

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE PEIXE EM
ADUBAÇÃO DE CAPIM-MARANDU**

**Cássia Rita Adame
Zootecnista**

**Jaboticabal-SP
2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE PEIXE EM
ADUBAÇÃO DE CAPIM-MARANDU**

Cássia Rita Adame

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Co-Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Zootecnia**

**Jaboticabal-SP
2014**

Adame, Cássia Rita
A193u Utilização de composto orgânico de peixe em adubação de capim-
marandu / Cássia Rita Adame. -- Jaboticabal, 2014
v, 45 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Valdo Rodrigues Herling, Liziane de
Figueiredo Brito
Bibliografia

1. Mineralização de N. 2. Atributos químicos do solo. 3.
Componentes morfológicos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.867:633.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE PEIXE EM ADUBAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

AUTORA: CASSIA RITA ADAME

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. VALDO RODRIGUES HERLING
Universidade de São Paulo / Pirassununga/SP

Data da realização: 14 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CÁSSIA RITA ADAME– nascida em 01 de dezembro de 1987 em Catanduva – SP, graduada em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FCAV/UNESP Jaboticabal (2012). Foi bolsista de iniciação científica pela FAPESP no período de 2010 a 2011. Foi membro do Grupo PET - Zootecnia (Programa de Educação Tutorial) no período de 2008 a 2010. Atualmente é aluna de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Zootecnia (Bolsista FAPESP), pela FCAV/UNESP Jaboticabal. Atua na área de Zootecnia e Agronomia, com ênfase em Forragicultura e Pastagens, Fertilidade do Solo, Manejo de Resíduos na Agropecuária e Estudo dos Gases do Efeito Estufa, trabalhando principalmente nos seguintes temas: mineralização de nutrientes, compostos orgânicos e plantas forrageiras. Membro do grupo de estudos em Forragicultura da UNESP Campus de Jaboticabal (UNESPFor).

DEDICO

Aos meus pais, Wanderlei Adame (*in memoriam*) e Alice Aparecida Pansani Adame, por todo o amor, carinho, educação, exemplo, honestidade, dedicação, suporte e apoio.

... saudades

"Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta."

Francisco Cândido Xavier (Chico Xavier)

OFEREÇO

À Professora Ana Cláudia Ruggieri e Professora Mara Cristina Pessôa da Cruz, pela amizade, atenção, paciência, orientação e ensinamentos essenciais para minha vida acadêmica, pessoal e profissional...

"Um professor sempre afeta a eternidade. Ele nunca saberá onde sua influência termina"

Joseph Addison

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, e oportunidade de aprender evoluir a cada dia...

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling e Dra. Liziane de Figueiredo Brito, pelas sugestões e preciosas contribuições.

Aos amigos Pós-Graduandos, Estella Rosseto Januszkiewicz, Elizamara Raposo, Fernando de Oliveira Alari, Liziane de Figueiredo Brito, Thiago Silva do Nascimento, Paola Spasiani, Abmael Cardoso e todos integrantes do Setor de Forragicultura e Pastagens e do Laboratório de Fertilidade do Solo da FCAV - UNESP JABOTICABAL pela boa convivência auxílio na realização das atividades e por contribuírem muito com valiosas sugestões e correções.

A toda minha família, avôs, avós, tios, tias, primos e primas, que são minha base e sustentação...

Ao meu companheiro de todas as horas Rafael Gonçalves Peluco, pelo amor, carinho, apoio e auxílio em todas as atividades...

Ao Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira, pela amizade, ideias e auxílio nas atividades acadêmicas.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e dos Setores de Forragicultura e de Fertilidade do solo da FCAV - UNESP JABOTICABAL, pela dedicação e auxílio.

A FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio à pesquisa e bolsa de mestrado concedida.

A FCAV - UNESP JABOTICABAL, e ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA, pela estrutura fornecida para minha formação e desenvolvimento pessoal e profissional.

Finalmente, a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho.

"Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina"

Cora Coralina

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1. Compostos de peixe	7
3.2. Solo	8
3.3. Determinação da taxa de mineralização de N dos compostos de peixe em laboratório	8
3.3.1. Curva de neutralização da acidez do solo por meio da combinação de composto de peixe e carbonatos	9
3.3.2. Ensaio de incubação aeróbia com longa duração e com lixiviação	10
3.4. Determinação do efeito do composto de peixe em atributos químicos do solo, na massa seca de componentes morfológicos e nas avaliações na planta de capim-marandu	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Mineralização do N	16
4.2. Efeito do composto de peixe em atributos químicos do solo	20
4.3. Efeito do composto de peixe na massa seca de componentes morfológicos e nas avaliações na planta de capim-marandu	27
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS	41

UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE PEIXE EM ADUBAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

RESUMO - A utilização agrícola de resíduos cujo descarte indevido pode causar impactos negativos ao ambiente, é alternativa importante para sistemas produtivos. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivos determinar a taxa de mineralização do nitrogênio de compostos de peixe, e avaliar os efeitos da aplicação de composto de peixe em atributos químicos do solo e na massa seca de componentes morfológicos de capim-marandu, na presença e ausência de adubação nitrogenada. Foi utilizada amostra de Latossolo Vermelho, coletada na camada de 0 a 20 cm. Para avaliação da taxa de mineralização do nitrogênio após 126 dias de incubação, foram combinados, em esquema fatorial, dois compostos orgânicos, um com restos de peixe + restos de poda de árvores, e outro com restos de peixe + maravalha, em cinco doses de cada composto, 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹, e três repetições. Para avaliação dos efeitos da aplicação de composto de peixe no solo e na planta, foram combinados, em esquema fatorial, cinco doses do composto de restos de peixe + restos de poda de árvores na presença e ausência de nitrogênio, mais dois tratamentos-testemunha, um não adubado e outro com adubação mineral, em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. As doses foram as mesmas utilizadas para determinação da mineralização de N. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) o efeito da adubação nitrogenada foi avaliado pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Havendo significância para doses de composto, fez-se análise de contraste na presença e na ausência de N. Para comparações entre o tratamento-testemunha não adubado com cada um dos outros tratamentos foi utilizado o teste Dunnett a 5%. As taxas de mineralização do nitrogênio dos compostos de peixe + maravalha e peixe + restos de poda de árvores são de 1,55%, e de 0,76%, respectivamente. A aplicação de composto de peixe aumenta os teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, N-NO₃⁻ e N mineral no solo e aumenta a massa seca de componentes morfológicos, a área foliar, a relação folha/colmo, a altura, o diâmetro e o número de perfilhos e a medida SPAD de capim-marandu. A aplicação de composto de peixe combinado com adubação nitrogenada resulta em maiores teores de N inorgânico do solo e aumenta a massa seca de componentes morfológicos, a área foliar, o número de perfilhos e a medida SPAD de capim-marandu, com relação à aplicação do composto de peixe isolado.

Palavras-chave: mineralização de N, atributos químicos do solo, componentes morfológicos

USE OF FISH MANURES ON MARANDUGRASS FERTILIZATION

ABSTRACT - The use of agricultural waste, whose undue disposal may cause negative impacts on the environment, is an important alternative for production systems. In this sense, this work aimed to determine the nitrogen mineralization rate of fish compounds and assess the effects of fish compound application on soil chemical attributes, and on dry mass of morphological components Marandugrass, in the presence and absence of nitrogen fertilization. Oxisol sample, collected at a depth 0 - 20 cm was used. In order to assess the nitrogen mineralization rate after incubation of 126 days, it was combined in a factorial, two organic compounds, one with fish waste + remains of trees pruning, and another one with fish waste + shavings, in five doses of each compound, 0, 10, 20, 30 and 40 t ha⁻¹, and three replications. In order to assess the effects of fish compost application on soil and on plant, it was combined in a factorial, of five doses of fish waste compound + remains of trees pruning, in the presence and absence of nitrogen, and two controls, a non fertilized one and other one with mineral fertilizer. The design was completely randomized, with four replications. Doses were the same used for the determination of N mineralization. Data were submitted to variance analysis (F test), and the N fertilization effect was assessed by Tukey's test at 5% probability. When it was observed significance for compounds doses, it was performed contrast analyze in the presence and absence of nitrogen. Aiming to compare the non fertilized treatment control, with each other treatments, it was performed the Dunnett test at 5%. Nitrogen mineralization rates of fish + shavings compound and fish + remains of trees pruning compound are 1.55 % and 0.76 %, respectively. The fish compounds application increases the contents of P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, N-NO₃⁻ and mineral N in the soil and also increases the dry mass of morphological components, leaf area, leaf/stem ratio, height, diameter and the number of tillers, and SPAD measure Marandugrass. The application of fish compound combined with nitrogen fertilization, results in higher contents of inorganic N in the soil and increases the dry mass of morphological components, leaf area, number of tillers and SPAD measure Marandugrass, regarding the application of the fish compound isolated.

KEYWORDS: N mineralization, soil chemical properties, morphological components

1. INTRODUÇÃO

A produção animal gera grande quantidade de resíduos e, de modo geral, maior atenção é dada aos esterco. Para eles, a aplicação ao solo sempre foi a destinação mais comum e a maior parte dos reflexos é benéfica. Do ponto de vista da fertilidade do solo e da nutrição das plantas, há fornecimento de nutrientes e melhora de outros atributos químicos relacionados à acidez, ao aumento do teor de matéria orgânica e da capacidade de troca de cátions. Há também efeito da aplicação de esterco em atributos físicos, quase todos associados à melhora da estrutura do solo que acompanha o aumento do teor de matéria orgânica.

No entanto, outros resíduos, de destinação mais complexa, são gerados corriqueiramente nas granjas e indústrias de processamento animal: animais mortos, vísceras, sangue, penas, ossos, etc. Para todos eles deve ser dado destino correto para que não haja comprometimento da qualidade ambiental. À medida que a produtividade aumenta e se concentra em determinadas regiões, a geração de resíduos também aumenta e a destinação correta fica mais difícil e onerosa.

Uma das formas de destinação de resíduos é a compostagem: processo biológico de decomposição aeróbia, no qual ocorre transformação da fração orgânica lábil a CO_2 , vapor de água e nutrientes na forma inorgânica, e do qual resulta uma fração orgânica mais estável, que após aplicação ao solo continuará se transformando mais lentamente.

Durante a mineralização dos compostos, há liberação de todos os nutrientes de plantas, pode haver aumento do valor de pH, embora este efeito seja de curta duração, e aumento do teor de matéria orgânica e da CTC do solo.

Dos nutrientes que são liberados durante a mineralização dos compostos há particular interesse no nitrogênio. O N total do composto é constituído, em sua maior parte, de moléculas orgânicas estáveis que precisam ser decompostas pelos microrganismos para dar origem às formas de N absorvidas pelas plantas (N-NH_4^+ e N-NO_3^-). Estudos da mineralização de N são recomendados para determinar a fração de N orgânico do resíduo que é convertida em N inorgânico, que juntamente com a quantidade do nutriente recomendada para determinada cultura, é utilizada no

cálculo da dose de resíduo que satisfaz a necessidade de N das plantas (CETESB, 1999) e evita a produção de nitrato em quantidades excessivas, que podem lixiviar.

Na produção de peixes, a quantidade de animais mortos durante a engorda é muito grande e justifica a compostagem. Na matéria seca da musculatura de peixes, de modo geral, as proteínas representam 65%, o que significa que o material é rico em N, e ainda têm-se 2% de P e 0,4% de Ca (ANDRADE; LIMA, 1975). Considerando o resíduo da filetagem, os teores de matéria mineral ficam em torno de 19%, sendo que Ca e P representam 8% e 3% da matéria seca, respectivamente (BOSCOLO et al., 2008). A combinação dos resíduos de peixe, em proporção adequada com materiais vegetais de relação C/N mais alta, pode resultar em compostos de boa qualidade para uso agrícola.

Os objetivos com este trabalho foram: a) determinar a taxa de mineralização do nitrogênio de compostos de peixe; e b) avaliar os efeitos da aplicação de composto de peixe em atributos químicos do solo, na massa seca de componentes morfológicos e nas avaliações na planta de capim-marandu, na presença e ausência de adubação nitrogenada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A produção aquícola brasileira de origem continental aumentou aproximadamente 40% no triênio 2008-2010, período em que a produção passou de 282.008 t para 394.340 t. Em 2010, o Estado de São Paulo foi o segundo maior pólo produtor de pescado do Brasil, com 45.084,4 t, equivalentes a 11,4% da produção nacional. Este crescimento da produção se deu pela ampliação de políticas públicas que facilitaram o acesso aos programas governamentais existentes (MPA, 2012).

Tendo em vista que a mortalidade dos peixes na fase de engorda é de cerca de 20% da criação, estima-se que a exploração aquícola no Brasil gere anualmente cerca de 100.000 t de animais mortos. O descarte destes resíduos no meio ambiente pode provocar sérios problemas de contaminação química e microbiológica do solo e da água. Se bem manejados, os resíduos podem ser transformados em fonte de renda importante, adicionar valor à atividade, e conferir a ela um modelo de produção sustentável que vem sendo cada vez mais requerido na produção animal.

O uso direto dos resíduos da produção de peixes para aplicação no solo não é conveniente e, dentre as formas de tratamento possíveis destaca-se a compostagem, por ser simples, de baixo custo e eficiente (PEREIRA NETO; STENTIFORD, 1992). A compostagem tem sido utilizada em várias partes do mundo por ser considerada uma boa alternativa para a destinação de animais mortos durante a criação (LIAO et al., 1997; LAOS et al., 2002). O número de granjas de aves e de suínos que emprega esse processo no Brasil tem aumentado nos últimos anos e há estudos utilizando essa forma de disposição de animais mortos também em piscicultura (ARAÚJO et al., 2011).

A compostagem é um processo controlado de decomposição microbiológica do material orgânico, que visa acelerar a decomposição que ocorreria naturalmente no meio ambiente, transformando os resíduos em um produto mais estável, com baixo risco ambiental e sanitário (KUBITZA; CAMPOS, 2006), em que as formas orgânicas dos nutrientes são parcialmente transformadas em formas minerais, disponíveis para as plantas (KIEHL, 1985).

Além dos benefícios sanitários, econômicos e ambientais da compostagem, o seu produto final, o composto orgânico, quando aplicado ao solo, fornece macro e micronutrientes, é corretivo da acidez do solo, e atua como condicionador do solo, uma vez que possui componentes que têm forte ação cimentante e que são responsáveis pela formação dos agregados e da estrutura do solo (KIEHL, 1985).

O composto produzido a partir de carcaças de animais apresenta em sua composição N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn e Cu, todos nutrientes de plantas (MUKHTAR et al., 2004 citados por PAIVA, 2008). A concentração dos nutrientes nos compostos produzidos a partir de restos de piscicultura depende das espécies de peixe, dos outros materiais que são utilizados na compostagem e das condições climáticas, mas, de modo geral, são ricos em N e P e pobres em K (ROINILA et al., 1998). Quando compostado com turfa ou turfa mais palha, em proporções variáveis, os compostos apresentaram concentrações de N total entre 15,9 e 34,7 g kg⁻¹, 41 a 60% do total já na forma mineral, e relação C/N entre 20,4 e 44,1. Com aplicação de até 25 t ha⁻¹ destes compostos nas culturas de batata e cebola a produtividade aumentou em relação ao tratamento sem fertilização (ROINILA et al., 1998). O conteúdo de metais pesados nos compostos produzidos a partir de restos da piscicultura é baixo: 0,13 mg kg⁻¹ de Hg, 0,23 mg kg⁻¹ de Cd, 1,8 mg kg⁻¹ de Ni, 16,2 mg kg⁻¹ de Cr e Pb (ROINILA et al., 1998). Deste modo, do ponto de vista ambiental, os maiores riscos estão na produção de N-NO₃⁻, produto final das transformações do N e que pode lixiviar e contaminar corpos de água.

Estudos da mineralização de N são recomendados para determinar a fração de N orgânico do resíduo que é convertida em N inorgânico, que juntamente com a quantidade do nutriente recomendada para determinada cultura, é utilizada no cálculo da dose de resíduo que satisfaz a necessidade de N das plantas (CETESB, 1999) e evita a produção de nitrato em quantidades excessivas, que podem lixiviar e atingir reservatórios de água subterrâneos.

A taxa de mineralização varia entre os resíduos devido às suas características, como labilidade e composição das frações orgânicas. A fração de mineralização de N de composto de lixo urbano, estimada por Mantovani et al. (2006), foi de 12% em 126 dias de incubação. Para lodo de esgoto, a fração de

mineralização obtida por Moretti et al. (2013), em 147 dias de incubação, foi 5,7 vezes maior do que a do composto de lixo.

A proporção entre C e N contidos no resíduo, quando menor que 20, favorece a atividade microbiana e, assim, a mineralização dos materiais orgânicos no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Abera et al. (2012), em estudo sobre mineralização de N de resíduos, durante 135 dias de incubação, obtiveram maior disponibilidade de N para resíduo de plantas de ervilha com relação C/N de 20,4 em relação ao resíduo de plantas de feijão com C/N de 40,6.

No entanto, a liberação de N inorgânico pode ser lenta e, dependendo da relação C/N do resíduo, pode ocorrer imobilização de N na fase inicial da mineralização, sendo interessante a combinação com aplicação de adubação nitrogenada. Abera et al. (2013) ao utilizarem resíduos de plantas de feijão, de milho e de ervilha em cultivo de milho em casa de vegetação, obtiveram liberação de nutrientes como o N, que promoveram o crescimento e aumentaram a produção de biomassa de milho. No entanto, a quantidade de N liberada a partir dos resíduos não foi suficiente para o suprimento do nutriente para as plantas e, por isso, os autores sugeriram a combinação de fontes de fertilizantes químicos e orgânicos para benefício imediato da cultura.

Prescott e Zabek (1997) trabalharam com composto de peixe e serragem com concentração de N total de $16,9 \text{ g kg}^{-1}$, estando 15% do total já na forma mineral, e com relação C/N de 27,7. Os autores verificaram que a aplicação de aproximadamente $270 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ do composto em área florestal com *Thuja plicata* e *Tsuga heterophylla*, resultou em maior crescimento no primeiro ano e crescimento semelhante nos 3 anos seguintes, em relação ao tratamento sem fertilização. Segundo os autores, a aplicação de palha de trigo resultou em melhor resposta nos 4 anos de avaliação, por apresentar disponibilização de N mais lenta e por período prolongado, uma vez que não é parcialmente decomposta como o composto.

Araújo et al. (2011), em experimento em Latossolo Vermelho-Amarelo álico, textura argilosa, utilizaram dois compostos de peixe em doses equivalentes a 50; 75 e 100% da dose recomendada (17 t ha^{-1} para o composto com casca de arroz e 4 t ha^{-1} para o com casca de acácia) e, verificaram que houve influência na altura e no número de nós na cultura do feijão-comum, sendo o tratamento de 75% da dose

recomendada o que resultou em melhor desenvolvimento das plantas, independente do composto utilizado.

O composto produzido a partir de restos da piscicultura pode, em princípio, ser utilizado em qualquer cultura, incluindo pastagens. Grande parte das áreas ocupadas com pastagens no Brasil está degradada ou em processo de degradação e uma forrageira muito utilizada no Brasil é a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que apresenta alta resposta à aplicação de fertilizantes, baixa adaptação a solos de baixa fertilidade (VALLE et al., 2010), e boa resposta às adubações nitrogenada e fosfatada (WERNER, 1994). Deste modo, a utilização do composto produzido a partir de restos de piscicultura pode contribuir para recuperação do solo e da produtividade da pastagem, pois o material é, ao mesmo tempo, fonte de nutrientes e de C orgânico, do qual pode resultar aumento do teor de matéria orgânica, com todos os benefícios que podem ser associados a ele, particularmente aumento da CTC do solo e do teor de N orgânico, e melhora da estrutura do solo e da atividade microbiana.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'058"W, e altitude de 595 m.

O experimento foi desenvolvido em 3 locais dentro do Campus: os compostos de peixe foram produzidos no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP); a determinação da taxa de mineralização do N dos compostos foi feita no laboratório de Fertilidade do Solo e a avaliação do efeito do composto de peixe nos atributos químicos do solo, e nas características da planta de capim-marandu foi desenvolvido em casa de vegetação, localizada no Setor de Forragicultura.

3.1. Compostos de peixe

Foram utilizados dois compostos, um produzido a partir de resíduo de peixe + maravalha na proporção 1:2 (massa: massa), e outro a partir de resíduo de peixe + resíduo picado de poda de árvores, também na proporção 1:2 (massa: massa). Os compostos foram produzidos no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) de Jaboticabal-SP, a partir de peixes mortos na fase de engorda, oriundos da piscicultura do Grupo Ambar Amaral, localizada no município de Santa Fé do Sul-SP. Os compostos foram produzidos no período de 30 de agosto a 09 de outubro de 2012, sob a responsabilidade da equipe da Pesquisadora Dra. Rose Meire Vidotti, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da cidade de São José do Rio Preto-SP. A maturação dos compostos foi estabelecida a partir do momento em que as temperaturas mantiveram-se constantes.

Os compostos foram secos a 55°C até peso constante para interrupção da atividade microbiana, e posteriormente foram armazenados em câmara seca. Na análise dos compostos foram usados métodos descritos em Alcarde (2009) e os resultados estão expressos na base seca (Tabela 1).

Tabela 1. Características do composto de peixe com maravalha (CPM) e do composto de peixe com poda de árvore (CPP).

	Umidade	P	K	Ca	Mg	S	C orgânico total	N total	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	C/N
	%	-----g kg ⁻¹ -----							----mg kg ⁻¹ ----		
CPM	37,5	5,7	2,5	12,1	1,0	1,3	431,7	7,9	369,9	209,1	54,7
CPP	36,0	10,4	10,5	21,3	2,5	2,3	404,1	19,5	280,5	99,9	20,7

3.2. Solo

Para os experimentos de incubação em laboratório e de casa de vegetação foi coletado solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006) em área da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, no município de Jaboticabal (SP). A coleta foi feita no mês de outubro de 2012, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, nas entrelinhas de cultura de seringueira. O volume total de solo coletado foi seco, passado em peneira de 4 mm de abertura de malha, homogeneizado e amostrado para determinação de atributos químicos, segundo Raij et al. (2001), e também para determinação da granulometria, de acordo com Camargo et al. (2009).

Os resultados obtidos na análise química foram: pH_{CaCl2}, 4,5; MO, 24 g dm⁻³; P, 6 mg dm⁻³; S-SO₄²⁻, 7 mg dm⁻³; K⁺, 1,4 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺, 10 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 4 mmol_c dm⁻³; H+Al, 42 mmol_c dm⁻³; Al³⁺, 4 mmol_c dm⁻³; SB, 15 mmol_c dm⁻³; CTC, 57 mmol_c dm⁻³; V, 27%; B, 0,22 mg dm⁻³; Cu, 1,4 mg dm⁻³; Fe, 23 mg dm⁻³; Mn, 40 mg dm⁻³ e Zn, 0,6 mg dm⁻³. Os teores de argila, silte, areia fina, areia grossa e areia total foram, em g kg⁻¹: 420; 120; 150; 310 e 460, respectivamente, caracterizando o solo como de textura argilosa.

3.3. Determinação da taxa de mineralização de N dos compostos de peixe em laboratório

A avaliação da taxa de mineralização do N dos compostos foi feita em colunas de vidro, no laboratório de Fertilidade do Solo da FCAV. O experimento em laboratório foi conduzido, em linhas gerais, obedecendo a norma técnica P4.230 (CETESB, 1999), para aplicação de lodos em solos agrícolas.

3.3.1. Curva de neutralização da acidez do solo por meio da combinação de composto de peixe e carbonatos

Para a determinação da fração de mineralização de N é recomendado que se trabalhe no valor de pH em CaCl_2 igual a 6,0 (CETESB, 1999), de modo que para cada dose de composto a ser aplicada é necessário combinar uma dose de corretivo de acidez, a qual é definida por meio de curvas de neutralização. Para determinação das curvas de neutralização foram combinadas cinco doses de cada composto 0, 10, 20, 30 e 40 t ha^{-1} , e oito doses de carbonato de cálcio, com três repetições. As doses de composto foram definidas com base na recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), segundo a qual, para esterco bovino e compostos, devem ser aplicados até 40 t ha^{-1} . As doses de CaCO_3 foram correspondentes a 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50 e 1,75 vezes o necessário para atingir pH em CaCl_2 igual a 6,0.

Porções de solo equivalentes a 0,1 dm^3 foram pesadas e colocadas em sacos de plástico. As doses dos compostos de peixe e as doses de CaCO_3 foram pesadas e misturadas, a seco, com o volume de solo. Após a mistura dos produtos, o solo foi transferido para recipientes de plástico com capacidade para 0,14 dm^3 , umedecido a 60% da capacidade de retenção de água, com água deionizada, coberto com papel e mantido em incubação por 30 dias. Neste período, os recipientes foram pesados a cada dois dias e a reposição de água foi feita visando manter o peso inicial.

Ao término da incubação, no dia 05 de fevereiro de 2013, as amostras de solo foram espalhadas em bandejas de plástico para secar e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para determinação do valor de pH em CaCl_2 (QUAGGIO; RAIJ, 2001). Com os valores de pH e as doses de carbonato foram calculadas regressões para cada dose dos compostos (Figuras 1a e 1b), o que permitiu o cálculo da dose de carbonato necessária para atingir pH em CaCl_2 igual a 6,0 para cada dose de composto.

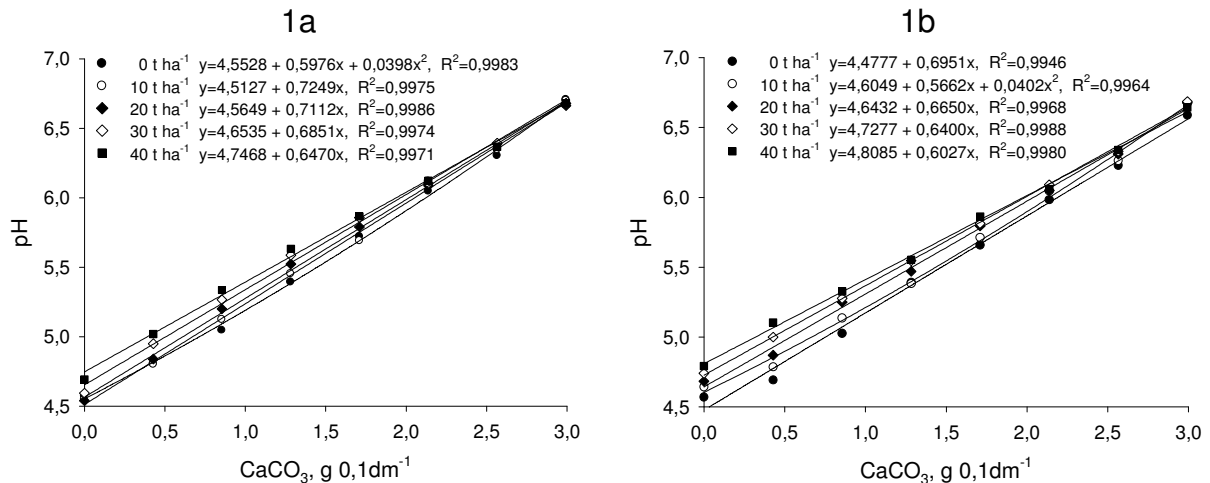


Figura 1. Curvas de neutralização da acidez do solo por meio da combinação de composto de peixe + maravalha (1a), ou composto de peixe + poda de árvores (1b), com carbonato de cálcio.

3.3.2. Ensaio de incubação aeróbia com longa duração e com lixiviação

A partir do peso médio de 1 dm³ do solo foram calculadas e pesadas quantidades equivalentes a 0,04 dm³, as quais foram colocadas em sacos de plástico. Com base nas curvas de valores de pH em função das doses de carbonato de cálcio, para cada dose de composto, pesou-se a quantidade de CaCO₃ necessária para atingir pH em CaCl₂ igual a 6,0. Como os compostos eram grosseiros e as quantidades necessárias para instalação das colunas eram muito pequenas, foi tomada massa conhecida dos compostos, as quais foram passadas em peneira de 1,0 mm de abertura de malha e as duas frações, a que passou pela peneira e a que ficou retida, foram pesadas, obtendo-se 31% e 17% de partículas menores que 1,0 mm, respectivamente, nos compostos de maravalha e de poda de árvores. Quantidades dos compostos de peixe equivalentes às doses 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹ foram pesadas obedecendo a proporção das frações menor e maior que 1,0 mm. Na conversão das doses de t ha⁻¹ para g 0,04 dm⁻³ foi admitida aplicação dos compostos em área total com incorporação na camada de 0 a 20 cm de profundidade, o que equivale a volume de solo de 2.000.000 dm³. À mistura solo + CaCO₃ + composto foram adicionados 20 cm³ de areia fina, lavada com solução de HCl 6 mol L⁻¹.

No dia 02 de maio de 2013 foram preparadas as colunas com a mistura de solo + areia + carbonato + composto de peixe com maravalha e, no dia seguinte foram preparadas as colunas com a mistura + composto de peixe com poda de árvores. Nas colunas de percolação, de vidro, foram colocadas, primeiramente uma camada de lã de vidro com cerca de 3 cm de espessura, em seguida, a mistura de solo + areia + carbonato + composto e, por último, outra camada de lã de vidro com cerca de 1 cm de espessura (Figura 2). No tempo zero foi feita lixiviação com 200 mL de solução de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e coleta do lixiviado para determinação de N-NH_4^+ e N-NO_3^- . Após a coleta do lixiviado foram adicionados, ao solo das colunas, 25 mL de solução nutritiva, sem N, contendo $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $0,002 \text{ mol L}^{-1}$, MgSO_4 $0,002 \text{ mol L}^{-1}$ e KH_2PO_4 $0,005 \text{ mol L}^{-1}$ e, em seguida, foi aplicado vácuo de $0,067 \text{ MPa}$ para eliminação do excesso da solução nutritiva. Os tubos foram tampados com filme de plástico com pequeno orifício para troca de ar, e mantidos em BOD com temperatura controlada a $27^\circ\text{C} \pm 1,0^\circ\text{C}$.

A lixiviação foi repetida aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias de incubação. Nos lixiviados foram feitas determinações de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- por meio de destilação a vapor com adição de MgO e de liga de Devarda, respectivamente. O destilado foi recebido em solução de H_3BO_3 mais indicadores e a titulação foi feita com solução de H_2SO_4 $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (CANTARELLA; TRIVELIN, 2001). Após cada lixiviação a solução nutritiva foi reaplicada e a umidade do solo das colunas foi ajustada conforme já descrito.



Figura 2. Colunas de percolação com a mistura de solo + areia + carbonato + composto.

Os teores de N-inorgânico ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) foram expressos em base seca ($mg\ kg^{-1}$ de solo). Os dados foram ajustados à equação de regressão exponencial de cinética de primeira ordem (STANFORD; SMITH, 1972):

$$N_m = N_0(1 - e^{-kt}),$$

Em que:

N_m = N-inorgânico mineralizado ($mg\ kg^{-1}$) no tempo t (dias);

N_0 = N-potencialmente mineralizável ($mg\ kg^{-1}$), e

k = constante de mineralização (dia^{-1});

Foi calculado o valor do tempo de meia vida, $T_{1/2}$, que é o tempo necessário para que metade do N_0 seja mineralizada: $T_{1/2} = \ln 2/k$.

A fração de mineralização (FM) foi determinada por meio da porcentagem de N orgânico aplicado que foi mineralizado no período de incubação, seguindo o procedimento descrito na Norma P4.230, anexo E, da Cetesb (CETESB, 1999).

$$FM = \frac{N\ min\ acum}{N_{KJ}} \times 100$$

FM: Fração de mineralização do N (%)

N min acum: N mineralizado acumulado em 126 dias de incubação ($mg\ dm^{-3}$)

NKJ: Nitrogênio Kjeldahl = Nitrogênio orgânico total + Nitrogênio amoniacal ($mg\ kg^{-1}$)

3.4. Determinação do efeito do composto de peixe em atributos químicos do solo, na massa seca de componentes morfológicos e nas avaliações na planta de capim-marandu

Foi conduzido experimento em casa de vegetação localizada no Setor de Forragicultura da FCAV. No experimento foi empregado o mesmo solo utilizado no experimento para determinação da taxa de mineralização de N e o composto de peixe + poda de árvores. Os tratamentos foram resultado da combinação, em esquema fatorial, de cinco doses do composto na presença e ausência de N, mais dois tratamentos-testemunha, um não adubado e outro com adubação mineral, em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições.

Porções equivalentes a $4,5 \text{ dm}^3$ do solo foram pesadas e colocadas em sacos de plástico. Com base na análise de solo, a acidez foi corrigida para atingir valor de índice de saturação por bases de 60%, nos tratamentos com aplicação de composto e com adubação mineral. A calagem foi feita empregando CaCO_3 e $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, mantendo a relação Ca:Mg de 2:1. Os sais foram pesados separadamente e misturados, a seco, com o volume de solo.

Nos tratamentos com o composto, na quantidade pesada foi obedecida a proporção das frações menor e maior que 1,0 mm, e as doses foram as mesmas utilizadas na determinação da taxa de mineralização de N (0, 10, 20, 30 e 40 t ha^{-1}). O composto foi misturado ao solo seco, juntamente com os carbonatos.

No tratamento com adubação mineral, juntamente com os carbonatos foi aplicado superfosfato triplo em pó, na dose de 100 mg dm^{-3} de P. Após a mistura dos produtos, o solo foi transferido para vasos de plástico e umedecido a 60% da capacidade de retenção de água, com água deionizada. Os vasos foram cobertos com papel e o solo foi mantido em incubação por 15 dias. A manutenção da umidade foi feita por meio de pesagem dos vasos e reposição de água a cada dois dias. No décimo quinto dia após o início da incubação, no tratamento com adubação mineral foi feita aplicação de 100 mg dm^{-3} de N, 150 mg dm^{-3} de K, 50 mg dm^{-3} de P, 10 mg dm^{-3} de S e $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn, empregando NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , KCl, K_2SO_4 e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, respectivamente. A dose de N corresponde a média das doses por corte que apresentaram melhor resposta do capim-marandu para as características avaliadas por ARTUR (2010). Novo período de incubação de 15 dias foi obedecido, mantendo a umidade do solo conforme já descrito.

Ao término do período de incubação, o solo foi retirado dos vasos, espalhado sobre pedaços de lona plástica e amostrado. As amostras úmidas foram usadas na determinação de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- (RAIJ et al., 2001). Depois da coleta das amostras úmidas o solo foi seco ao ar, passado em peneira de 4 mm, homogeneizado e novamente amostrado. Nas amostras secas, passadas em peneira de 2 mm, foram determinados os valores de $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ e os teores de MO, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H+Al (RAIJ et al., 2001). Exatos $4,0 \text{ dm}^{-3}$ de solo foram devolvidos aos vasos e reumedecidos a 60% da capacidade de retenção de água, com água desionizada.

A semeadura do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), foi feita no dia 14 de janeiro de 2014, colocando-se as sementes a aproximadamente 0,5 cm de profundidade. A maior parte das plântulas emergiu no dia 17 de janeiro. No dia 21 de janeiro realizou-se o primeiro desbaste, deixando 12 plantas por vaso, e após 12 dias, o segundo, mantendo 4 plantas por vaso.

Os vasos foram dispostos na bancada da casa de vegetação, em quatro linhas, e durante a condução do experimento foram movimentados todos os dias, para minimizar efeitos de diferenças de temperatura e luminosidade dentro da casa de vegetação. Após a emergência das plântulas, a umidade do solo foi mantida a aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água, por meio de uma pesagem semanal de todos os vasos e pesagens amostrais diárias, com reposição de água deionizada sempre que a variação em relação ao peso inicial foi superior a 50 g.

O período total de condução do experimento foi de 71 dias, com o 1º corte aos 43 dias a partir da emergência das plantas. No dia seguinte ao primeiro corte foi feita nova adubação nitrogenada com 100 mg dm⁻³ de N (NH₄NO₃). Antes de cada corte foram avaliados: a altura das plantas por vaso; número de perfilhos por planta; o diâmetro dos perfilhos; e leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development), feita na última folha totalmente expandida com lígula exposta. Os dois cortes foram feitos a 10 cm da superfície do solo dos vasos. Em ambos, a parte aérea coletada foi imediatamente pesada e separada em colmos e lâminas foliares. As lâminas foram usadas na medida da área foliar empregando planímetro ótico modelo Li Cor 3000 A, pesadas, e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas para determinação da massa seca.

Os efeitos da adubação nitrogenada e das doses do composto de peixe nos atributos químicos do solo, na massa seca de componentes morfológicos, e nas avaliações feitas nas plantas, foram avaliados por meio de análise de variância (teste F). O efeito da adubação nitrogenada foi avaliado pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Quando houve significância para doses de composto, fez-se análise de contraste na presença e na ausência de N. Para comparações entre o tratamento-testemunha não adubado com cada um dos outros tratamentos foi utilizado o teste Dunnett a 5%. As análises estatísticas foram feitas para cada corte

separadamente, com a utilização do programa SAS 9.2 (Statistical Analysis System, 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mineralização do N

A maior variação nos teores de N mineralizado ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$), em ambos os compostos, foi observada nos primeiros 21 dias de incubação (Figuras 3a e 3b), com aumento acentuado dos teores até o 7º dia, seguido de diminuição até o 21º dia de incubação, em todas as doses. A rápida mineralização inicial, seguida de diminuição, é comum em estudos de mineralização de resíduos aplicados em solos (BOEIRA et al., 2002; MANTOVANI et al., 2006), e a maior quantidade de N mineralizada no início da incubação é atribuída à presença de frações orgânicas de fácil mineralização, com posterior predomínio de formas de difícil decomposição (CARNEIRO et al., 2007, YAGI et al., 2009). Segundo Giacomini e Aita (2003), a maior parte do N mineralizado de resíduos culturais ocorreu nos primeiros 15 dias de incubação, em Argissolo Vermelho, sendo isso atribuído à decomposição de formas mais lábeis de N, predominando, posteriormente, formas de N mais recalcitrantes.

Todos os tratamentos apresentaram pico aos sete dias de incubação e imobilização de N a partir do 21º dia. Para o composto de peixe e maravalha (CPM), a imobilização do N ocorreu até o 126º dia de incubação (último dia de avaliação), e para o composto de peixe e poda de árvores (CPP) até o 70º dia de incubação, sendo que a partir do 98º dia, houve mineralização líquida de N (Figuras 4a e 4b).

Segundo Moreira e Siqueira (2006), relações C/N maiores que 30, como foi verificado no CPM (54,7), são consideradas altas e favorecem a imobilização, com incorporação temporária do N mineral na biomassa microbiana. Silva et al. (2007) ao adicionarem palha de trigo com relação C/N igual a 65,2, em Argissolo Vermelho, determinaram imobilização do N mineral durante os 95 dias de avaliação, tanto para a palha em superfície como para a incorporada. Carneiro et al. (2007) também obtiveram imobilização para aplicação de lama celulósica com relação C/N de 55 durante 450 dias de avaliação. Carneiro et al. (2013) obtiveram imobilização líquida com a utilização de substrato orgânico de relação C/N 52,2 durante o período de avaliação de 270 dias de incubação, em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Já o CPP, de relação C/N igual a 20,7, está no intervalo de relação C/N entre 20 e 30, em que há equivalência entre imobilização e mineralização de N (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No entanto, houve imobilização até o 70º dia de incubação, o que não é esperado em função da relação C/N, mas que pode acontecer em função da qualidade dos compostos de C e de N do material. Carneiro et al. (2007), em experimento de mineralização de N com 4 resíduos orgânicos, obtiveram imobilização de N por 200 dias de incubação para composto de resíduo sólido urbano de relação C/N 21 e atribuíram o resultado a diferenças de biodisponibilidade do C e N no adubo orgânico.

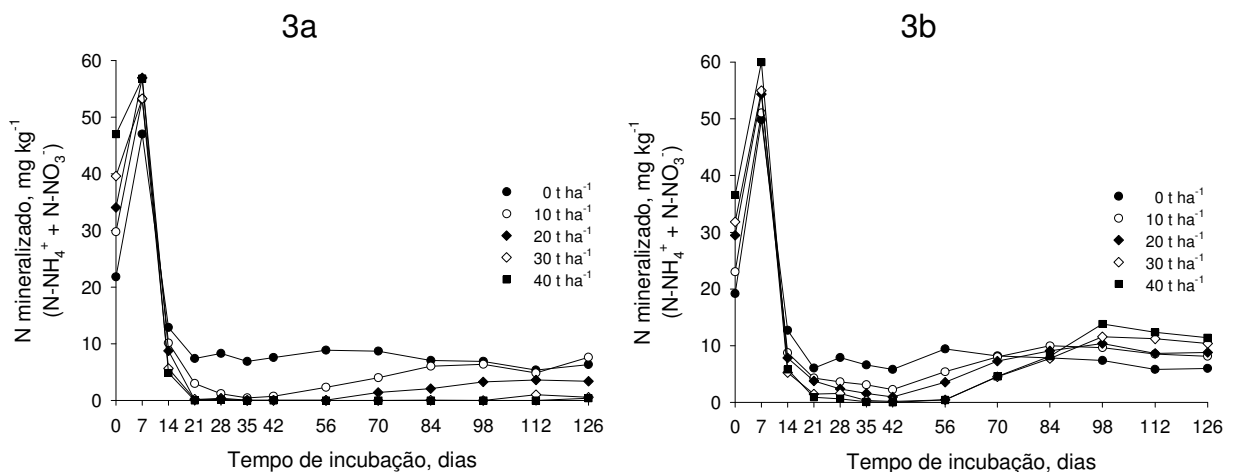


Figura 3. Teores de N mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) após 126 dias de incubação com composto de peixe e maravalha (CPM) (3a) e com composto de peixe e poda de árvore (CPP) (3b).

A aplicação de composto resultou em mineralização rápida do N até os 14 dias. Em média, 89% e 62% do N mineralizado acumulado em 126 dias foram mineralizados nesse período, para os compostos de peixe com maravalha e o com poda de árvores, respectivamente. A maior porcentagem de N mineralizado neste período pelo composto com maravalha é explicada pelo longo processo de imobilização de N que ocorreu a partir de 14 dias.

A utilização dos compostos não resultou em mineralização líquida de N no acumulado após os 126 dias de incubação, ou seja, no tratamento sem aplicação de composto, o N acumulado em 126 dias foi maior que nos tratamentos com aplicação (Figuras 4a e 4b), devido ao longo período de imobilização ocorrido para ambos os

compostos, e provavelmente, ao tempo de incubação não ter sido suficiente para estabilizar o processo de mineralização do N.

Em todas as doses dos dois compostos, o N mineralizado acumulado ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) foi ajustado à equação de regressão exponencial de cinética de primeira ordem (Figura 4), proposta por Stanford e Smith (1972), com R^2 variando de 0,96** a 0,99** (Tabela 2).

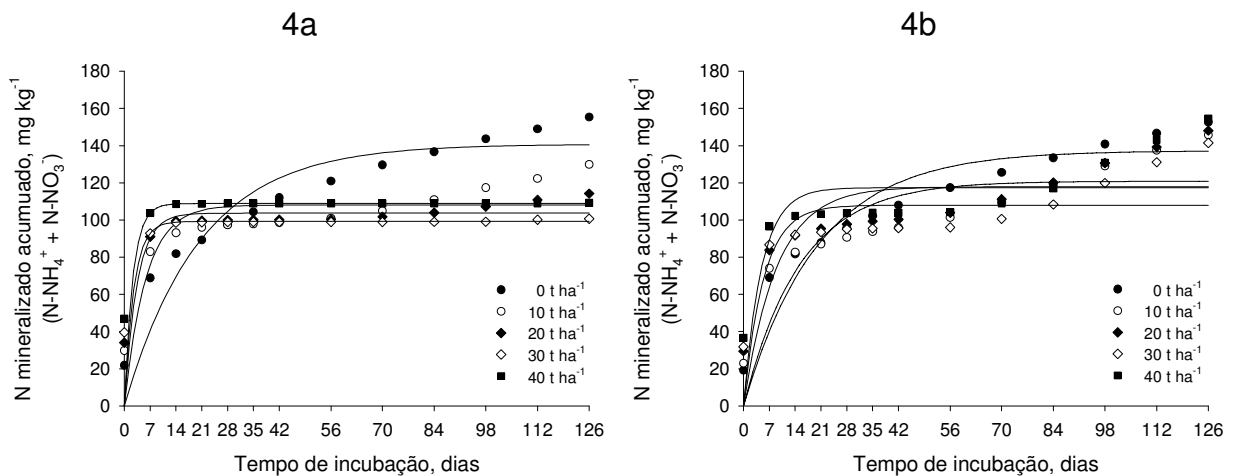


Figura 4. Nitrogênio mineralizado acumulado em 126 dias de incubação com composto de peixe e maravalha (CPM) (4a) e com composto de peixe e poda de árvore (CPP) (4b).

O N potencialmente mineralizável (N_0) foi maior para o CPP, que variou entre 108,0 e 137,3 mg kg^{-1} , e menor para o CPM, 99,3 e 140,8 mg kg^{-1} , para as doses 30 e 0 t ha^{-1} , respectivamente (Tabela 2). Com o aumento das doses o N_0 diminuiu, exceto para a maior dose, em ambos os compostos (Tabela 2). O N_0 também foi maior para o tratamento sem aplicação de composto, em razão do longo período de imobilização, em ambos os compostos.

As constantes de mineralização (k) aumentaram com o aumento das doses de composto (Tabela 2), devido à maior quantidade de substrato disponível para os microrganismos do solo.

O valor de meia-vida ($T_{1/2}$), que é o tempo necessário para que metade do N_0 seja mineralizada, foi menor com a aplicação de CPM em relação ao sem aplicação, e diminuiu com o aumento das doses de CPP (Tabela 2), o que significa que houve maior disponibilização de N em menor tempo, nas maiores doses, porque a

quantidade de N aplicada na forma de composto foi maior. Os valores de $T_{1/2}$ foram pequenos devido a rápida mineralização do N nos primeiros 14 dias de incubação, e ao longo período de imobilização que se seguiu, para ambos os compostos (Figuras 3a e 3b).

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), nitrogênio potencialmente mineralizável (N_0), constante de mineralização (k), meia-vida ($T_{1/2}$) e fração de mineralização (FM), obtidos após 126 dias de incubação.

Composto	Doses t ha ⁻¹	R^2	N_0 mg kg ⁻¹	k dia ⁻¹	$T_{1/2}$ dias	FM %
CPM	0	0,9866**	140,8	0,0486	4	1,97
	10	0,9834**	108,1	0,1723	2	1,65
	20	0,9879**	103,7	0,2909	2	1,45
	30	0,9863**	99,3	0,3915	2	1,28
	40	0,9839**	108,9	0,4364	2	1,39
CPP	0	0,9859**	137,3	0,0494	4	0,78
	10	0,9739**	120,9	0,0650	3	0,75
	20	0,9736**	117,9	0,1113	3	0,76
	30	0,9711**	108,0	0,1842	2	0,73
	40	0,9689**	117,4	0,2049	2	0,79

** significativo a 1% de probabilidade

Após 126 dias de incubação, a fração de mineralização (FM) média foi de 1,55 e 0,76 % para o CPM e o CPP, respectivamente (Tabela 2), e diminuiu com o aumento da dose dos compostos, exceto na maior dose. O CPM apresentou maior período de imobilização do N e por consequência o N_0 foi menor. No entanto, a FM foi maior devido à fórmula de cálculo levar em consideração as características de cada composto quanto ao teor de N total, N amoniacal e N nitrato, que são menores do que os do CPP, inclusive para os tratamentos sem aplicação de composto. Por isso são diferentes, apesar do tratamento T_0 ser o mesmo para ambos os compostos.

4.2. Efeito do composto de peixe em atributos químicos do solo

O teor de MO do solo aumentou linearmente com a aplicação do composto de peixe somente quando foi feita adubação nitrogenada com 100 mg dm^{-3} na forma de NH_4NO_3 (Tabela 3). Nesta condição, a taxa de aumento foi de $0,13 \text{ g dm}^{-3}$ de MO ($0,075 \text{ g dm}^{-3}$ de C) para cada tonelada de composto aplicada e, com aplicação de 40 t ha^{-1} de composto o aumento foi de $5,3 \text{ g dm}^{-3}$ de MO, ou $3,1 \text{ g dm}^{-3}$ de C, em relação ao tratamento-testemunha sem adubação (Tabelas 3 e 4). Na média das doses de composto, a aplicação de N resultou em aumento de $1,5 \text{ g dm}^{-3}$ de MO (Tabela 3). O aumento do teor de MO com a aplicação do composto é um dos efeitos esperados, mas como a variação obtida foi muito grande, pode-se admitir que, pelo menos em parte, é decorrente da presença de partículas de composto não transformadas ainda presentes na amostra depois da incubação de 30 dias, cujo carbono foi quantificado juntamente com o C da MO do solo.

Admitindo que parte do aumento no teor de MO seja devido à presença de composto ainda não transformado, seria esperado que houvesse aumento nas duas condições, sem e com adubação nitrogenada. A adição de N, no entanto, deve ter favorecido a decomposição do composto, ao ponto de transformar parcialmente os compostos orgânicos presentes no resíduo em formas oxidáveis pela mistura de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ usada na determinação da MO do solo. O composto de poda apresentou apenas 17% das partículas menores do que $1,0 \text{ mm}$ e, nos tratamentos sem aplicação de N- NH_4NO_3 , a força da solução usada foi insuficiente para oxidar o material orgânico presente e, com isso, os valores obtidos não aumentaram.

A aplicação de composto aumentou em até 5,1 vezes o teor de P no solo (Tabela 4). Contudo, o teor do nutriente no solo com aplicação do composto representou de 15 a 41% do que foi obtido no tratamento com adubação mineral, considerando a menor e a maior dose de composto, respectivamente. O aumento em relação às doses de composto foi linear, tanto na presença quanto na ausência da adubação nitrogenada (Tabela 3) e, neste caso, a aplicação do adubo nitrogenado não resultou em teores maiores, como ocorreu com a MO. A cada 10 t ha^{-1} de composto aplicadas foram adicionados 52 mg dm^{-3} de P, o que indica que a

recuperação do nutriente após 30 dias de incubação foi baixa. Este resultado está associado provavelmente a dois fatores: mineralização incompleta do composto, e adsorção de parte do P mineralizado com conversão em P-não lábil, como normalmente ocorre em solos argilosos como o que foi utilizado no experimento. O aumento do P disponível do solo com aplicação de lodos, esterco e compostos orgânicos é esperado porque ele é componente dos materiais, mas o aumento é função do material aplicado, da concentração de P, da dose aplicada, do solo no qual é feita a aplicação e do tempo de contato solo-adubo. Kitamura et al. (2008), em experimento com aplicação de lodo de esgoto, obtiveram aumento de 75 vezes no teor de P em relação ao testemunha sem adubação. Pires et al. (2008) observaram maiores teores de P com aplicação de torta de filtro e farinha de ossos e carne que o tratamento com adubação mineral, uma vez que os materiais apresentavam teores altos, 15 g kg⁻¹ e 141 g kg⁻¹ de P, respectivamente.

Tabela 3. Média dos teores de MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e dos valores da CTC no solo.

Nitrogênio	Doses de composto	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC
		mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	
0	0	23,50	6,00	1,17	16,75	8,75	59,75
	10	22,75	11,25	1,92	16,75	9,00	61,00
	20	24,50	16,50	2,72	17,50	9,50	64,00
	30	24,25	24,25	3,45	17,00	8,75	62,50
	40	25,25	31,00	4,17	18,50	9,25	63,50
	Médias		24,05b ⁽¹⁾	17,10a	2,61a	17,30a	9,05a
Contraste ⁽²⁾		ns	L	L	ns	ns	L
Equações		y=24,05	y=5,2+0,63x, R ² =0,9965	y=1,2+0,07x, R ² =0,9995	y=17,30	y=9,05	y=60,3+0,09x, R ² =0,6506
100	0	22,50	7,00	1,17	16,00	8,50	58,00
	10	24,75	13,00	1,90	17,50	8,75	60,75
	20	26,00	16,50	2,83	17,75	9,25	63,00
	30	26,00	22,00	3,42	18,50	9,75	64,75
	40	28,50	29,50	4,10	18,50	9,75	64,75
	Médias		25,55a	17,60a	2,68a	17,65a	9,20a
Contraste		L	L	L	L	L	L
Equações		y=22,9+0,13x, R ² =0,9216	y=6,8+0,54x, R ² =0,9861	y=1,2+0,07x, R ² =0,9948	y=16,4+0,06x, R ² =0,8571	y=8,5+0,03x, R ² =0,9423	y=58,7+0,17x, R ² =0,9176
Teste F ⁽³⁾							
Nitrogênio (N)		5,49*	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Doses de Composto (C)		4,37**	72,75**	563,36**	3,79*	2,83*	8,04**
Interação N x C		1,17 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,77 ^{ns}	1,06 ^{ns}
CV (%) ⁽⁴⁾		8,16	17,13	5,16	6,54	6,71	3,61

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

Tabela 4. Comparações do tratamento testemunha sem adubação com cada um dos outros tratamentos, para as médias dos teores de MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e dos valores da CTC no solo.

Nitrogênio	Doses de composto	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
0	0	23,50 ^{ns (1)}	6,00 ^{ns}	1,17 ^{ns}	16,75*	8,75*	59,75 ^{ns}
	10	22,75 ^{ns}	11,25 ^{ns}	1,92*	16,75*	9,00*	61,00 ^{ns}
	20	24,50 ^{ns}	16,50*	2,72*	17,50*	9,50*	64,00 ^{ns}
	30	24,25 ^{ns}	24,25*	3,45*	17,00*	8,75*	62,50 ^{ns}
	40	25,25 ^{ns}	31,00*	4,17*	18,50*	9,25*	63,50 ^{ns}
100	0	22,50 ^{ns}	7,00 ^{ns}	1,17 ^{ns}	16,00*	8,50*	58,0 ^{ns}
	10	24,75 ^{ns}	13,00*	1,90*	17,50*	8,75*	60,75 ^{ns}
	20	26,00 ^{ns}	16,50*	2,83*	17,75*	9,25*	63,00 ^{ns}
	30	26,00 ^{ns}	22,00*	3,42*	18,50*	9,75*	64,75 ^{ns}
	40	28,50*	29,50*	4,10*	18,50*	9,75*	64,75 ^{ns}
Testemunha Adubado		23,00 ^{ns}	76,25*	4,00*	20,00*	9,25*	69,25*
Testemunha não Adubado		23,25	6,00	1,22	9,25	4,00b	62,72
CV (%) ⁽²⁾		7,68	13,05	4,65	6,50	6,63	3,80

⁽¹⁾ ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Dunnett, com relação ao tratamento testemunha não adubado.

⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

A aplicação do composto aumentou os teores de K⁺ de forma linear na presença e na ausência da adubação nitrogenada (Tabela 3). Os teores variaram de 1,17 a 4,10 mmol_c dm⁻³, atingindo teor semelhante ao obtido com a adubação mineral, que foi de 4,00 mmol_c dm⁻³ (Tabela 4). Segundo Pires et al. (2008), os baixos teores de K são reconhecidamente uma das limitações ao uso de compostos orgânicos, e em experimento com 4 materiais orgânicos que possuíam teores do nutriente variando de 1,1 a 6,3 g kg⁻¹, obtiveram teores de K menores do que os conseguidos com adubação mineral, devido à menor adição do nutriente. No caso do composto de peixe, a aplicação de 10 t ha⁻¹ resultou na incorporação de 1,3 mmol_c dm⁻³ de K⁺. O aumento médio de K⁺ a cada 10 t ha⁻¹ aplicadas foi de 0,84 mmol_c dm⁻³, o que significa recuperação de 65%, bem maior do que a recuperação média de P, que foi de 12,5%. A diferença está relacionada ao fato de o K não ser elemento estrutural das moléculas orgânicas e, por isso, ser rapidamente liberado no processo de decomposição, e também por não sofrer reações de adsorção irreversíveis no solo, de modo que tudo o que é mineralizado deve ser extraído na análise de solo.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentaram aumento linear com a aplicação de composto apenas na presença da adubação nitrogenada, mas os aumentos foram pequenos, de 2,5 e de 1,25 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , respectivamente (Tabela 3). Nos dois casos a recuperação foi baixa, uma vez que a cada 10 t ha^{-1} de composto as quantidades adicionadas de Ca e de Mg foram 2,7 e 1,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente. Neste caso, a explicação está na mineralização incompleta do composto avaliado.

Houve aumento linear da CTC do solo devido à aplicação do composto, tanto na presença quanto na ausência de adubação nitrogenada (Tabela 3). O aumento da CTC do solo é explicado pelo aumento do teor de MO, já comentado anteriormente. No entanto, comparando o aumento do teor de MO do solo com o aumento no valor de CTC, e considerando que a CTC do húmus do solo é de cerca de 2.000 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, tem-se que o aumento obtido na CTC foi abaixo do esperado, o que reforça o argumento que a quantidade de MO determinada foi superestimada devido à presença de composto não transformado na amostra de solo. Ainda, como a CTC foi obtida por cálculo (bases + acidez total), e no sistema não houve perdas por lixiviação, há a possibilidade de o aumento ser devido, em parte, a acúmulo de bases solúveis, e não completamente a aumento de sítios de troca na fase sólida do solo. Gomes et al. (2005) também observaram aumento da CTC devido ao aumento nos teores de bases trocáveis no solo fornecidos por composto orgânico de esterco bovino + restos de milho.

Os teores de Ca^{2+} obtidos no tratamento com adubação mineral foram maiores do que os determinados nas amostras com aplicação de composto devido à utilização de superfosfato triplo como fonte de P, que possui Ca em sua composição (Tabela 4).

Os valores de pH do solo aumentaram 0,6 unidade de pH devido à calagem, conforme se constata da comparação dos tratamentos testemunha não adubado e demais tratamentos (Tabela 6). Com a aplicação do composto não houve variação nos valores de pH, efeito que é relatado com alguma frequência quando se faz aplicação de adubos orgânicos ao solo (REIS; RODELLA, 2002; YAGI et al., 2003; MANTOVANI et al., 2005). O efeito predominante, no entanto, é de aumento de pH, mas há relatos também de diminuição e, ainda, durante o processo de

transformação dos adubos orgânicos o valor de pH pode variar. A aplicação de dose equivalente a 20 t ha⁻¹, em base seca, com incorporação na camada de 0 a 20 cm, de esterco de frango, suíno e bovino, e de lodo de esgoto, causou aumento no valor de pH, seguido de diminuição com o tempo de incubação. O aumento no valor de pH foi relacionado com as características dos resíduos (pH entre 6,1 e 7,8 e teor de CaCO₃ entre 2,1 e 21,7%) e ao consumo de prótons por grupos fenólicos, carboxílicos e enólicos dos materiais humificados, enquanto a diminuição do pH foi associada à nitrificação (NARAMABUYE; HAYNES, 2007). A aplicação do composto de peixe não resultou em variação no valor de pH do solo provavelmente porque a taxa de decomposição foi muito baixa no período avaliado.

Tabela 5. Média dos valores de pH_{CaCl2}, do índice de saturação por bases (V%) e dos teores de NH₄⁺, NO₃⁻ e N min no solo.

Nitrogênio	Doses de composto	pH	V	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N min
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	CaCl ₂	%	-----mg kg ⁻¹ -----		
0	0	5,0	44,25	31,97	45,55	77,52
	10	5,1	45,25	31,23	50,24	81,47
	20	5,0	46,75	23,39	61,67	85,06
	30	5,0	47,00	18,85	66,45	85,30
	40	5,0	50,00	18,99	76,01	95,00
	Médias	5,0a ⁽¹⁾	46,65a	24,88b	59,98b	84,87b
	Contraste ⁽²⁾	-	L	L	L	-
	Equações	-	y=44,0+0,13x, R ² =0,9204	y=32,5-0,38x, R ² =0,8971	y=44,6+0,77x, R ² =0,9837	-
100	0	5,0	44,25	72,20	93,00	165,19
	10	5,0	46,25	81,91	97,03	178,94
	20	5,0	47,00	68,40	99,97	168,38
	30	5,1	48,75	73,13	99,66	172,79
	40	5,1	50,00	69,73	101,21	170,95
	Médias	5,0a	47,25a	73,07a	98,17a	171,25a
	Contraste	-	L	ns	L	-
	Equações	-	y=44,4+0,14x, R ² =0,9862	y=73,07	y=94,4+0,77x, R ² =0,8493	-
Teste F ⁽³⁾						
Nitrogênio (N)		0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	364,29**	379,47**	821,72**
Doses de Composto (C)		2,27 ^{ns}	9,41**	3,36*	12,25**	1,68 ^{ns}
Interação N x C		1,79 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,97 ^{ns}	4,59**	1,34 ^{ns}
CV (%) ⁽⁴⁾		1,00	4,27	16,30	7,84	7,44

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

Tabela 6. Comparações do tratamento-testemunha sem adubação com cada um dos outros tratamentos, para média dos valores de $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, do índice de saturação por bases (V%) e dos teores de NH_4^+ , NO_3^- e N min no solo.

Nitrogênio	Doses de composto	$\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$	V	N- NH_4^+	N- NO_3^-	N min
mg dm^{-3}	t ha^{-1}		%	----- mg kg^{-1} -----		
0	0	5,0* ⁽¹⁾	44,25*	31,97*	45,55*	77,52 ^{ns}
	10	5,1*	45,25*	31,23*	50,24*	81,47 ^{ns}
	20	5,0*	46,75*	23,39*	61,67*	85,06 ^{ns}
	30	5,0*	47,00*	18,85*	66,45*	85,30 ^{ns}
	40	5,0*	50,00*	18,99*	76,01*	95,00*
100	0	5,0*	44,25*	72,20*	93,00*	165,19*
	10	5,0*	46,25*	81,91*	97,03*	178,94*
	20	5,0*	47,00*	68,40*	99,97*	168,38*
	30	5,1*	48,75*	73,13*	99,66*	172,79*
	40	5,1*	50,00*	69,73*	101,21*	170,95*
Testemunha Adubado		4,9*	48,04*	53,08 ^{ns}	105,61*	158,69*
Testemunha não Adubado		4,4	23,09	49,30	22,42	71,73
CV (%) ⁽²⁾		1,03	4,19	15,54	1,80	1,43

⁽¹⁾ ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Dunnett, com relação ao tratamento testemunha não adubado.

⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

A aplicação de composto aumentou o índice de saturação por bases de forma linear na presença e na ausência da adubação nitrogenada (Tabela 5). Os valores variaram de 44 a 50, atingindo valor maior que o obtido com adubação mineral (48) (Tabelas 5 e 6). No entanto, como os valores de pH não variaram, pode-se admitir que o efeito no valor de V% deve-se à presença de bases solúveis, como comentado quando se tratou da CTC do solo e que, portanto, se a avaliação tivesse sido feita em sistema aberto, o efeito não seria verificado.

Houve predomínio de N- NO_3^- em relação a N- NH_4^+ em todos os tratamentos, com exceção do testemunha não adubado, no qual predominou N- NH_4^+ (Tabela 6). O predomínio da forma amoniacal indica uma possível limitação ao processo de nitrificação, que pode ocorrer por diversos fatores, como aeração do solo, umidade, abundância de íons de amônio, e população e diversidade de organismos nitrificantes (Sahrawat et al., 2008). No entanto, na condição do experimento, em que os fatores ambientais foram os mesmos para todos os tratamentos e foi feito controle de umidade do solo, um dos fatores que pode ter causado esta limitação é o pH do solo (4,4), uma vez que no tratamento de dose 0 de composto, em que foi

feita apenas correção do solo e o valor de pH aumentou para 5,0, houve predomínio de N-NO_3^- . Sahrawat (1982), em solos com valores de pH entre 3,4 e 4,4, após incubação aeróbica durante quatro semanas, verificou a formação de N amoniacal, mas não constatou a produção de nitrato.

Com a aplicação de composto na ausência da adubação nitrogenada, houve aumento na liberação de N mineral, confirmando o efeito do composto em fornecer N, e houve aceleração do processo de nitrificação, uma vez que os teores de N-NH_4^+ diminuíram linearmente com aplicação do composto (Tabela 5), passando de 41% para 20% do N- mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Com a aplicação de composto combinada com adubação nitrogenada os teores de N-mineral, conforme esperado, foram maiores que na ausência da adubação. Comparando os tratamentos de dose 0 de composto, a adubação nitrogenada aumentou o teor de N-NH_4^+ em 40 mg kg^{-1} e o N-NO_3^- em 47 mg kg^{-1} . Com a adubação nitrogenada, não houve variação nos teores de N-NH_4^+ (Tabela 5) e os de N-NO_3^- aumentaram até 8,8%.

Os teores de N-NO_3^- aumentaram linearmente na presença e na ausência da adubação com N (Tabela 5), com valores maiores nos tratamentos que receberam o N, variando de 93 a 101 mg kg^{-1} , chegando a valor próximo ao obtido no tratamento testemunha adubado (105 mg kg^{-1}) (Tabela 6). A aplicação do composto na ausência de N aumentou em 167% o teor de N-NO_3^- , que em média foi 61% do obtido na presença de N.

Os teores de N mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) foram em média 202% maiores com a aplicação do composto na presença da adubação nitrogenada, e 8% maiores que os obtidos com adubação mineral, o que mais uma vez confirma o efeito do composto em fornecer N.

4.3. Efeito do composto de peixe na massa seca de componentes morfológicos e nas avaliações na planta de capim-marandu

No 1º corte, a massa seca de lâminas foliares e de colmos, aumentaram linearmente com a aplicação do composto de peixe, na presença e na ausência da adubação nitrogenada (Tabela 7 e Figuras 5a e 5b). Com a adubação nitrogenada as massas de lâminas foliares e de colmos foi, em média, 22% e 71% maiores, respectivamente (Tabela 7). Com relação ao tratamento-testemunha sem adubação, a massa seca de lâminas foliares foi menor a partir da aplicação de 20 t ha⁻¹ de composto (Tabela 9). A massa de lâminas foliares na maior dose de composto foi 6,1 vezes a massa da menor dose, na ausência de adubação nitrogenada, e de 4,3 vezes na presença da adubação. Orrico Junior et al. (2013), utilizando 2 compostos de cama de frango, um a base de cana-de-açúcar e outro de capim-elefante, com doses que variavam de 2,6 a 8,3 t ha⁻¹, obtiveram aumento linear na massa seca de capim-piatã, com diferença de 140% entre a menor e a maior dose, independente do composto. Rodrigues et al. (2009) obtiveram acréscimo de cerca de 100% na MS da parte aérea de milho cultivado em casa de vegetação, com a aplicação de 80 t ha⁻¹ de composto orgânico produzido na Usina de Compostagem de Resíduos do Centro Estadual de Abastecimento S/A (CEASA) de Pernambuco.

No segundo corte a massa seca de lâminas foliares e de colmos apresentou comportamento quadrático em relação às doses de composto de peixe, na presença e na ausência da adubação nitrogenada (Tabela 8 e Figuras 6a e 6b). Com a adubação nitrogenada as produções de lâminas foliares e de colmos foram, em média, 27% e 24% maiores, respectivamente (Tabela 8).

A menor produção de massa seca com a aplicação de 40 t ha⁻¹ de composto está relacionada à deficiência de K das plantas, verificada nos últimos 10 dias do segundo período de crescimento. Os sintomas de deficiência de K (Figuras 7a e 7b) observados foram clorose, necrose e coloração avermelhada nas bordas e entre as nervuras das folhas mais velhas (Prado, 2008). Os sintomas foram observados com menor intensidade nos tratamentos com aplicação de 20 e de 30 t ha⁻¹ de composto, e com maior intensidade nos tratamentos com aplicação de 40 t ha⁻¹ de composto, na presença e na ausência da adubação nitrogenada, e também no tratamento

testemunha com adubação mineral. Apesar de o teor de K^+ trocável do solo ter aumentado com o aumento da dose de composto a até $4,17 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor semelhante ao obtido com a adubação mineral, que foi de $4,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, houve maior absorção deste nutriente devido à maior produção de massa seca da planta nestes tratamentos. Ao observar os primeiros sintomas de deficiência de K no tratamento com adubação mineral, foi feita aplicação de 80 mg dm^{-3} de K nas plantas deste tratamento, empregando K_2SO_4 por meio de solução, e não houve mais a manifestação dos sintomas nas folhas emitidas após a adubação, confirmando tratar-se de deficiência de K.

Com relação ao tratamento sem adubação, a massa seca de lâminas foliares foi menor do que as obtidas com aplicação de composto, a partir de 10 t ha^{-1} de composto (Tabela 9). A massa seca de lâminas foliares na maior dose de composto foi 1,7 vezes a massa da menor dose, na ausência de adubação nitrogenada e de 1,8 vezes na presença da adubação.

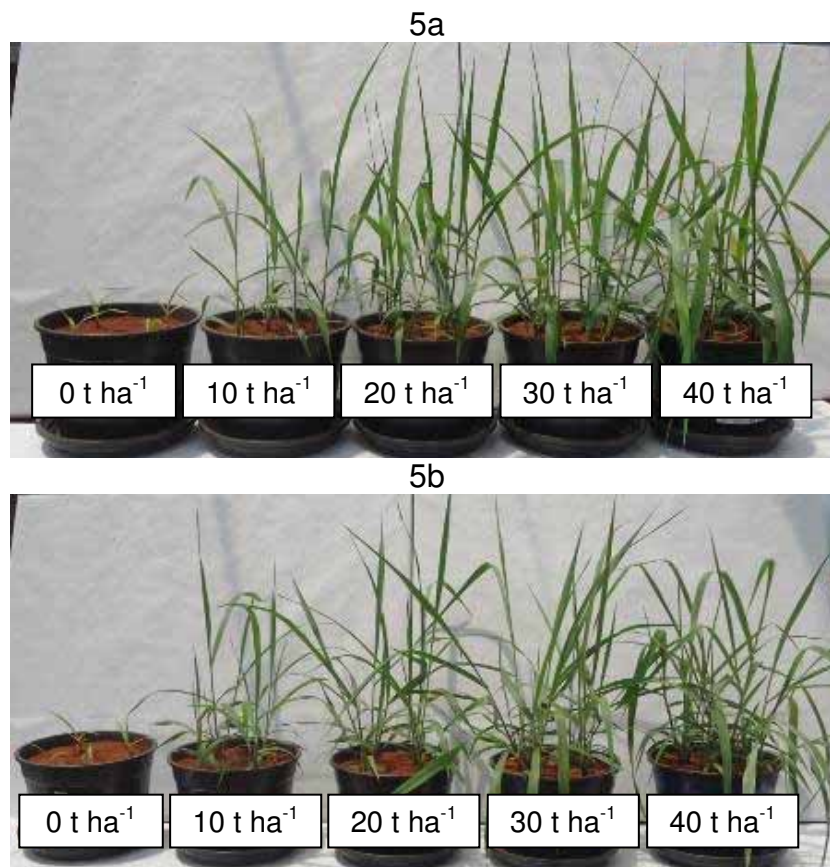


Figura 5. Aspecto das plantas de capim-marandu adubado com 0, 10, 20, 30 e 40 t ha^{-1} de composto de peixe com poda de árvores, na ausência (5a) e presença de adubação nitrogenada (5b), na data do primeiro corte das plantas, 43 dias após a emergência.

Tabela 7. Médias de massa seca de lâminas foliares e colmos em plantas de capim-marandu, e relação folha/colmo, obtidas no 1º corte, em função da adubação nitrogenada e das doses de composto de peixe com poda de árvores.

Nitrogênio mg dm ⁻³	Doses de composto t ha ⁻¹	Lâminas foliares -----g-----	Colmos	Folha/ Colmo
0	0	0,00	0,00	0,00
	10	0,87	0,05	13,75
	20	3,15	0,22	16,45
	30	5,93	0,59	11,19
	40	5,30	0,38	17,44
	Médias	3,05b ⁽¹⁾	0,24b	11,77a
Contraste ⁽²⁾		L	L	L
Equações		y=-0,08+0,16x, R ² =0,8943	y=-0,01+0,01x, R ² =0,7165	y=5,3+0,32x, R ² =0,5307
100	0	0,00	0,00	0,00
	10	1,61	0,16	11,75
	20	4,07	0,47	10,45
	30	6,09	0,76	8,43
	40	6,89	0,68	12,03
	Médias	3,73a	0,41a	8,36a
Contraste		L	L	L
Equações		y=0,08+0,18x, R ² =0,9784	y=0,02+0,02x, R ² =0,8944	y=4,4+0,21x, R ² =0,4342
Teste F ⁽³⁾				
Nitrogênio (N)		5,56*	7,57**	2,60 ^{ns}
Doses de Composto (C)		72,40**	16,75**	7,25**
Interação N x C		0,97 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,31 ^{ns}
CV (%) ⁽⁴⁾		27,00	58,86	61,66

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

Tabela 8. Médias de massa seca de lâminas foliares e colmos em plantas de capim-marandu, e relação folha/colmo, obtidas no 2º corte, em função da adubação nitrogenada e das doses de composto de peixe com poda de árvores.

Nitrogênio mg dm ⁻³	Doses de composto t ha ⁻¹	Lâminas foliares		Colmos	Folha/ Colmo
		-----g-----			
0	0	0,31		0,01	11,54
	10	4,77		0,45	11,62
	20	6,92		0,91	9,04
	30	8,23		1,82	4,76
	40	8,15		0,55	20,75
	Médias	5,66b ⁽¹⁾		0,75b	11,54a
Contraste ⁽²⁾		Q		Q	ns
Equações		$y=0,4+0,47x-0,007x^2$, R ² =0,9967		$y=-0,2+0,11x-0,002x^2$, R ² =0,6657	$y=11,54$
100	0	0,04		0,00	0,00
	10	5,79		0,72	9,51
	20	8,50		1,56	5,61
	30	10,99		1,98	4,92
	40	10,64		0,67	17,20
	Médias	7,19a		0,93a	7,45a
Contraste		Q		Q	L
Equações		$y=0,1+0,62x-0,009x^2$, R ² =0,9947		$y=-0,2+0,15x-0,003x^2$, R ² =0,8574	$y=1,5+0,30x$, R ² =0,5399
Teste F ⁽³⁾					
Nitrogênio (N)		96,25**		5,90*	3,82 ^{ns}
Doses de Composto (C)		542,11**		40,74**	6,00**
Interação N x C		13,20**		1,33 ^{ns}	0,89 ^{ns}
CV (%) ⁽⁴⁾		7,31		36,74	69,67

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

Tabela 9. Comparações do tratamento testemunha sem adubação com cada um dos outros tratamentos, para as médias de massa seca de lâminas foliares e colmos, e relação folha/colmo, de plantas de capim-marandu, obtidas no 1º corte e no 2º corte.

Nitrogênio	Doses de composto	1º corte			2º corte		
		Lâminas foliares	Colmos	Folha/Colmo	Lâminas foliares	Colmos	Folha/Colmo
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	g					
0	0	0,00 ^{ns (1)}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,01 ^{ns}	11,54 ^{ns}
	10	0,87 ^{ns}	0,05 ^{ns}	13,75*	4,77*	0,45 ^{ns}	11,62 ^{ns}
	20	3,15*	0,22 ^{ns}	16,45*	6,92*	0,91*	9,04 ^{ns}
	30	5,93*	0,59*	11,19 ^{ns}	8,23*	1,82*	4,76 ^{ns}
	40	5,30*	0,38 ^{ns}	17,44*	8,15*	0,55 ^{ns}	20,75*
100	0	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	10	1,61 ^{ns}	0,16 ^{ns}	11,75 ^{ns}	5,79*	0,72*	9,51 ^{ns}
	20	4,07*	0,47*	10,45 ^{ns}	8,50*	1,56*	5,61 ^{ns}
	30	6,09*	0,76*	8,43 ^{ns}	10,99*	1,98*	4,92 ^{ns}
	40	6,89*	0,68*	12,03 ^{ns}	10,64*	0,67*	17,20*
Testemunha Adubado		11,27*	1,24a	10,33 ^{ns}	13,70*	1,37*	11,08 ^{ns}
Testemunha não Adubado		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV ⁽²⁾		24,34	56,41	63,57	8,07	37,68	70,05

⁽¹⁾ ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Dunnett, com relação ao tratamento testemunha não adubado.

⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

A resposta das plantas em relação à área foliar seguiu padrão semelhante ao da massa seca de lâminas foliares, com aumento médio de 29% e 28% com a adubação nitrogenada, no primeiro (Tabela 10) e no segundo cortes (Tabela 12), respectivamente. Com a aplicação do composto a área foliar aumentou de forma linear no primeiro período de crescimento e de forma quadrática no segundo. A aplicação de 10 t ha⁻¹ de composto no primeiro período de crescimento aumentou a área foliar, em média, 304 cm² na ausência e 414 cm² na presença da adubação nitrogenada.

A relação folha/colmo também aumentou com a aplicação do composto, na presença e na ausência de adubação nitrogenada, em ambos os períodos de crescimento (Tabelas 7 e 8). Isso indica que, com o aumento da quantidade de composto aplicada, houve maior proporção de folhas em detrimento de colmos. Com a aplicação do composto a porcentagem que os colmos representaram no total de matéria seca, variou de 5,4 a 11,1%. No entanto, deve ser ressaltado o alto valor do

coeficiente de variação da MS de colmos e, conseqüentemente, da relação folha/colmo, devido aos pesos de MS dos colmos serem pequenos.

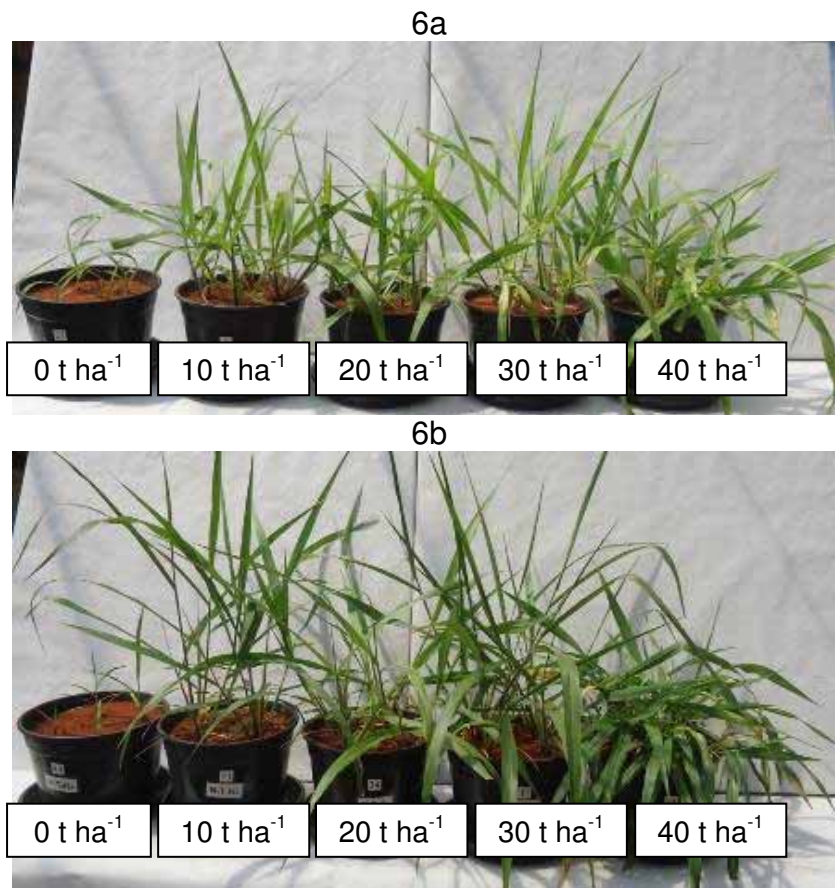


Figura 6. Aspecto das plantas de capim-marandu dos tratamentos sem (6a) e com (6b) adubação nitrogenada nas doses 0, 10, 20 30 e 40 t ha⁻¹ de composto no segundo período de crescimento.



Figura 7. Aspecto das folhas de capim-marandu com deficiência de K, no segundo período de crescimento.

Tabela 10. Médias da altura, do número e diâmetro de perfilhos, da medida SPAD e da área foliar em plantas de capim-marandu, obtidas no 1º corte, em função da adubação nitrogenada e das doses de composto orgânico.

Nitrogênio	Doses de composto	Altura	Diâmetro perfilhos	nº perfilhos	SPAD	Área Foliar
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	cm	cm			cm ²
0	0	6,32	0,19	1,00	18,98	0,00
	10	27,00	0,32	1,70	47,78	230,28
	20	35,75	0,38	2,97	49,55	622,39
	30	44,42	0,42	3,30	51,48	1073,72
	40	35,88	0,40	3,77	42,03	1217,03
	Médias	29,87a ⁽¹⁾	0,34a	2,55b	41,96a	628,68b
Contraste ⁽²⁾		Q	Q	L	Q	L
Equações		$y=6,2+2,44x-0,04x^2$, R ² =0,9825	$y=0,19+0,01x-0,0002x^2$, R ² =0,9964	$y=1,12+0,07x$, R ² =0,9525	$y=21,1+2,68x-0,05x^2$, R ² =0,9353	$y=-26,8+32,8x$, R ² =0,9781
100	0	5,72	0,17	1,00	18,58	0,00
	10	29,40	0,30	2,67	47,13	415,64
	20	39,97	0,38	3,00	49,85	825,36
	30	44,85	0,42	3,57	50,30	1164,02
	40	38,77	0,43	4,15	42,83	1656,53
	Médias	31,74a	0,34a	2,88a	41,73a	812,31a
Contraste		Q	Q	Q	Q	L
Equações		$y=6,1+2,68x-0,05x^2$, R ² =0,9972	$y=0,17+0,01x-0,0002x^2$, R ² =0,9991	$y=0,16+0,13x-0,0014x^2$, R ² =0,9597	$y=20,8+2,64x-0,05x^2$, R ² =0,9373	$y=0,02+40,6x$, R ² =0,9974
Teste F ⁽³⁾						
Nitrogênio (N)		1,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}	12,96 ^{**}	0,06 ^{ns}	21,11 ^{**}
Doses de Composto (C)		99,23 ^{**}	97,69 ^{**}	127,90 ^{**}	170,86 ^{**}	231,63 ^{**}
Interação N x C		0,41 ^{ns}	0,99 ^{ns}	3,71 [*]	0,15 ^{ns}	4,96 ^{**}
CV (%) ⁽⁴⁾		13,86	8,34	10,67	6,88	15,11

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

No tratamento testemunha não adubado as plantas não atingiram 10 cm de altura (altura de corte) e, portanto, não foram obtidos dados de massa seca e de área foliar em nenhum dos dois cortes. A média da altura das plantas por vaso neste tratamento foi de 4,6 cm no primeiro período de crescimento (Tabela 11) e de 3,89 cm no segundo período de crescimento (Tabela 13). O não desenvolvimento das plantas neste tratamento se deve a falta de nutrientes no solo, sendo a deficiência de P a principal limitação, uma vez que no solo havia teor baixo, $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4), e o capim-marandu apresenta boa resposta às adubações nitrogenada e fosfatada (WERNER, 1994).

Os dados de altura das plantas em função da aplicação do composto ajustaram-se ao modelo quadrático, em ambos os cortes, na presença e na ausência da adubação nitrogenada. A aplicação do composto aumentou em até 7 vezes a altura das plantas no primeiro período de crescimento (Tabela 10), e a maior altura foi obtida com a aplicação de 30 t ha^{-1} . Com a aplicação de 40 t ha^{-1} de composto a altura das plantas foi menor nos dois cortes, mas a diferença foi maior no segundo corte. Neste caso, as médias das alturas das plantas com a aplicação de 40 t ha^{-1} de composto foram 37 e 53% menores na ausência e na presença da adubação nitrogenada, respectivamente, em relação à aplicação de 30 t ha^{-1} de composto (Tabela 12). A menor altura das plantas com a aplicação de 40 t ha^{-1} de composto está relacionada à plasticidade fenotípica e ao hábito de crescimento semidecumbente do capim-marandu. Nestas plantas o crescimento é ereto inicialmente, mas elas se tornam decumbentes com o maior crescimento, de modo a explorar melhor o ambiente (VALLE et al., 2010). Portanto, as plantas que tiveram melhor desenvolvimento devido ao tratamento recebido tornaram-se decumbentes, enquanto as dos outros tratamentos mantiveram-se eretas. A alteração da curvatura das folhas pode ser vista nas Figuras 5a e 5b.

Tabela 11. Comparações do tratamento testemunha sem adubação com cada um dos outros tratamentos, para as médias da altura, do número e diâmetro de perfilhos, da medida SPAD e da área foliar em plantas de capim-marandu, obtidas no 1º corte.

Nitrogênio	Doses de composto	Altura	Diâmetro perfilhos	nº perfilhos	SPAD	Área Foliar
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	-----cm-----				cm ²
0	0	6,32 ^{ns (1)}	0,19 ^{ns}	1,00 ^{ns}	18,98 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	10	27,00*	0,32*	1,70*	47,78*	230,28*
	20	35,75*	0,38*	2,97*	49,55*	622,39*
	30	44,42*	0,42*	3,30*	51,48*	1073,72*
	40	35,88*	0,40*	3,77*	42,03*	1217,03*
100	0	5,72 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,00 ^{ns}	18,58 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	10	29,40*	0,30*	2,67*	47,13*	415,64*
	20	39,97*	0,38*	3,00*	49,85*	825,36*
	30	44,85*	0,42*	3,57*	50,30*	1164,02*
	40	38,77*	0,43*	4,15*	42,83*	1656,53*
Testemunha Adubado		42,47*	0,42*	5,69*	45,42*	2231,44*
Testemunha não Adubado		4,60	0,15	1,00	14,35	0,00
CV (%) ⁽²⁾		14,60	8,18	10,37	6,83	14,21

⁽¹⁾ ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Dunnett, com relação ao tratamento testemunha não adubado.

⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

O número de perfilhos por planta aumentou em média 13% e 30% com a adubação nitrogenada, no primeiro e no segundo períodos de crescimento, respectivamente. Este aumento se deve a maior disponibilidade de N para as plantas, que também pode ter favorecido a mineralização do N devido ao estreitamento da relação C/N do composto, uma vez que havia mais N disponível para os microorganismos decomporem o material orgânico. No primeiro período de crescimento a aplicação de composto aumentou o número de perfilhos em 3,8 vezes na ausência, e em 4,15 vezes na presença da adubação com N, na dose de 40 t ha⁻¹ de composto. No segundo período de crescimento, o aumento foi de 6,2 vezes na ausência, e de 9,5 vezes na presença da adubação com N. A aplicação de composto aumentou de forma quadrática o diâmetro dos perfilhos em ambos os períodos de crescimento. O aumento foi, em média, de 135% no primeiro corte e de 57% no segundo corte.

O número e o diâmetro dos perfilhos são importantes para avaliar a resistência das plantas quanto às intempéries, como variações hídricas e térmicas

ao longo do ano, aos cortes sucessivos, à intensidade do pastejo, e também quanto à capacidade da planta forrageira se manter e se recuperar após estas intervenções (persistência) ao longo dos anos.

Tabela 12. Médias da altura, do número e diâmetro de perfilhos, da medida SPAD e da área foliar em plantas de capim-marandu, obtidas no 2º corte, em função da adubação nitrogenada e das doses de composto orgânico.

Nitrogênio	Doses de composto	Altura	Diâmetro perfilhos	nº perfilhos	SPAD	Área Foliar
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	-----cm-----				cm ²
0	0	14,47	0,24	1,32	32,37	80,18
	10	36,72	0,34	3,52	38,32	726,41
	20	38,62	0,38	4,20	31,40	1073,38
	30	45,38	0,41	4,98	29,27	1222,62
	40	28,62	0,38	7,53	32,45	1559,25
	Médias	32,76 ⁽¹⁾	0,35	4,14	32,78	932,37
Contraste ⁽²⁾		Q	Q	L	L	Q
Equações		y=6,2+2,44x -0,04x ² , R ² =0,9825	y=0,19+0,01x -0,0002x ² , R ² =0,9964	y=1,1+0,07x, R ² =0,9525	y=34,5-0,09x, R ² =0,1749	y=-41,2+36,05x -0,08x ² , R ² =0,9790
100	0	9,30	0,23	1,00	29,25	11,24
	10	39,45	0,39	3,82	37,72	947,24
	20	38,90	0,38	5,88	37,12	1268,15
	30	42,55	0,40	6,65	36,35	1612,44
	40	20,15	0,36	9,50	43,77	2150,21
	Médias	30,07	0,35	5,37	36,48	1197,85
Contraste		Q	Q	L	L	Q
Equações		y=6,1+2,68x -0,05x ² , R ² =0,9972	y=0,17+0,01x -0,0002x ² , R ² =0,9991	y=1,4+0,07x, R ² =0,9124	y=31,3-0,28x, R ² =0,7174	y=-11,8+38,25x -0,06x ² , R ² =0,9977
Teste F ⁽³⁾						
Nitrogênio (N)		3,30 ^{ns}	0,17 ^{ns}	35,26 ^{**}	36,40 ^{**}	55,60 ^{**}
Doses de Composto (C)		62,36 ^{**}	50,63 ^{**}	178,26 ^{**}	17,58 ^{**}	291,89 ^{**}
Interação N x C		1,77 ^{ns}	1,40 ^{ns}	6,43 ^{**}	14,33 ^{**}	9,48 ^{**}
CV (%) ⁽⁴⁾		14,94	7,53	11,62	5,98	10,57

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ ns, L, e Q: não significativo, linear e quadrático, respectivamente.

⁽³⁾ ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e a 5%, respectivamente.

⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

O tratamento testemunha não adubado não diferiu dos tratamentos com dose zero de composto, com e sem aplicação de N, em relação ao número e diâmetro de perfilhos (Tabela 11). No tratamento testemunha não adubado o número de perfilhos e o diâmetro dos perfilhos foi menor do que nos tratamentos com composto (Tabela 11) e, com a aplicação do composto houve aumentos de 0,7 perfilhos e 5 mm de

diâmetro do perfilho, no primeiro corte, e de 1,55 perfilhos e 3 mm de diâmetro de perfilho no segundo corte, a cada 10 t ha⁻¹ aplicadas.

Com a aplicação de 40 t ha⁻¹ de composto, a planta forrageira apresentou maior número de perfilhos, ocupando melhor o espaço, com menor exposição do solo, resultando em maior eficiência no aproveitamento da incidência luminosa; e também apresentou perfilhos maiores, que garantem mais reservas energéticas, conferindo à planta maior capacidade de resistência.

Tabela 13. Comparações do tratamento testemunha sem adubação com cada um dos outros tratamentos, para as médias da altura, do número e diâmetro de perfilhos, da medida SPAD e da área foliar em plantas de capim-marandu, obtidas no 2º corte.

Nitrogênio	Doses de composto	Altura	Diâmetro perfilhos	nº perfilhos	SPAD	Área Foliar
mg dm ⁻³	t ha ⁻¹	-----cm-----				cm ²
0	0	14,47* ⁽¹⁾	0,24 ^{ns}	1,32 ^{ns}	32,37*	80,18 ^{ns}
	10	36,72*	0,34 ^{ns}	3,52*	38,32*	726,42*
	20	38,62*	0,38 ^{ns}	4,20*	31,40*	1073,38*
	30	45,38*	0,41 ^{ns}	4,98*	29,27*	1222,62*
	40	28,62*	0,38 ^{ns}	7,53*	32,45*	1559,25*
100	0	9,30 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,00 ^{ns}	29,25*	11,24 ^{ns}
	10	39,45*	0,39 ^{ns}	3,82*	37,72*	947,24*
	20	38,90*	0,38 ^{ns}	5,88*	37,12*	1268,15*
	30	42,55*	0,40 ^{ns}	6,65*	36,35*	1612,44*
	40	20,15*	0,36 ^{ns}	9,50*	43,77*	2150,21*
Testemunha Adubado		28,30*	0,41 ^{ns}	9,00*	41,80*	2892,78*
Testemunha não Adubado		3,89	0,18	0,94	18,03	0,00
CV ⁽²⁾		14,98	7,62	14,40	5,96	9,17

⁽¹⁾ ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Dunnett, com relação ao tratamento testemunha não adubado.

⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

No primeiro período de crescimento a medida SPAD variou segundo o modelo quadrático com a aplicação de composto, na presença e na ausência da adubação nitrogenada. A aplicação do composto aumentou a medida SPAD em até 32,5 unidades, que equivale a 171% de aumento (Tabela 10 e Figuras 5a e 5b), obtido com a aplicação de 30 t ha⁻¹. Com a aplicação de 40 t ha⁻¹, houve maior produção de massa seca, com isso a exigência de N pela planta foi maior em relação aos outros tratamentos, resultando em menor medida SPAD.

No segundo período de crescimento, a adubação nitrogenada aumentou a medida SPAD, em média, em 3,7 unidades, o que equivale a 11,3% de aumento (Tabela 12 e Figuras 6a e 6b). A aplicação de composto na ausência da adubação nitrogenada diminuiu linearmente a medida SPAD, em até 9 unidades, o que equivale a 23,6% de diminuição. O aumento da medida SPAD no primeiro período de crescimento e a diminuição no segundo, segue o padrão observado na mineralização do N do composto apresentada anteriormente, em que há rápida mineralização inicial seguida de diminuição, porque no início da incubação as frações orgânicas de fácil mineralização são mineralizadas, restando formas de decomposição lenta, responsáveis pela liberação de pequenas quantidades de N-mineral ao longo do tempo. Com a aplicação de composto na presença da adubação nitrogenada houve aumento linear na medida SPAD, e o aumento foi de até 14,5 unidades, o que equivale a 49,6% de aumento. Com a adubação nitrogenada havia mais N disponível para a planta originado do adubo mineral e da mineralização do composto, porque o fornecimento do adubo mineral favoreceu a mineralização do N do composto devido ao estreitamento da relação C/N.

A determinação do SPAD permite medir a intensidade da cor verde nas folhas e, de forma indireta, pode-se avaliar a deficiência de N nas plantas, uma vez que com o aumento na disponibilidade de N, mais clorofila é sintetizada, resultando em aumento da intensidade do verde nas folhas (BULLOCK; ANDERSON, 1998). Costa et al. (2008), em experimento à campo com capim-marandu e doses de N de até 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, obtiveram aumento/variação da medida SPAD com o aumento das doses de N, até o ponto de maturidade fotossintético, em que o teor de clorofila se mantém constante mesmo com o aumento dos teores de N na planta, com acúmulo nos tecidos da forma inorgânica. Cabral et al. (2013) também obtiveram correlação entre a leitura SPAD e a concentração de N na parte aérea do capim-marandu, em experimento em casa de vegetação, com doses de N de até 400 mg dm⁻³.

No entanto, os valores de leitura SPAD podem ser influenciados pela cultivar, idade da planta, densidade de plantas, disponibilidade de outros nutrientes, estresse ambiental ou fatores biótipos (COSTA et al., 2008). Garcez et al. (2014), combinando adubação de N e S, observaram correlação da medida SPAD com o teor de N da planta quando não houve deficiência de S.

Neste sentido, considerando que a faixa de concentração de N adequada para o capim-marandu é de 13 a 20 g kg⁻¹ (WERNER et al., 1996), e de acordo com a equação $N = -10,21 + 0,911 \text{ SPAD}$, obtida por Cabral et al. (2013), a leitura SPAD de 25,5 corresponde ao valor limite para caracterizar deficiência de N em capim-marandu. No primeiro período de crescimento, a medida SPAD foi maior que 25,5 nos tratamentos com aplicação do composto e com aplicação da adubação mineral, e menor que 25,5 nos demais tratamentos, caracterizando deficiência de N (Tabela 11). No segundo período de crescimento, apenas o testemunha não adubado apresentou SPAD menor que 25,5, caracterizando deficiência de N (Tabela 13).

Além de indicar o estado nutricional de gramíneas forrageiras, com a medida SPAD pode-se também inferir o seu teor de proteína bruta. Considerando que é necessário teor de proteína bruta superior a 7-8% para suprir a necessidade dos microrganismos ruminais responsáveis por digerirem os carboidratos fibrosos e também por serem fonte de proteína microbiana para os ruminantes (LAZZARINI et al., 2009), de acordo com a mesma equação (CABRAL et al, 2013), apresentada anteriormente, e tendo em vista que em média 16% da composição das proteínas é N, a leitura SPAD mínima deve ser de 23,5.

Portanto, a leitura SPAD a partir de 25,5 indica que há na forragem suprimento adequado de N para desenvolvimento da planta forrageira e teor de proteína bruta necessário para manutenção dos microrganismos ruminais. Guimarães et al. (2011) em experimento em campo com capim-marandu, obtiveram correlação entre índice SPAD e proteína bruta, e segundo a equação obtida, $PB = 0,004 \text{ SPAD}^2 + 0,0286 \text{ SPAD} + 5,9086$, o valor SPAD igual a 20 está relacionado a 8% de proteína bruta, valor próximo ao obtido com os cálculos utilizando a equação de Cabral et al. (2013) para concentração de N e SPAD.

5. CONCLUSÕES

As taxas de mineralização do nitrogênio dos compostos de peixe + maravalha e peixe + restos de poda de árvores foram de 1,55%, e de 0,76%, respectivamente.

A aplicação de composto de peixe melhorou os atributos químicos do solo, as características avaliadas na planta e aumentou a massa seca de forragem de capim-marandu.

A aplicação de composto de peixe combinado com adubação nitrogenada resultou em melhores características nas plantas que a aplicação do composto isolado e foi equivalente à adubação mineral.

6. REFERÊNCIAS

ABERA, G.; WOLDE-MESKEL, BAKKEN, L. R. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. **Biology and Fertility of Soils**, v. 48, p.51 - 66, 2012.

ABERA, G.; WOLDE-MESKEL, E.; BAKKEN, L. R. Effect of organic residue amendments and soil moisture on N mineralization, maize (*Zea mays*L.) dry biomass and nutrient concentration. **Biology and Fertility of Soils**, p. 1 - 15, 2013.

ALCARDE, J. C. Manual de análise de fertilizante. Piracicaba: FEALQ, 2009. 259p

ANDRADE, M. O; LIMA, U. A. Contribuição ao conhecimento do valor nutritivo do peixe de água doce, *Pimelodus clarias* bloch (mandi). **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz**, p. 563-574, 1975.

ARAÚJO, F. B.; SANES, F. S. M.; STRASSBURGUER, A. S.; MEDEIROS, C. A. B. Avaliação de adubos orgânicos elaborados a partir de resíduo de pescado, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Cadernos de Agroecologia**. Fortaleza, v. 6, n.2, p. 1-5, 2011.

ARTUR, A. G. **Adubações com nitrogênio e enxofre: frações no solo, características estruturais, nutricionais, produtivas e uso da água pelo capim-marandu**. 2010. 113p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1639-1647, 2002.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A. A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2579-2586, 2008.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, 21:741-755, 1998.

CABRAL, C. E. A.; ABREU, J. G.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. H. A.; SCARAMUZZA, J. F.; SILVA, T. J. A. Eficiência de produção e concentração de nitrogênio nos capins Marandu, Decumbens e Convert submetidos à adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1653-1663, 2013.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77p. (Boletim Técnico, 106, Edição revista e atualizada)

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 270-276.

CARNEIRO, J. P.; BRANCO, S.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H. Mineralização de azoto de diferentes resíduos orgânicos em incubação laboratorial de longa duração. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, p. 159-173, 2007.

CARNEIRO, W. J. O.; SILVA, C. A.; MUNIZ, J. A., SAVIAN, T. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v. 37, p. 715-725, 2013.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas** – Critérios para projetos e operação. São Paulo: Cetesb, 1999. 33p. (Norma P4.230).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Adubação Orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 87-92.

COSTA, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Araújo, J. L.; Rodrigues, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1601-1607, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GARCEZ, T. B.; MEGDA, M. M.; ARTUR, A. G.; MONTEIRO, F. A. Production and SPAD Reading in Marandu Palisadegrass Fertilized with Nitrogen and Magnesium. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 37, p. 1475-1486 2014.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

GOMES, J. A.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

GUIMARÃES, M. M. C.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M. P.; CRUZ, P. G.; ARAÚJO, G. S. Estimativa da composição química do Capim Braquiária cv. Marandú por meio de um clorofilômetro portátil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n.2, p.85-98, 2011.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALES, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 405-416, 2008.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Panorama da Aquicultura**. v. 16, n. 94, p. 23-29, 2006.

LAOS, F.; MAZZARINO, M. J.; WALTER, I.; ROSELLI, L.; SATTI, P.; MOYANO, S. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. **Bioresource Technology**. v. 81, p. 179-186, 2002.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C. B.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, Belo Horizonte, v. 61, n. 3, p. 635-647, 2009.

LIAO, P. H.; JONES, L.; LAU, A. K.; WALKEMEYER, S.; EGAN, B.; HOLBEK, N. Composting of fish wastes in a full-scale in-vessel system. **Bioresource Technology**, v. 59, p.163-168, 1997.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.817-824, 2005.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; FREIRIA, A. C. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de composto de lixo urbano em Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 677-684, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFRA, 2006. 729p.

MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; ABREU-JUNIOR, C. H. Aplicação do método de mineralização de nitrogênio com lixiviação para solo tratado com lodo de esgoto e composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, n. 37, p. 622-631, 2013.

MPA. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2010. Brasília, 2012. 129p.

NARAMABUYE, F. X.; HAYNES, R. J. The liming effects of five organic manures when incubated with and acid soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 170, p. 615-622, 2007.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; ORRICO, A. C. A.; OLIVEIRA, A. B. M.; SUNADA, N. S. Características produtivas, morfogênicas e estruturais do capim Piatã submetido à adubação orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.7, p.1238-1244, 2013.

PAIVA, E. C. R. **Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas**. 2008. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.1-6, 1992.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; Zampirolli, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1997-2005, 2008.

PRADO, R. M. **Manual de Nutrição de Plantas Forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 500 p.

PRESCOTT, C. E.; ZABEK, L. M. Growth response and nutrient availability in western redcedar plantations following amendment with fish-wood compost and straw. **Canadian Journal of Forest Research**. v . 27, p. 598-602, 1997.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 181-188.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 235p.

REIS, T. C.; RODELLA, A. A. Cinética da degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 619-626, 2002.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Crescimento e composição mineral do milho em função da

compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 94-99, 2009.

ROINILA, P. Composting of fish and the use of fish compost as a fertilizer. **Acta Horticultue**. Leuven, v. 469, p. 359-371, 1998.

SAHRAWAT, K. L. Nitrification in some tropical soils. **Plant and Soil**, v. 65, p. 281-286, 1982.

SAHRAWAT, K. L. Factors affecting nitrification in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, p.1436-1446, 2008.

SAS, **Statistical Analyses System Institute**. System for Microsoft Windows, Release 9.2., Cary, NC, USA, 2009.

SILVA, F. T.; AITA, C.; GIACOMINI, S.; CARGNIN, R. H. O; SCHMALZ, C. R.; OLIVO, J.; WEILER, D. A. Imobilização de N durante a decomposição de palha de trigo e dejetos de suínos, com e sem incorporação ao solo. **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Gramado-RS, 2007.

STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 36, p. 465-471, 1972.

VALLE, C. B; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L. RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010. p. 30-77.

WERNER, J. C. Adubação de pastagem de *Brachiaria* spp. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA V.P. de (ed) SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994, p.209-222.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (eds.). **Recomendações de adubação calagem para o Estado de São Paulo** Campinas: Instituto Agrônômico- Fundação IAC, 1996. p. 261-273. (Boletim Técnico,100).

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. **Scientia Agrícola**, v. 60, p. 549-557, 2003.

YAGI, R.; FERREIRA, M. E; CRUZ, M. C. P; BARBOSA, J. C. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 385-394, 2009.