ISSN 2525-4812 (versão on-line)
ISSN 2238-7641 (versão impressa)
http://www.revistaterceiramargem.com/index.php/terceiramargem/index

Recebido em:27/4/2023
Aceito em: 6/6/2023
Período de publicação: 2023

Revista Terceira Margem Amazônia
(v. 9 • n. 21 • 2023)

Como citar o artigo:

BATALHA, O. de S.; ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. da C.; FERNANDES NETO, J. G.; MORAES FILHO, J. de O. Avaliação da composição química de compostos orgânicos oriundos de resíduos de pirarucu (*Arapaima gigas*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 9, n. 21, p. 11-22, 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2023v9i21.p11-22.

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) E GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium*)

Oscarina de Souza Batalha[1]
Sonia Sena Alfaia[2]
Marta Iria da Costa Ayres[3]
José Guedes Fernandes Neto[4]
Jonas de Oliveira Moraes Filho[5]

Resumo: O estudo avaliou a composição química do composto orgânico oriundo de resíduos de pirarucu (*Arapaima gigas*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído por três tratamentos (pirarucu; gliricídia; pirarucu mais gliricídia) com quatro repetições. Todas as compostagens atingiram temperatura de estabilização aos 90 dias. Os maiores níveis de fósforo, cálcio (90 dias) e zinco (90 e 135 dias) foram encontrados no composto com resíduos de pirarucu, enquanto o manganês foi maior no composto com gliricídia aos 135 dias. Para o composto com resíduos de pirarucu e gliricídia foram registrados maiores níveis de potássio, zinco (90 dias) e magnésio (105 dias). Deste modo, recomenda-se o período de 90 dias como ideal para manter a maioria dos nutrientes, pois com o aumento do tempo ocorre a redução deles, com exceção de alguns micronutrientes.

Palavras-chave: compostagem, composição química, leguminosa, resíduo de pescado.

[1] Zootecnista, mestre em Agricultura no Trópico Úmido, bolsista Fapeam/Oficinas de Capacitação em Agricultura Orgânica para Produtores Familiares, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM.
E-mail: oscarinabatalha@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8069-0827

[2] Engenheira-agronômica, doutora em Sciences Agronomiques pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França), pesquisadora titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM.
E-mail: sonia.alfaia1@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-9975-6673

[3] Engenheira-agronômica, doutora em Agronomia Tropical, integrante do grupo de pesquisa Amazônia + 10, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM.
E-mail: marta.ayres@hotmail.com
https://orcid.org/0000-https://orcid.org/0000-0003-4114-8610

[4] Ecologista, mestre em Tecnologia em Controle Ambiental, doutorando em Ecologia Aplicada (PPGI - EA) do Cena-Esalq/USP, São Paulo, SP.
E-mail: guedao.jose@gmail.com
https://orcid.org/0000-https://orcid.org/0000-0002-6965-055X

[5] Químico, experiência na área de solos e plantas com ênfase em análises químicas de fertilidade, Manaus, AM.
E-mail: jonasqmk@yahoo.com.br
https://orcid.org/0000-0003-1629-6355

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ORGANIC COMPOUNDS MADE FROM PIRARUCU (*Arapaima gigas*) AND GLIRICIDIA (*Gliricidia sepium*)

Abstract: This study evaluation the chemical composition of organic compounds made from pirarucu (*Arapaima gigas*) residues and gliricidia (*Gliricidia sepium*). The experimental design was completely randomized, consisting of three treatments (pirarucu; gliricidia; pirarucu + gliricidia) with four replications. All composts reached the temperature stabilized at 90 days. The highest levels of phosphorus, calcium (90 days) and zinc (90 and 135 days) were found in the composts with pirarucu residues, while manganese was higher in the compost with gliricidia, and was significant at 135 days of composting. The compost with pirarucu + gliricidia presented higher levels of potassium, zinc (90 days) and magnesium (105 days). A period of 90 days is recommended as ideal for mineralization of the nutrients in the organic composts produced.

Key-word: composting, chemical composition, leguminous, fish residues.

Introdução

Arapaima gigas, popularmente conhecido como pirarucu, é um peixe de grande porte que possui ampla distribuição na Bacia Amazônica, seu "habitat" exclusivo. Apresenta carne magra, livre de espinhas intramusculares, alto rendimento de filé, o que também chama atenção dos piscicultores para a espécie.

Devido à intensa exploração do pirarucu, nos últimos anos criaram-se portarias para regulamentar a sua exploração. Foram criadas as áreas protegidas de desenvolvimento sustentável visando ao aumento da densidade e conservação da espécie, contribuindo no auxílio da renda familiar dos pescadores nas áreas manejadas (Arantes *et al.*, 2010).

A parte nobre do pirarucu apresenta valor comercial e é a mais utilizada no beneficiamento do pescado; o restante (espinha dorsal, costelas, vísceras, nadadeiras, escamas, couro e cabeça) é tratado como coproduto e resíduo de descarte, pelo baixo valor comercial que possui. No entanto, do ponto de vista ambiental, surge a preocupação em dar destino adequado a esses resíduos gerados pelo beneficiamento do pescado nos entrepostos de produção (Batalha *et al.*, 2017).

Dentre os métodos para utilizar os resíduos do pescado, a técnica de compostagem surge como uma alternativa viável para sanar os problemas com a eliminação dos resíduos orgânicos (Aguiar; Goulart, 2014). Além disso, no processo de compostagem ocorre a transformação da matéria orgânica em produto rico em nutrientes essenciais para o desenvolvimento de lavouras em todas as suas fases reprodutivas.

Assim como o resíduo de pescado, o uso de plantas leguminosas na composição de pilhas de composto orgânico tem sido recomendado como fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio (Silva *et al.*, 2013). Uma das leguminosas que pode apresentar um potencial de uso na compostagem é a gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.)], planta perene, de rápido crescimento e com alta capacidade de regeneração, além de reproduzir-se sexuada e assexuadamente (Cavalcante *et al.*, 2016).

Um composto bem elaborado apresenta matéria orgânica transformada em húmus e atua no solo, melhorando sua estrutura e dando-lhe condições de armazenar maior quantidade de água, de ar e de nutrientes minerais, que alimentarão as plantas (Sediyama *et al.*, 2014). Para ser comercializado como fertilizante orgânico precisa ainda seguir as normas da Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura e Pecuária, isto é, deve apresentar as seguintes composições: umidade (≤ 50%), pH (≥ 6,0), matéria orgânica total (≥ 40%), carbono orgânico total (≥ 15%), nitrogênio total (≥ 0,5%), relação carbono/nitrogênio (≤ 20) (Valente *et al.*, 2017).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição química do composto orgânico produzido com resíduos de pirarucu e de gliricídia, sob os parâmetros que envolvem os processos de compostagem, assim como o período mais adequado de disponibilidade dos nutrientes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido sob uma área de bosque do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Campus V-8, na capital do Amazonas, Manaus, com coordenadas geográficas de latitude 3°06′17″S, longitude 59°58′42″'W e altitude de 260 m. Consoante a classificação proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Af (quente e úmido), apresentando temperatura média variando de 27 °C a 29 °C, com precipitação anual média de 2.286 mm e umidade relativa do ar de 80%.

Os resíduos de pirarucu (cabeça, costela e espinha dorsal) foram provenientes da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Maraã, Amazonas, Brasil, adquiridos de um entreposto de processamento de pescado de Manaus. Tais resíduos foram acondicionados em sacos de ráfia, lacrados e transportados até o Laboratório de Tecnologia de Pescado da Coordenação de Tecnologia e Inovação (Coti) do Inpa, onde foram fragmentados em triturador elétrico da marca Multinox e conduzidos até o local de construção das pilhas de compostagem.

Os galhos e folhas de gliricídia foram coletados e triturados no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental. Uma parte dos resíduos de capina (gramíneas) foi adquirida na Chácara Way, localizada no Bairro Tarumã (Zona Norte de Manaus), a outra parte com as demais matérias-primas, como liteira, liteira semidecomposta, folhas de açaí e o pó de serra, foi coletada no Inpa. Em seguida coletaram-se amostras para obtenção das composições conforme Tabela 1.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído por três tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos foram combinados conforme as pilhas de compostagem, por meio das proporções volumétricas da biomassa residual, e dispostos como demonstrado na Tabela 2.

As pilhas de composto obedeceram às seguintes dimensões: 2,5 m de largura por 1,5 m de comprimento e 1,5 m de altura. Após a montagem delas, realizou-se o monitoramento por meio de medição da temperatura, da unidade e da aeração. Para mensurar a temperatura foi utilizado um termômetro digital do tipo espeto acoplado a uma haste de madeira para perfuração das pilhas do composto. A umidade foi estimada visualmente, regando-se as pilhas a cada 3 dias. Os revolvimentos foram realizados quinzenalmente, a partir do 30º dia da montagem das pilhas, devido ao processo de decomposição dos resíduos de pirarucu até 135 dias, totalizando seis revolvimentos.

Para a determinação da composição química do composto orgânico foram retiradas amostras de quatro pontos de cada pilha do composto para a obtenção de uma amostra composta, nos

Tabela 1. Composição química inicial dos substratos utilizados nas compostagens.

M. P[1]	Nutriente										
	C	MO	C/N	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	%			g/kg					mg/kg		
R. P[2]	24,63	60,00	6,35	38,77	25,59	8,15	68,0	1,55	430	83,50	51,5
G[3]	30,96	53,26	20,58	20,63	2,19	9,18	13,02	3,31	885	14,00	22,7
L.D[4]	23,38	40,22	20,98	11,14	0,04	0,79	16,10	0,97	311	25,67	28,0
L[5]	15,80	27,18	18,39	8,59	0,45	1,26	11,95	1,41	109	14,00	62,3
A. C[6]	34,05	58,56	25,24	13,49	0,94	7,73	10,49	2,31	139	35,67	42,7
S[7]	45,61	78,45	101,6	4,49	1,89	3,06	1,42	0,22	692	5,33	9,33

Matéria-prima[1]; resíduos de pirarucu[2]; gliricídia[3]; liteira semidecomposta[4]; liteira[5]; aparas de capina[6]; serragem[7].

Médias retiradas de três repetições.

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Tabela 2. Proporções das matérias-primas utilizadas no processo de compostagem.

Tratamento	Carcaça pirarucu	Gliricídia	Serragem	Liteira	Apara capina
	%				
Composto orgânico com resíduos de pirarucu	30	-	40	20	10
Composto orgânico com gliricídia	-	30	40	20	10
Composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia	15	15	40	20	10

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

períodos de 90, 105 e 135 dias. Tais amostras foram encaminhadas ao Laboratório Temático de Solos e Plantas do Inpa, secas em estufa a 60 °C por aproximadamente 72 horas. Após esse processo determinaram-se os macronutrientes (nitrogênio: N, fósforo: P, potássio: K, cálcio: Ca, magnésio: Mg) e micronutrientes (ferro: Fe, manganês: Mn, zinco: Zn), matéria orgânica: MO, potencial hidrogeniônico: pH, carbono e a relação carbono/nitrogênio: C/N.

Para as análises de Ca, Mg, K, P, Fe, Zn e Mn foi utilizada a metodologia da digestão nitroperclórica (Sarruge; Haag, 1974), e as concentrações foram determinadas no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA), com exceção do P, determinado por calorimetria no espectrofotômetro utilizando molibidato de amônio e ácido ascórbico. Enquanto o N total foi determinado pelo método de Kjeldahle, o carbono orgânico pelo método Walkley-Black e o teor de cinza pelo método de incineração em forno mufla (Silva; Queiroz, 2012). Na determinação do índice de mineralização utilizou-se a fórmula matemática proposta por Drozd *et al.* (1997) descrita como: IMC = %CZ ÷ %C; onde %CZ = porcentagem de cinzas na amostra; %C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra.

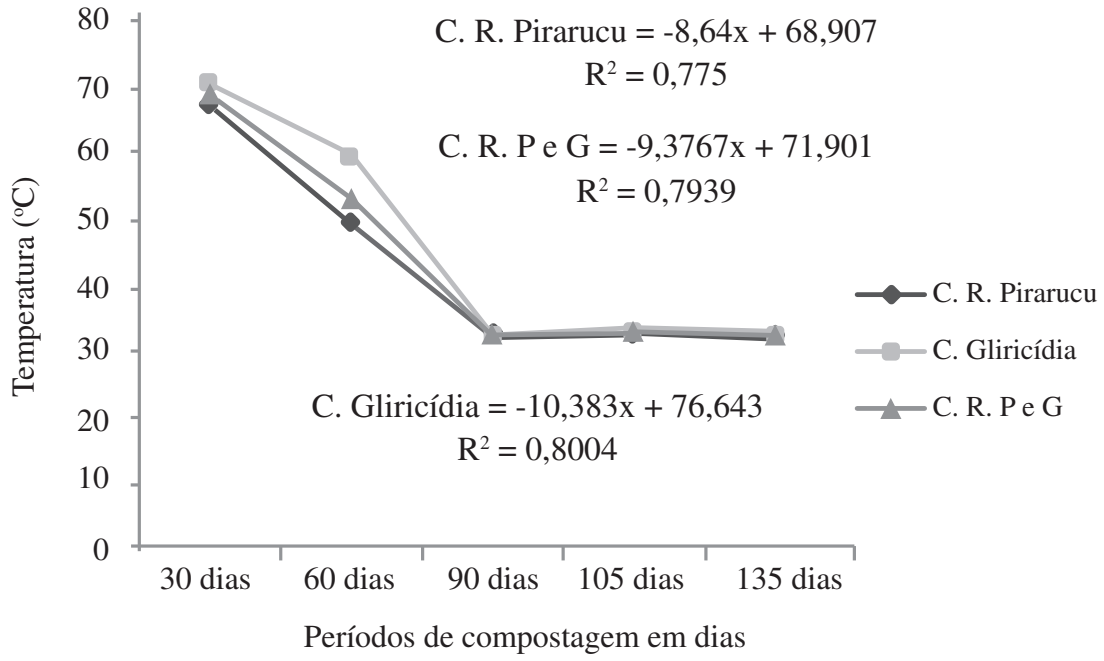
Ao final do período experimental, o composto foi peneirado em peneira de aço de 2 cm² e armazenado em sacos de ráfia para uso em experimentos posteriores.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), em seguida ao teste de comparação de médias Tukey (P<0,05), utilizando o programa computacional Statistical Analysis System - SAS (2008).

Resultados e Discussão

Os resultados para a temperatura durante o período experimental estão presentes na Figura 1. Observa-se que, no 30º dia de compostagem, a temperatura interna, para as composteiras, encontrava-se nas faixas de 67,5 °C ± 0,40 °C (compostagem com os resíduos de pirarucu), 70,7 °C ± 0,51 °C (compostagem de gliricídia) e 68,3 °C ± 0,69 °C (compostagem de resíduos de pirarucu e gliricídia). A partir desse período, há decréscimo até a temperatura de 30 ºC, registrada aos 90 dias, quando então se estabiliza, persistindo até os 135 dias, quando o experimento foi considerado finalizado.

Figura 1. Temperatura no interior das pilhas de compostagem.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Teodoro e Pereira (2021) observaram um padrão de temperatura inicial entre 55 °C e 65 °C após a montagem das leiras, e médias finais próximas a 36 °C com a maturação desses materiais após 90 dias em compostos confeccionados com bagana de carnaúba e com resíduos de peixe. Os resultados apresentados pelos referidos autores aproximam-se dos encontrados nas duas compostagens elaboradas com os resíduos de pirarucu até aos 90 dias experimentais.

No presente estudo, por motivos técnicos, não foi possível fazer o registro da temperatura na fase inicial da compostagem, ou seja, na fase mesofílica. O registro ocorreu a partir do final

da fase termofílica, quando a compostagem já se encontrava em fase de resfriamento gradual, marcada pelos valores de temperatura ambiente.

De acordo com Valente *et al.* (2016), a fase mesofílica indica uma intensa atividade microbiana em decorrência de maior concentração de nitrogênio inicial. Tem duração aproximada de 5 dias, dando início assim à fase termofílica, que é definida pelo aumento da temperatura, sendo que essa fase, em média, apresenta duração de 30 dias (Kiehl, 1998).

Os resultados para os valores de pH nos períodos de compostagem (90, 105 e 135 dias) estão dispostos na Tabela 3. Observou-se diferença significativa apenas para o composto orgânico produzido com gliricídia (7,06±027) aos 90 dias de compostagem. No entanto, nos dois últimos períodos avaliados, os três compostos orgânicos (resíduos de pirarucu, gliricídia e resíduos de pirarucu mais gliricídia) não apresentaram diferença estatística para os valores de pH.

Tabela 3. Valores de pH dos compostos orgânicos durante o período experimental.

Tempo	Composto Orgânico		
	Composto orgânico com resíduos de pirarucu	Composto orgânico com gliricídia	Composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia
90 dias	5,42±0,24^{B}	7,06±027^{A}	5,76±0,43^{B}
105 dias	5,77±0,10^{A}	7,13±0,29^{A}	6,07±0,44^{A}
135 dias	5,88±0,06^{A}	7,15±0,30^{A}	7,15±0,30^{A}

*Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O composto orgânico com os resíduos de pirarucu apresentou médias de pH abaixo do recomendado pela Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 (Brasil, 2009), que sugere valores mínimos de pH iguais ou maiores que 6 para a sua comercialização na legislação vigente. O composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia teve comportamento crescente durante os três períodos de análise, ficando dentro da IN-25/2009 (Brasil, 2009) nos dois últimos períodos (105 e 135 dias).

Os resultados encontrados para os valores de pH no composto orgânico produzido com os resíduos de pirarucu seguem a mesma tendência dos observados por Castro (2017), cujos valores variaram de 5,7 a 5,9 em composto produzido à base de vísceras de pirarucu.

Conforme as pesquisas realizadas por Pacheco *et al.* (2019), compostos que apresentam pH inferior a 5,5 podem prejudicar a disponibilidade de fósforo, e os que apresentam pH superior a 6,5 podem reduzir a disponibilidade de zinco, manganês e cobre.

No entanto, o maior teor de nitrogênio na biomassa favorece as taxas de produção de amônio (por meio da mineralização do nitrogênio orgânico) que passa pelo processo de nitrificação liberando prótons (H+) no meio, com consequente redução do pH (Silva *et al.*, 2013). Fato este que pode ter ocorrido no presente estudo, principalmente nos compostos à base de resíduos de pirarucu devido à maior concentração de nitrogênio.

Os resultados obtidos para os macronutrientes e micronutrientes no período de 90 dias são apresentados na Tabela 4. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para fósforo, potássio, cálcio e zinco. A matéria orgânica, o carbono, nitrogênio, magnésio, ferro, manganês, C/N e IMC não apresentaram diferença estatística durante os 90 dias experimentais.

Tabela 4. Composição química de composto orgânico oriundo de resíduos de pirarucu e gliricídia durante o período de 90 dias.

Parâmetro	Composto orgânico com resíduos de pirarucu	Composto orgânico com gliricídia	Composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia	P-Valor	CV (%)
Matéria orgânica (g kg)	333,68^{A}	265,18^{A}	369,04^{A}	0,08^{ns}	19,04
Carbono (g kg)	194,00^{A}	154,17^{A}	214,56^{A}	0,08^{ns}	19,04
Nitrogênio (g kg)	11,89A^{B}	7,86^{B}	21,03^{A}	0,03^{ns}	69,06
Fósforo (g kg)	10,92^{A}	1,04^{B}	8,66^{A}	0,00*	55,79
Potássio (g kg)	1,84^{B}	2,24^{B}	18,27^{A}	0,00*	46,49
Cálcio (g kg)	20,33^{A}	7,20^{B}	18,29^{A}	0,00*	36,80
Magnésio (g kg)	0,67^{A}	0,82^{A}	0,86^{A}	0,76^{ns}	15,58
Ferro (mg kg)	3396^{A}	2696^{A}	2579^{A}	0,44^{ns}	10,38
Zinco (mg kg)	24,67^{A}	7,67^{B}	18,33^{A}	0,00*	32,43
Manganês (mg kg)	22,00^{A}	28,67^{A}	27,00^{A}	0,16^{ns}	16,44
Carbono/Nitrogênio	16,61^{A}	19,85^{A}	13,58^{A}	0,31^{ns}	32,61
IMC	2,95A	4,03^{A}	2,20^{A}	0,22^{ns}	37,91

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O fósforo e o cálcio foram os macronutrientes que apresentaram as maiores concentrações, tanto no composto orgânico com a inclusão dos resíduos de pirarucu quanto no composto contendo os resíduos de pirarucu e gliricídia, porém ambos apresentaram médias superiores à do terceiro composto, produzido apenas com gliricídia durante os 90 dias experimentais. Esses resultados se devem ao fato de os resíduos de pescado serem ricos em nutrientes como P e Ca (Lanno *et al.*, 2020).

Valente *et al.* (2016) relataram que resíduos de peixe marinho com casca de arroz influenciaram na alta concentração de fósforo no composto orgânico elaborado com esses dois ingredientes, resultados estes que corroboraram os teores de fósforo encontrados no presente estudo. Segundo os autores, o aumento da concentração total de fósforo pode ser atribuído ao fósforo solúvel imobilizado pelas células microbianas, que promovem o aumento do fósforo orgânico no composto. Portanto, o composto de peixe pode ser uma importante fonte de P com base em recursos minerais não renováveis (Lanno *et al.*, 2020).

Os teores de cálcio encontrados nos compostos orgânicos elaborados somente com os resíduos de pirarucu ou com os resíduos de pirarucu e gliricídia podem apresentar-se como uma excelente alternativa em solos deficientes desse mineral. De acordo com Sousa *et al.* (2016), teores de cálcio em composto orgânico elaborado com resíduo de pescado conseguem contribuir para a melhoria e correção dos solos, além de servirem à estrutura da planta como integrante da parede celular.

Quanto aos teores de potássio, o composto orgânico com os resíduos de pirarucu e gliricídia obteve a maior concentração (18,29 g kg^{-1}) quando comparado às demais composições produzidas no período de 90 dias. No entanto, os resultados encontrados no presente estudo para o potássio são superiores ao 1,6 g kg^{-1} obtido por Sousa *et al.* (2016) em avaliação do adubo orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais.

O teor de nitrogênio registrado aos 90 dias no composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia foi superior ao composto orgânico com as proporções de gliricídia, mas ambos não diferiram do composto orgânico com resíduos de pirarucu. Esse resultado pode ser atribuído ao forte cheiro de amônia observado nos primeiros revolvimentos das compostagens contendo os resíduos de pirarucu. Fato este que pode ter influenciado na queda de nitrogênio observada nos dois últimos períodos (105 e 135 dias) experimentais (Tabelas 4 e 5).

Segundo Sanes *et al.* (2015), o elevado teor de nitrogênio no resíduo de pescado, aliado à ineficiência de algumas matérias-primas utilizadas para a composição da compostagem, leva à produção de amônia e consequentemente à perda de nitrogênio por volatilização.

O zinco apresentou médias expressivas para o composto orgânico com resíduos de pirarucu (24,67 mg kg^{-1}) e para o composto com resíduos de pirarucu e gliricídia (18,33 mg kg^{-1}), porém ambos foram superiores à média do composto orgânico com gliricídia (7,67 mg kg^{-1}), respectivamente, aos 90 dias experimentais.

Os resultados encontrados no presente estudo divergem dos relatados por Sousa *et al.* (2016), que encontraram teores de zinco na concentração de 124,9 mg kg^{-1} ao final de 45 dias no composto orgânico à base de resíduos de pescado e vegetais. Teodoro e Pereira (2021) enfatizam que o Zn é um elemento fundamental, pois integra os sistemas enzimáticos essenciais para a síntese de proteína.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de macronutrientes e micronutrientes dos compostos orgânicos produzidos no período de 105 dias. Foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$), pelo teste de Tukey, entre os tratamentos para o magnésio. Os demais nutrientes não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre as diferentes composições.

Para o magnésio as maiores concentrações foram observadas nos compostos orgânicos com gliricídia (2,93 mg kg^{-1}) e no composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia (2,86 mg kg^{-1}), diferindo do valor (1,82 mg kg^{-1}) constatado no composto com resíduos de pirarucu aos 105 dias.

Os resultados encontrados no período de 105 dias para o magnésio são superiores aos apresentados por Teodoro e Pereira (2021), que constataram valores de 0,55 mg kg^{-1} em composto confeccionado com resíduos de pescado, com duração de 3 meses.

Portanto, o magnésio tem papel importante na ativação de enzimas da respiração, da fotossíntese e da síntese de ácidos nucleicos, além de sua participação na estrutura da molécula da clorofila (Taiz; Zeiger, 2004).

Tabela 5. Composição química de composto orgânico oriundo de resíduos de pirarucu e gliricídia durante o período de 105 dias.

Parâmetro	Composto orgânico com resíduos de pirarucu	Composto orgânico com gliricídia	Composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia	P-Valor	CV (%)
Matéria orgânica (g kg)	366,83^{A}	302,74^{A}	331,47^{A}	0,36^{ns}	17,83
Carbono (g kg)	213,3^{A}	176,0^{A}	192,7^{A}	0,36^{ns}	26.41
Nitrogênio (g kg)	12,83^{A}	9,39^{A}	13,08^{A}	0,67^{ns}	21,68
Fósforo (g kg)	4,81^{A}	5,46^{A}	1,47^{A}	0,17^{ns}	61,95
Potássio (g kg)	4,20^{A}	4,93^{A}	3,84^{A}	0,80^{ns}	18,53
Cálcio (g kg)	13,88^{A}	5,91^{B}	12,11^{AB}	0,04^{ns}	20,93
Magnésio (g kg)	1,82^{B}	2,93^{A}	2,86^{A}	0,00*	19,17
Ferro (mg kg)	3434^{A}	3370^{A}	23,67^{A}	0,23^{ns}	12,78
Zinco (mg kg)	38,33^{A}	25,33^{B}	32,33^{AB}	0,01^{ns}	14,09
Manganês (mg kg)	34,33^{A}	43,00^{A}	37,67^{A}	0,07^{ns}	13,44
Carbono/Nitrogênio	17,26^{A}	18,92^{A}	14,79^{A}	0,58^{ns}	23,50
IMC	2,62^{A}	3,46^{A}	2,92^{A}	0,71^{ns}	42,35

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Os resultados para os macronutrientes e micronutrientes dos compostos orgânicos produzidos no período de 135 dias estão presentes na Tabela 6. Foram observadas diferenças significativas (P<0,05), pelo teste de Tukey, entre os tratamentos para magnésio, manganês e zinco. Os demais nutrientes não diferiram significativamente (P>0,05) ao final do período experimental.

Tabela 6. Composição química de composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia durante o período de 135 dias.

Parâmetro	Composto orgânico com resíduos de pirarucu	Composto orgânico com giricídia	Composto orgânico com resíduos de pirarucu e gliricídia	P-Valor	CV (%)
Matéria orgânica (g kg)	274,02^{A}	183,41^{A}	203,30^{A}	0,12^{ns}	17,38
Carbono (g kg)	159,31^{A}	106,64^{A}	118,20^{A}	0,12^{ns}	17,38
Nitrogênio (g kg)	8,90^{A}	8,32^{A}	8,25^{A}	0,98^{ns}	17,86
Fósforo (g kg)	2,49^{A}	2,29^{A}	2,35^{A}	0,99^{ns}	48,91
Potássio (g kg)	1,48^{A}	2,83^{A}	1,83^{A}	0,70^{ns}	12,80
Cálcio (g kg)	9,59^{A}	7,28^{A}	7,02^{A}	0,65^{ns}	30,76
Magnésio (g kg)	1,48^{B}	2,83^{A}	1,83^{B}	0,00*	12,80
Ferro (mg kg)	2185^{A}	2872^{A}	3512^{A}	0,17^{ns}	47,65
Zinco (mg kg)	32,67^{A}	21,00^{B}	21,67^{B}	0,01*	12,09
Manganês (mg kg)	49,33^{B}	78,67^{A}	53,00^{B}	0,00*	5,30
Carbono/Nitrogênio	17,98^{A}	13,13^{A}	15,59^{A}	0,48^{ns}	32,58
IMC	3,56^{A}A	5,73^{A}	4,40^{A}	0,13^{ns}	29,89

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O composto orgânico com gliricídia apresentou maior concentração do macronutriente magnésio (2,83 g kg^{-1}) aos 135 dias. Esse resultado se deve a sua maior concentração nos galhos e nas folhas, que contribuíram para a liberação do mineral com o aumento no tempo de compostagem. Dados estes confirmados por Silva *et al.* (2013), que observaram um aumento linear do teor de magnésio à medida que aumentou a proporção de biomassa da gliricídia.

O micronutriente manganês apresentou comportamento crescente durante todo o período experimental, Tabelas 3, 4 e 5. Porém, somente no período de 135 dias, foi constatado diferença significativa para o composto orgânico com gliricídia, obtendo maiores médias do que as demais composições estudadas.

As maiores concentrações de zinco (32,67 mg kg^{-1}) foram registradas no composto orgânico com os resíduos de pirarucu aos 135 dias de compostagem. No entanto, os teores de zinco encontrados em todos os compostos produzidos durante o período experimental são inferiores aos apresentados por Radziemska *et al.* (2018), que obtiveram teores de 159,9 mg kg^{-1} em compostos feitos com resíduos de peixe.

O zinco tem grande participação na planta por ser ativador de várias enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, regulador de auxinas, síntese e formação de pólen, além de influenciar no crescimento, desenvolvimento e produção das plantas de soja (Oliveira *et al.*, 2017). Desta forma, o composto orgânico com resíduos de pirarucu pode ser uma alternativa interessante para culturas exigentes em zinco.

Conclusão

Conclui-se que é recomendada a utilização de composto orgânico produzido com resíduos de pirarucu e gliricídia que não exceda o período de 90 dias, por manter, durante esse período, a maioria dos nutrientes. Pois, com o aumento do tempo, ocorre a redução desses nutrientes, com exceção de alguns micronutrientes.

O uso dos resíduos de pescado para produção de composto orgânico não somente minimiza os problemas ambientais do descarte desses resíduos como também é alternativa para manter os teores de macro e micronutrientes, e principalmente quando esses estão associados a uma leguminosa como a gliricídia. Recomenda-se, para futuros estudos, que sejam feitos os testes para verificar a sua viabilidade na produção agrícola, e assim poderá ser utilizado como substrato na agricultura orgânica, conforme a Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2009).

Referências

AGUIAR, G. P. S.; GOULART, G. A. S. Produção de óleo e farinha a partir de coprodutos de pescado provenientes da bacia Tocantins-Araguaia. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 11, p. 67-71, 2014.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; QUEIROZ, H. L.; CETRA, M. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian riverfloodplain. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, p. 455-465, 2010.

BATALHA, O. S.; ALFAIA, S. S.; CRUZ, F. G. G.; JESUS, R. S. de; RUFINO, J. P. F.; ROCHA, V. C. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá**, v. 39, n. 3, p. 251-257, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos (...). **Diário Oficial da União Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 173, 28 jul. 2009.

CASTRO, F. L. P. **Produção de compostos orgânicos com resíduos de pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz.) associadas a outras fontes orgânicas no município de Maraã – AM**. 2017. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

CAVALCANTE, A. C. P.; SILVA, A. G. da; SILVA, M. J. R. da; ARAÚJO, R. da C. Produção de mudas de Gliricídia com diferentes substratos orgânicos. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 33, p. 233-240, 2016.

DROZD, J.; JAMROZ, E.; LICZNAR, M.; LICZNAR, S. E.; WEBER, J. Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. **Grunwaldzka**, v. 53, p. 855-861, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998. 173 p.

LANNO, M.; SILM, M.; SHANSKIY, M.; KISAND, A.; ORUPÕLD, K.; KRIIPSALU, M. Open windrow composting of fish waste in Estonia. **Agronomy Research**, v. 18, n. 4, p. 2465-2477, 2020.

OLIVEIRA, F. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; SILVA, L. M.; VIEIRA, B. C. Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 28-35, 2017.

PACHECO, M. G. F.; GONZAGA, L. F.; SILVA, D. F.; ELIOMAR, J. J. S.; GERUDE NETO, O. J. A.; GOMES, W. C. Avaliação da qualidade do adubo orgânico produzido pelo processo de compostagem, a partir dos resíduos de pescado gerados no Mercado do Peixe em São Luís - MA. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 2, p. 43-48, 2019.

RADZIEMSKA, M.; VAVERKOVÁ, M. D.; ADAMCOVÁ, D.; BRTNICKÝ, M.; MAZUR, Z. Valorization of fish waste compost as a fertilizer for agricultural use. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, p. 2537-2545, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s12649-018-0288-8.

SANES, F. S. M.; STRASSBURGER, A. S.; ARAÚJO, F. B.; MEDEIROS, C. A. B. Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1241-1252, 2015.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliça no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 235 p.

SILVA, V. M. da; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. F. R.; SOUZA, J. L. de. Qualidade de compostos orgânicos preparados com diferentes proporções de ramos de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 187-198, 2013.

SOUSA, W. L.; TEÓFILO, E. M.; FREITAS, J. B. S.; OLIVEIRA, A. L. T.; SOUSA, P. Z.; SALES, R. O. Aplicação do composto orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) walp.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 2, p. 252-270, 2016.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **SAS/STAT Software Version 9.2.** Cary: SAS Institute Inc., 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEODORO, M. S.; PEREIRA, A. M. L. Aproveitamento de resíduos de pescado na confecção de composto orgânico para produção de mudas de alface. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 441-449, 2021.

VALENTE, B. S.; ANDREAZZA, R.; XAVIER, E. G.; GOMES, M. C.; PEREIRA, H. da S.; ÁVILA, F. D. de. Composting for valuation of marine fish waste. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 18, n. 4, p. 594-603, 2017.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. da S.; PILOTTO, M. V. T. Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 237-248, 2016.