MATERIAL E MÉTODOS

A Fazenda Tamanduá localiza-se no município de Santa Terezinha, estado da Paraíba, entre as seguintes coordenadas geográficas: 7° 2' 20" de latitude sul e 7° 26' 43" de longitude Oeste, com altitude média de 240 m. O clima é característico das regiões tropicais semiáridas, com chuvas anuais médias de 730,4 ± 290,4 (Silva et al., 2009).

O processo de compostagem é conduzido durante todo o ano, na Fazenda Tamanduá, e a coleta das amostras de poda de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), algarobeira (*Prosopis juliflora*) e poda da manga (*Mangifera indica*) foi realizada no momento de preparação dessas matérias-primas, o qual consiste na trituração das podas vegetais e ao acondicionamento nos caminhões para transporte. Foram realizadas amostragens em cinco pontos do caminhão e homogeneizadas para remoção de uma amostra representativa de aproximadamente cinco quilos. O esterco bovino utilizado proveio do curral da própria fazenda. A caracterização deste material (Tabela 1) foi realizada no laboratório de Fertilidade de Solos do Departamento de Energia Nuclear, da Universidade Federal de Pernambuco.

Tabela 1. Caracterização química dos resíduos de podas vegetais e esterco bovino utilizados na compostagem na região semiárida do NE do Brasil

Table 1. Chemical characterization of residue of plant pruning and cattle manure used in composting in the semiarid region of Northeast Brazil

Biomassa	Nutrientes				C/N
	N	P	K	C	
	g kg ⁻¹				
Poda manga	9,3*	0,5	7,9	392,1	42,0
Poda jurema	11,9	0,3	5,1	423,3	35,5
Poda algaroba	7,8	1,2	15,9	387,3	49,7
Esterco bovino	9,0	2,4	10,2	162,5	18,1

* Valores médios n=3

As amostras foram misturadas, secadas em estufa a 65°C de circulação forçada por 72 h e moídas em moinho tipo Willey. Subamostras foram pesadas e digeridas com ácido sulfúrico e água oxigenada e, nos extratos obtidos, foram determinados N, P, K, Ca, e Mg; em que o teor de N foi determinado pelo processo de destilação (Bremner & Mulvaney, 1982); o de P por colorimetria (Thomas et al., 1967); o de K, por fotometria de chama e Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica (Embrapa, 1999). O C total foi quantificado por oxidação via úmida (Snyder & Trofymaw, 1984).

O experimento de compostagem foi conduzido de janeiro a abril de 2008, no pátio de compostagem da Fazenda Tamanduá, PB. Foram constituídas pilhas com 100 kg utilizando-se os diferentes resíduos de podas vegetais e esterco bovino (Tabela 2). Como insumos para fornecimento de Ca e Mg foram adicionados 2,6 kg de MB-4 em todos os tratamentos. O MB-4 consiste em um pó de rocha com 39,73 de SiO₂; 7,10 de Al₂O₃; 6,86 de Fe₂O₃; 5,9 de CaO; 17,82 de MgO; 1,48 de Na₂O; 0,84 de K₂O; 0,075 de P₂O₅; 0,18% de S e traços de Mn, Cu, Co e

Zn (Pinheiro & Barreto, 2005). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos do experimento de compostagem de podas vegetais, esterco bovino e MB-4, no semiárido do NE do Brasil

Table 2. Description of the experimental treatments of composting plant prunings, manure and MB-4 in the semiarid region of Northeast Brazil

Trat.	Esterco bovino	Poda mangueiras	Poda		MB-4
			jurema-preta	algarobeira	
		kg			
T1	40	57,4			2,6
T2	40		57,4		2,6
T3	40			57,4	2,6

O acompanhamento do processo de compostagem foi realizado através de análises quinzenais da relação C/N das pilhas, do pH em água (1:2,5) (Embrapa 1999) e umidade por gravimetria (Kiehl, 2002) e determinação diária da temperatura das pilhas, utilizando-se termômetro digital. Os revolvimentos foram realizados quinzenalmente, nos primeiros dois meses do processo de compostagem. Realizou-se a umidificação das pilhas no revolvimento com água, de acordo com os teores de umidade para manutenção dos níveis considerados ideais para o processo (55 - 60%, Kiehl, 2002). Os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram determinados ao final do processo de compostagem, de forma análoga à descrita na caracterização das matérias-primas.

O potencial de fornecimento de nutrientes pelos compostos orgânicos nos diferentes tratamentos, foi determinado através de um ensaio em casa de vegetação do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, utilizando-se plantas de milho da variedade "pontinha". O solo utilizado foi um Neossolo Flúvico de textura arenosa, coletado na camada de 0-20 cm, na Estação Agroecológica Vila Maria Rita, localizado no município de Taperoá, PB.

Para fins de caracterização física e química descrita pela Embrapa (1999), subamostra do solo foi enviada para a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 8,1; d = 1,25 g cm⁻³; areia = 538 g kg⁻¹; silte = 191 g kg⁻¹; argila = 271 g kg⁻¹; H+Al = 0,5 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,9 cmol_c kg⁻¹; Ca = 8,9 cmol_c kg⁻¹; Mg = 1,8 cmol_c kg⁻¹; K = 0,7 cmol_c kg⁻¹; N = 600 mg kg⁻¹; P-total = 366,8 mg kg⁻¹ e P-Melich-1 = 121,4 mg kg⁻¹.

Em vasos plásticos contendo 1,0 kg de solo secado ao ar e peneirado em malha de 4,0 mm, foram semeadas três sementes de milho e após 15 dias realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos utilizados foram: (T₀) sem adição de composto orgânico; (T₁) adição de composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; (T₂) adição de composto orgânico produzido com poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e (T₃) adição de composto orgânico produzido com poda de algaroba, esterco bovino e MB-4.

A dose equivalente utilizada foi calculada de acordo com a densidade do solo para a adubação foi de 15 Mg ha⁻¹ para todos os compostos orgânicos (6,0 g por vaso). A umidade do

solo foi mantida através de rega diária (50 mL de água) e após 45 dias depois da semeadura realizou-se a colheita da planta separando-se a parte aérea das raízes secadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 h, para determinação da matéria seca.

Em referência à determinação dos teores de nutrientes no material vegetal parte aérea, os procedimentos foram realizados de forma análoga à caracterização dos resíduos orgânicos. A matéria seca e o acúmulo dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram determinados pela multiplicação do teor de nutriente na planta e pelo teor de matéria seca (Fageria, 1998). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e à comparação das médias realizadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura no processo de compostagem foi semelhante para todos os tratamentos estudados (Figura 1). Após a montagem das pilhas ocorreu aumento da temperatura para todos os tratamentos, sendo a temperatura máxima obtida de 66 °C para o tratamento T₃ que continha poda de algarobeira como fonte de carbono. A fase de temperatura termofílica iniciou-se a partir do segundo dia de compostagem, para todos os tratamentos. Nos tratamentos que receberam poda de mangueiras (T₁) e poda de jurema-preta (T₂), a fase termofílica permaneceu até o vigésimo sexto dia de processo enquanto nas pilhas com poda de algaroba esta fase se manteve até o quadragésimo primeiro dia de compostagem, possivelmente pela maior relação C/N (35,6 ± 2,5) contida no tratamento com poda de algarobeira.

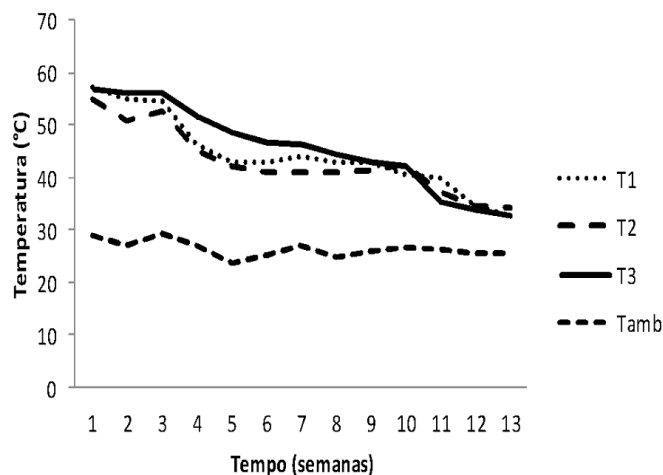


Figura 1. Dinâmica da temperatura ao longo do processo de compostagem de resíduos de podas de mangueira, jurema-preta ou algarobeira, misturados com esterco bovino e MB-4, na região semiárida do NE do Brasil. T₁: poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T₂: poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T₃: poda de algarobeira, esterco bovino e MB-4

Figure 1. Dynamics of temperature over the composting process of pruning residue of mango, jurema or mesquite mixed with cattle manure and MB-4, in the semiarid region of Northeast Brazil. T₁: pruning of mango, cattle manure and MB-4, T₂: pruning of jurema, cattle manure and MB-4 and T₃: pruning of mesquite, cattle manure and MB-4

Magalhães et al. (2006) avaliaram a compostagem de bagaço de cana-de-açúcar utilizado como filtro de efluentes da suinocultura e observaram que a evolução da temperatura no estudo foi semelhante à do presente estudo, tendo a fase termofílica ocorrido durante 26 dias desse processo atingindo temperaturas máximas de 65 °C.

Durante o processo de compostagem o pH foi semelhante para todos os tratamentos (Figura 2). Ocorreram uma diminuição inicial e posteriores aumentos para a faixa alcalina. O valor máximo de pH, 9,3, ocorreu no tratamento T₁ com poda de mangueiras aos 75 dias de compostagem; aos 90 dias do processo foram obtidos valores de pH de 8,7, 8,2 e 8,2 para os tratamentos T₁, T₂ e T₃ respectivamente. Vários fatores contribuem para as variações do pH no processo de compostagem pois ocorre, no início, liberação de ácidos orgânicos, como o ácido acético, butírico e propiônico, produtos da decomposição microbológica da matéria orgânica que, posteriormente, são convertidos a CO₂ e sempre que o processo se desenvolve, o pH do composto se eleva com o aumento das concentrações de bases na pilha (Kiehl, 2002; Iyengar & Bhave, 2005).

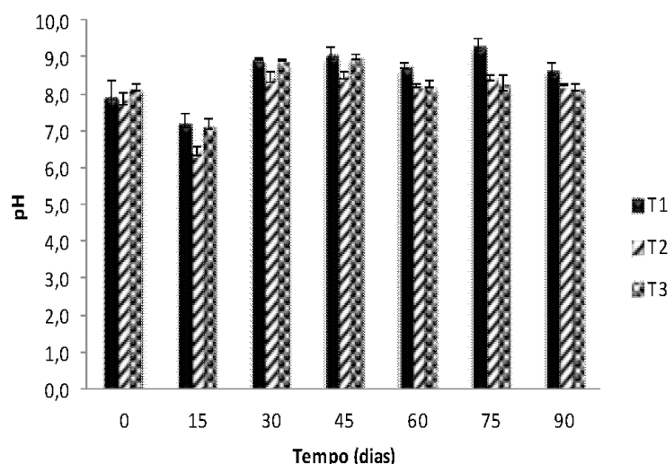


Figura 2. Evolução do pH ao longo do processo de compostagem de resíduos de podas de mangueira, jurema-preta ou algarobeira, misturados com esterco bovino e MB-4, na região semiárida do NE do Brasil. T₁: poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T₂: poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T₃: poda de algaroba, esterco bovino e MB-4

Figure 2. Evolution of pH during the composting process of pruning residue of mango, jurema or mesquite mixed with cattle manure and MB-4, in the semiarid region of Northeast Brazil. T₁: pruning of mango, cattle manure and MB-4, T₂: jurema pruning, cattle manure and MB-4 and T₃: pruning of mesquite, cattle manure and MB-4

Aumentos no pH também podem estar associados às reações de mineralização do N orgânico contido nos resíduos, uma vez que o N orgânico é transformado em N amídico e depois em N amoniacal, o que ocasiona elevação do pH, pela reação alcalina característica do NH₃ (Kiehl, 2002).

O comportamento da umidade nas pilhas de compostagem apresentou, nos primeiros 15 dias de processo, reduções em relação aos teores iniciais. Este fato pode estar associado às altas temperaturas obtidas durante o estágio inicial do processo e à baixa capacidade de retenção de água dos resíduos de poda. Os valores finais de umidade se situaram entre 51,3 e 58% (Figura 3). As umidades finais dos compostos produzidos estão

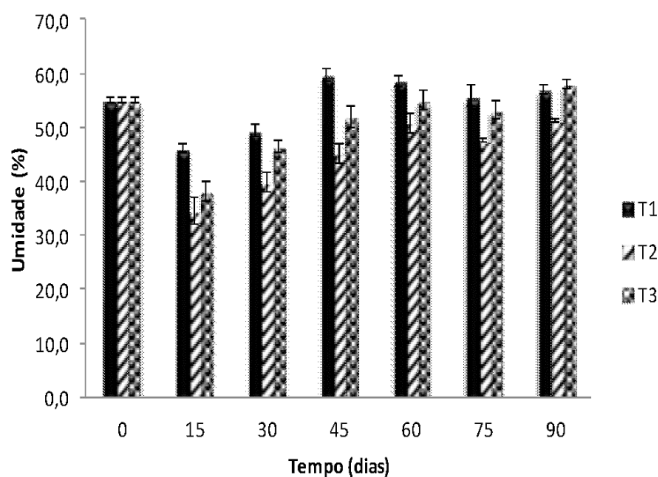


Figura 3. Umidade nas pilhas de compostagem preparadas a partir de resíduos de poda de mangueira, jurema-preta ou algarobeira, misturados com esterco bovino e MB-4, na região semiárida do NE do Brasil. T₁: poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T₂: poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T₃: poda de algarobeira, esterco bovino e MB-4

Figure 3. Moisture in composting heaps prepared from pruning residue of mango, jurema or mesquite mixed with cattle manure and MB-4, in the semiarid region of Northeast Brazil. T₁: pruning of mango, cattle manure and MB-4, T₂: pruning of jurema, cattle manure and MB-4 and T₃: pruning of mesquite, cattle manure and MB-4

acima do recomendado, sendo a faixa considerada ideal entre 25-35% (Kiehl, 1985).

Em todos os tratamentos observou-se aumento relativo da concentração de N-total nos teores finais para os compostos orgânicos, em relação aos valores iniciais, T₁ (11,68 – 15,08 g kg⁻¹), T₂ (9,08 – 13,68 g kg⁻¹) e T₃ (11,63 – 16,43 g kg⁻¹) (Figura 4). O valor máximo de N-total foi observado aos 60

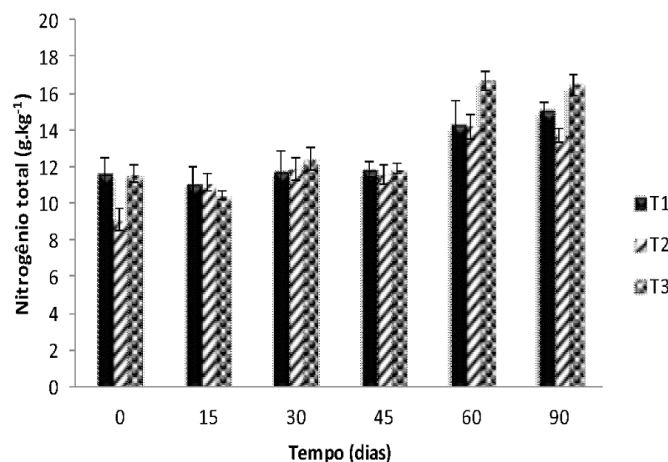


Figura 4. Evolução dos teores de N-total ao longo do processo de compostagem de resíduos de poda de mangueira, jurema-preta ou algarobeira, misturados com esterco bovino e MB-4, na região semiárida do NE do Brasil. T₁: poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T₂: poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T₃: poda de algaroba, esterco bovino e MB-4

Figure 4. Evolution of the levels of N-total in the process of composting of pruning residue of mango, jurema or mesquite mixed with cattle manure and MB-4, in the semiarid region of Northeast Brazil. T₁: pruning of mango, cattle manure and MB-4, T₂: pruning of jurema, cattle manure and MB-4 and T₃: pruning of mesquite, cattle manure and MB-4

dias de compostagem, quando se utilizou poda de algarobeira como fonte de carbono orgânico. O aumento na concentração desse nutriente nos compostos é decorrente, sobretudo, da liberação de gases, principalmente CO_2 , e vapor de água com a decomposição da matéria orgânica pelos micro-organismos (Matos et al., 1998; Brito et al., 2008), retenção de nitrato presente na água precipitada e a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (Kiehl, 2002). Após 90 dias de compostagem os valores de N-total foram: 15,1, 13,7 e 16,4 g kg^{-1} , para os tratamentos T_1 , T_2 e T_3 , respectivamente.

Benito et al. (2006) avaliaram atributos químicos e físicos de 12 compostos produzidos à base de resíduos de poda, em Madri (Espanha) e também observaram teores médios de N Total em torno de 15 g kg^{-1} .

As relações C/N médias iniciais observadas foram: 32,4, 29,5 e 35,6 para os tratamentos T_1 , T_2 e T_3 , respectivamente. Os resultados indicaram que houve uma decomposição acelerada nos primeiros 30 dias de compostagem, o que ocasionou diminuição da relação C/N para todos os tratamentos (Figura 5). Resultados semelhantes na relação C/N foram observados por Sedyama et al. (2008), que associaram o decréscimo da relação C/N inicial devido à degradação pelos micro-organismos das substâncias mais simples, como açúcares, proteínas, amidos etc.

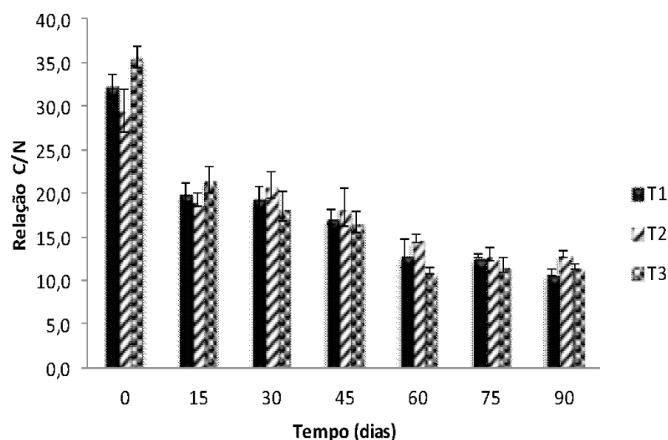


Figura 5. Dinâmica da relação C/N na compostagem de resíduos de poda de mangueiras, jurema-preta, algarobeira, esterco bovino e MB-4 no semiárido NE Brasil. T_1 : poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T_2 : poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T_3 : poda de algaroba, esterco bovino e MB-4

Figure 5. Dynamics of C/N ratio in composting of pruning residue of mango, jurema, or mesquite, mixed with cattle manure and MB-4 in semiarid region of Northeast Brazil. T_1 : pruning of mango, cattle manure and MB-4, T_2 : pruning of jurema, cattle manure and MB-4 and T_3 : pruning of mesquite, cattle manure and MB-4

Após 60 dias de compostagem os tratamentos apresentavam relações C/N de 13,1, 14,9 e 11,1 para T_1 , T_2 e T_3 , respectivamente, indicando uma provável utilização desses compostos para uso agrícola, o que poderia ocasionar um tempo menor de processo e diminuição nos custos de mão-de-obra. Após 90 dias de compostagem o valor da relação C/N para os tratamentos, foi: 10,9, 13,1 e 11,7 para T_1 , T_2 e T_3 , respectivamente.

Um dos parâmetros para indicar a maturação de compostos orgânicos é a relação C/N do material (Kiehl, 1985); os valores

de relação C/N encontrados após 90 dias de compostagem indicaram que os tratamentos T_1 e T_3 estavam maturados enquanto o tratamento T_2 ainda não havia alcançado o índice de maturação de C/N=12 (Kiehl, 1985, Benito et al., 2006). O alto teor de lignina observado para as podas de jurema-preta (27 e 19% para folha e galho, respectivamente) pode justificar a necessidade de um tempo maior para a completa maturação do composto produzido com este resíduo (Alves et al., 2011).

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e as relações C/N obtidos no final do processo de compostagem, estão apresentados na Tabela 3. Observou-se diferença significativa nos teores de N para os compostos orgânicos T_1 (composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4) e T_3 (composto orgânico produzido com poda de algaroba, esterco bovino e MB-4) em relação ao composto orgânico T_2 (composto orgânico produzido com poda de jurema, esterco bovino e MB-4).

Tabela 3. Teores de nutrientes obtidos no final do processo de compostagem de resíduos de podas vegetais, esterco bovino e MB-4, no semiárido do NE do Brasil

Table 3. Nutrient contents obtained at the end of the composting process of pruning residue, cattle manure and MB-4 in the semiarid region of Northeast Brazil

Compostos orgânicos	N	P	K	Ca	Mg	C/N
	g kg ⁻¹					
T_1 ⁽¹⁾	15,3 a ⁽²⁾	3,3 a	7,0 a	16,3 a	6,5 a	11,0 b
T_2	13,8 b	4,6 a	9,3 a	13,8 b	5,5 b	13,1 a
T_3	16,3 a	4,4 a	8,5 a	15,3 ab	6,0 ab	11,1 b
Media geral	15,1	4,1	8,3	15,1	6,0	11,7
CV (%)	6,4	19,3	20,5	5,5	7,9	5,4

⁽¹⁾ T_1 : composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T_2 : composto orgânico com poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T_3 : composto orgânico produzido com poda de algarobeira, esterco bovino e MB-4. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os compostos orgânicos apresentaram similaridade para os teores de P e K (Tabela 3) embora a poda de algarobeira tenha apresentado os maiores teores desses elementos na composição química, em relação à poda de mangueira e jurema-preta, mas o esterco bovino também contribuiu como fonte de P e K (Tabela 2). Para os teores de Ca e Mg o efeito foi significativo para os compostos T_1 e T_2 , observando-se o teor de 16,3 e 6,5 g kg^{-1} para o tratamento T_1 .

Os teores de nutrientes nos compostos orgânicos estabilizados parecem depender da qualidade da matéria-prima utilizada na compostagem, do tipo de enriquecimento mineral utilizado e da dinâmica de decomposição dos materiais orgânicos durante o processo de compostagem (Kiehl, 1985; Lima et al., 2009).

Quando comparados com dados de N, P, K, Ca e Mg relatados na literatura, os compostos orgânicos produzidos neste experimento demonstraram situar-se em uma faixa intermediária nos teores de nutrientes. Resultados superiores aos do presente estudo para os teores de nutrientes foram observados por Sedyama et al. (2000) ao avaliar as concentrações de nutrientes em compostos orgânicos produzidos com diferentes resíduos vegetais associados com dejetos de suínos, sendo os valores médios de: 26,3, 16,6, 17,2, 12,6 e 3,0 g kg^{-1} para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Tabela 4. Acúmulos de N, P, K, Ca e Mg (mg planta⁻¹) em plantas de milho adubadas com os diferentes tipos de compostos orgânicos obtidos**Table 4.** Accumulations of N, P, K, Ca and Mg (mg plant⁻¹) in corn plants fertilized with different types of organic composts obtained

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	MSA ² g vaso ⁻¹
	mg planta ⁻¹					
T ₁ (1)	16,9 bc (3)	4,1 a	98,4 a	11,0 a	2,2 a	2,8 a
T ₂	21,0 a	3,3 bc	68,2 c	8,5 ab	1,7 ab	2,0 b
T ₃	19,8 ab	3,7 ab	84,7 ab	9,6 a	1,7 a	2,4 ab
T ₀	13,5 c	2,7 c	70,0 c	5,9 b	1,1 b	2,0 b
Media Geral	17,8	3,5	80,3	8,5	1,7	2,3
CV (%)	10,9	11,0	16,1	17,4	17,3	15,4

(1) T₁: adição de composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4; T₂: adição de composto orgânico produzido com poda de jurema-preta, esterco bovino e MB-4 e T₃: adição de composto orgânico produzido com poda de algaroba, esterco bovino e MB-4. 2: MAS: matéria seca da parte aérea. (3) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

O acúmulo de nutrientes pelo milho foi influenciado quando adubado com os compostos orgânicos (Tabela 4). Em geral, a adição dos diferentes compostos orgânicos proporcionou aumentos nos acúmulos de N, P, K, Ca e Mg em relação ao tratamento testemunha sem adição de adubo orgânico. Os maiores acúmulos foram, em ordem decrescente: K > N > Ca > P > Mg, o que contraria estudos de acúmulo de nutrientes pelo milho, descritos na literatura (Primo et al., 2011).

Ressalta-se que o K e o N são elementos requeridos em maiores quantidades pela cultura do milho, fato corroborado por Andrade et al. (1975) que estudaram o acúmulo diferencial de nutrientes pelo milho e observaram que o acúmulo de nutrientes em ordem decrescente foi K > N > P > Ca > Mg. Os valores elevados no acúmulo de K podem ser explicados pelos altos teores verificados no solo utilizado, como no substrato do experimento (K = 0,7 cmol_c kg⁻¹) indicados pelo acúmulo no tratamento testemunha (T₀).

Os fatores que podem estar associados aos acúmulos elevados de Ca pelo milho nos tratamentos que receberam adubação com os compostos orgânicos, são: 1) teor elevado no solo utilizado no experimento (Ca = 8,9 cmol_c kg⁻¹) 2) teores elevados nos compostos orgânicos adicionados de MB-4 e 3) também pode ser oriundo da biomassa das espécies vegetais, uma vez que o Ca é constituinte da lamela média da parede celular do tecido vegetal. Resultado semelhante no acúmulo de Ca foi observado por Knapik & Angelo (2007) ao estudarem o acúmulo de nutrientes pelo pessegueiro em substratos enriquecidos com pó de rocha basáltica com elevada concentração de Ca.

Os tratamentos T₁ e T₃ apresentaram os maiores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg em relação ao tratamento sem adubação orgânica. Os tratamentos adubados com composto orgânico T₂ e T₃ resultaram em incrementos no acúmulo de N pelo milho, em relação ao tratamento testemunha, sem adubação.

Os teores médios observados de N na planta de milho para todos os tratamentos, apresentaram valores reduzidos (6,6 – 9,7 g kg⁻¹) fato que pode estar associado ao baixo teor no solo utilizado (N-total = 0,6 g kg⁻¹). Quanto ao acúmulo de P pelo milho, os tratamentos que apresentaram aumentos significativos foram os compostos orgânicos T₁ e T₃ com incrementos de 48,9 e 33,6%, respectivamente, quando comparados com o tratamento testemunha (Tabela 4).

Para o acúmulo de K pela planta de milho os tratamentos que apresentaram melhor desempenho, foram T1 e T3, com incrementos de 40,6 e 21,1%, respectivamente, quando comparados à testemunha. Nos tratamentos houve incrementos

no acúmulo de Ca e Mg quando comparados com a testemunha sem adubação. Os incrementos de Ca e Mg foram de 85,8, 43,5 e 48,8% para os tratamentos T₁, T₂ e T₃, respectivamente, em relação à testemunha sem adubação (Tabela 4).

CONCLUSÕES

Os compostos orgânicos produzidos com podas de mangueira e algarobeira, misturados com esterco bovino e MB-4, apresentaram qualidade superior comparada com a do composto produzido à base de jurema-preta e atingiram a maturação em 90 dias de compostagem.

A adição dos compostos orgânicos ao solo disponibilizou nutrientes para o desenvolvimento do milho, com destaque para o composto orgânico produzido com poda de mangueira, esterco bovino e MB-4.

A compostagem de podas vegetais com esterco bovino adicionadas de pó de rocha MB-4, resultou em uma tecnologia interessante para o reaproveitamento da biomassa residual na região semiárida do NE do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado, e o apoio financeiro através do Edital - Fontes Alternativas de Nutrientes - MCT/CNPq/CT-Agro 43/2008 (Processo 574893/2008-3).

LITERATURA CITADA

- Aber, J.D.; Nadelhoffer, K.J.; Studler, P.; Melillo, J.M. Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *Bioscience*, v.39, n.6, p.378-385, 1989. <<http://www.jstor.org/stable/1311067>>. 12 Jun. 2011.
- Altieri, M.A. How best can we use biodiversity in agroecosystems? *Outlook on agriculture*, v.20, n.1, p.15-23, 1991.
- Alves, R.N.; Menezes, R.S.C.; Salcedo, I.H.; Pereira, W.E. Relação entre qualidade de liberação de N por plantas do semiárido usadas como adubo verde. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.11, p.1107-1114, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n11/01.pdf>>. 17 Jun. 2011. doi:10.1590/S1415-43662011001100001.

- Andrade, A. G. de; Haag, H. P.; Oliveira, G. D. de; Sarruge, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). I - acumulação de macronutrientes. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 32, p. 115-149, 1975. <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v32/11.pdf>>. 10 Jun. 2011. doi:10.1590/S0071-12761975000100011.
- Benito, M.; Masaguer, A.; Moliner, A.; Antonio, R. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. Bioresource Technology, v.97, n.16, p.2071-2076, 2006. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240500444X>>. 17 Jul. 2011. doi:10.1016/j.biortech.2005.09.011.
- Bernal, M.P.; Albuquerque, J.A.; Moral, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource Technology, v.100, n.22, p.5444-5453, 2009. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408009917>>. 22 Jun. 2011. doi:10.1016/j.biortech.2008.11.027.
- Bremner, J.M.; Mulvaney, C. S. Nitrogen-Total. In: Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. (Eds.). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part. 2. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p. 595-624. (Agronomy Monograph, 9).
- Brito, L.M.; Amaro, A.L.; Mourão, I.; Coutinho, J. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.5, p.1959-1968, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/17.pdf>>. 28 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-06832008000500017.
- Costa, M.C.M. Aporte da agroecologia ao processo de sustentabilidade agrícola. Curitiba: UFPR, 2001. 54p.
- Darolt, M.R. Agricultura orgânica, inventando o futuro. Londrina: IAPAR, 2002. 250p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1999. 370p.
- Fageria, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. Revista Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.1, p.6-16, 1998. <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n1/006.pdf>>. 18 Jul. 2011.
- Ferreira, D.F. SISVAR: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- Iyengar, S.R.; Bhawe, P.P. In-vessel composting of household wastes. Waste Management, v.26, n.10, p.1070-1080, 2006. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05001753>>. 12 Jun. 2011. doi:10.1016/j.wasman.2005.06.011.
- Kiehl, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- Kiehl, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 3.ed. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 2002. 171p.
- Knapik, J.G.; Angelo, A.C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubação com NPK e pó de basalto. Revista Floresta, v.37, n.2, p.257-264, 2007. <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/8655/6012>>. 17 Jul. 2011.
- Lima, C.C.; Mendonça, E.S.; Silva, I.R.; Silva, L.H.M.; Roig, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.3, p.334-340, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n3/v13n03a16.pdf>>. 11 Jul. 2011. doi:10.1590/S1415-43662009000300016.
- Magalhães, M.A.; Matos, A. T.; Deniculi, W.; Tinoco, I.F.F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2, p.466-471, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a30.pdf>>. 28 Jul. 2011. doi:10.1590/S1415-43662006000200030.
- Marin, A.M.P.; Menezes, R.S.C.; Salcedo, I.H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.5, p.669-677, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n5/09.pdf>>. 21 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2007000500009.
- Matos, A.T.; Vidigal, S.M.; Sediya, M.A.N.; Garcia, N.C.P.; Ribeiro, N.F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se água residuária da suinocultura como fonte de nitrogênio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.2, p.199-203, 1998. <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n2/199.pdf>>. 11 Ago. 2011.
- Mundus, S.; Menezes, R.S.C.; Neergaard, A.; Garrido, M.S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricídia in semi-arid NE Brazil. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.82, n.1, p.61-73, 2008. <<http://www.springerlink.com/content/e457843284878203/>>. 05 Jul. 2011. doi:10.1007/s10705-008-9169-z.
- Nadelhoffer, K.J.; Emmett, B. A.; Gundersen, P.; Kjonaas, O.J.; Koopmans, C.J.; Scheleppi, P.; Tietema, A.; Wright, R.F. Nitrogen deposition makes a minor contribution to carbon sequestration in temperate forests. Nature, v.398, n.6723, p.145-148, 1999. <<http://www.nature.com/nature/journal/v398/n6723/full/398145a0.html>>. 10 Jun. 2011. doi:10.1038/18205.
- Pinheiro, S.; Barreto, S.B. "MB-4": Agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes. ed. especial V Fórum Social Mundial. Arapiraca: Fundação Juquira Candiru/Mibasa, 2005. 273p.
- Primavesi, A.M. Agroecologia e manejo do solo. Revista Agriculturas, v.5, n.3, p.7-10, 2008. <http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2011/05/Agriculturas_v5n3.pdf>. 16 Jun. 2011.
- Primo, D.C.; Fadigas, F.S.; Carvalho, J.C.R.; Schmidt, C.D.S.; Borges Filho, A.C.S. Avaliação da qualidade nutricional do composto orgânico produzidos com resíduos de fumo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.7, p.742-746, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n7/a09v14n7.pdf>>. 10 Jul. 2011. doi:10.1590/S1415-43662010000700009.
- Primo, D.C.; Menezes, R.S.C.; da Silva, T.O.; Alves, R.N.; Cabral, P.Q.T. Biomassa e extração de nutrientes pelo milho submetido a diferentes manejos de adubos orgânicos na região semiárida. Scientia Plena, v.7, n.8, p.1-8, 2011. <<http://www.scientiaplenua.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/405/167>>. 12 Ago. 2011.

- Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I.H.; Silva, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do nordeste. In: Reunião Brasileira de Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas, 21., 1995, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa - CPATSA/SBCS, 1995. p.51-72.
- Sediyama, M.A.N.; Garcia, N.C.P.; Vidigal, S.M.; Matos, A.T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e animais. *Scientia Agrícola*, v.57, n.1, p.128-135, 2000. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162000000100030&script=sci_arttext>. 22 Jun. 2011. doi:10.1590/S0103-90162000000100030.
- Sediyama, M.A.N.; Vidigal, S.M.; Pedrosa, M.W.; Pinto, C.L.O.; Salgado, L.T. Fermentação de esterco suíno para uso como adubo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.6, p.638-644, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n6/v12n06a11.pdf>>. 05 Ago. 2011. doi:10.1590/S1415-43662008000600011.
- Silva, L.L.; Costa, R.F.; Campos, J.H.B.C.; Dantas, R.T. Influências das precipitações na produtividade agrícola no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.454-461, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n4/v13n4a13.pdf>>. 05 Ago. 2011. doi:10.1590/S1415-43662009000400013.
- Silva, T.O.; Menezes, R.S.C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, crotalaria juncea. II- Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.1, p.51-61, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/06.pdf>>. 11 Ago. 2011. doi:10.1590/S0100-06832007000100006.
- Snyder, J.D.; Trofymow, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.15, n.5, p.587-597, 1984. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628409367499#preview>>. 03 Jun. 2011. doi:10.1080/00103628409367499.
- Thomas, R.L.; Shearrrd, R.W.; Moyer, J.R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. *Agronomy Journal*, v.59, n.3, p.240-243, 1967. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/59/3/AJ0590030240>>. 10 Jun. 2011.
- Vargas-García, M.C.; Suárez-Estrella, F.; López, M.J.; Moreno, J. Effect of inoculation in composting processes: modifications in lignocellulosic fraction. *Waste Management*, v.27, n.9, p.1099-1107, 2007. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X06002121>>. 12 Jun. 2011. doi:10.1016/j.wasman.2006.06.013.
- Yuri, E.J.; Resende, G.M.; Rodrigues Júnior, J.C.; Mota, J.H.; de Souza, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.127-130, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n1/a27v22n1.pdf>>. 21 Jul. 2011. doi:10.1590/S0102-05362004000100027.