



Resíduos de pescado para a produção de composto orgânico

**Fernanda Dias de Ávila¹, Beatriz Simões Valente², Carolina Faccio Demarco³,
Dienifer Bunde⁴, Robson Andreazza⁵,**

¹Universidade Federal de Pelotas (fehavila@hotmail.com)

² Universidade Federal de Pelotas (bsvalente@terra.com.br)

³ Universidade Federal de Pelotas (carol_deMarco@hotmail.com)

⁴ Universidade Federal de Pelotas (dieniferbbunde@gmail.com)

⁵ Universidade Federal de Pelotas (robsonandreazza@yahoo.com.br)

Resumo

Objetivou-se avaliar o aproveitamento de resíduos de pescado para a produção de composto orgânico. O experimento foi realizado em uma composteira em célula nas dimensões 1,10 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de altura, com pé direito de 2,50 m, que recebeu a mistura de resíduos de pescado marinho (pele e barbatana) e maravalha de pinus reutilizada na proporção 7:3. A eficiência do processo de compostagem foi avaliada através das análises de temperatura da biomassa, umidade, pH, cinzas, índice de mineralização do composto, relação carbono/nitrogênio e os teores totais de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os resultados demonstraram que a compostagem é um processo eficiente para o aproveitamento de resíduos de pescado. O composto produzido atende a Instrução Normativa no. 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para ser comercializado como fertilizante orgânico.

Palavras-chave: Composto. Meio ambiente. Peixes.

Área Temática: Tecnologias Ambientais.

Fish waste for the production of organic compost

Abstract

The aim of this study was to evaluate the use of fish waste for the production of organic compost. The experiment was conducted in a composting cell with dimensions 1.10 m long, 1.50 m wide, 1.20 m high, and 2.50 m ceiling height, which received the mixture of marine fish waste (skin and fin) and reused Pinus sawdust in the ratio 7:3. The efficiency of the composting process was evaluated through the analysis of biomass temperature, moisture content, pH, ashes, mineralization index, carbon/nitrogen ratio and total contents of organic matter, organic carbon and nitrogen. The data were submitted to variance analysis and regression analysis and the means were compared by the Tukey test at 5%. The results demonstrated that composting is an efficient process for fishery wastes. The compost produced complies with Normative Instruction nº 25/2009 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, to be marketed as organic fertilizer.

Key words: Compost. Environment. Fish.

Theme Area: Environmental Technology.



1 Introdução

A demanda mundial por pescado tem sofrido um significativo incremento nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento populacional e da busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis.

Entretanto, a preferência do consumidor pelo filé de peixe faz com que aproximadamente metade do pescado seja encaminhada ao processo de filetagem, o que acaba aumentando o volume de resíduos gerados, chegando a 65% do peso vivo. Estes resíduos são principalmente vísceras, cauda, coluna vertebral, barbatana, escamas e restos de carne.

Em decorrência do grande volume produzido, práticas inadequadas de descarte de resíduos de pescado como, o despejo diário nos recursos hídricos, há algum tempo vem contribuindo para a degradação ambiental territorial, acentuando ainda mais as dificuldades enfrentadas pelos pescadores. O aumento significativo na concentração de fósforo e nitrogênio, bem como o decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido são situações que podem ser visualizadas na região através do processo de eutrofização e da mortalidade de peixes.

Há diversas alternativas para o aproveitamento sustentável dos subprodutos provenientes de resíduos de pescado, permitindo a sua valorização e incrementando a geração de renda para comunidades de pescadores artesanais (FELTES et al., 2010). O interesse em pesquisar possibilidades mais vantajosas deve-se ao fato de que a comercialização da farinha de peixe proporciona um retorno econômico relativamente baixo para a indústria, levando-se em conta que a linha de produção deste subproduto exige grande investimento, equipamentos especiais e alto consumo energético. Assim, uma das alternativas seria a produção de composto orgânico.

Estudos demonstram que o processo de compostagem é uma importante tecnologia de tratamento, sendo utilizado para as mais diversas fontes orgânicas (GAO et al., 2010; NIKAEEN et al., 2015; VALENTE et al., 2016a; VALENTE et al., 2016b). Componentes orgânicos são facilmente mineralizados e metabolizados pelas diferentes populações de micro-organismos aeróbios mesófilos, termotolerantes e termófilos, que produzem gás carbônico, amônia, água, ácidos orgânicos e calor (BERNAL et al., 2009). Lopes et al. (2015) afirmam que o produto obtido apresenta alto valor agronômico, podendo ser utilizado como corretor de solo ou fertilizante orgânico. Porém, Sanes et al. (2015) ressaltam que estudos complementares necessitam ser conduzidos para melhor entendimento do processo de compostagem de resíduos de pescado, bem como a qualificação do produto obtido.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o aproveitamento de resíduos de pescado para a produção de composto orgânico.

2 Metodologia

O trabalho foi realizado no Setor de Compostagem do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica (LEEZO) “Professor Doutor Renato Rodrigues Peixoto”, do Departamento de Zootecnia (DZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão/RS.

O processo de compostagem foi realizado em uma célula de alvenaria, impermeabilizada, de 1,10 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de altura, com pé direito de 2,50 m. A parte superior da célula era aberta e protegida por uma estrutura telada e sua parte frontal apresentava tábuas móveis para facilitar o preenchimento com os resíduos orgânicos até a altura de 1,00 m, os quais foram submetidos à compostagem por um período de 60 dias.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

A célula foi abastecida com resíduos de pescado (pele e barbatana não triturados) da atividade marítima e maravalha de pinus (*Pinus spp.*) reutilizada em outros três experimentos com compostagem de resíduos de pescado, de carcaças de cães e bovinos leiteiros, na proporção mássica de 7:3. As proporções entre as matérias primas foram baseadas em estudos de Valente et al. (2014) que usaram maravalha na degradação de resíduos de pescado na proporção 3:1 e concluíram que uma maior quantidade de fonte proteica poderia ter sido utilizada. A altura usada para a camada de agente de estruturação foi de 0,10 m, seguindo a metodologia de Paiva (2004), determinada pelas pesagens e definida por medições com auxílio de uma fita métrica, obtendo-se assim 27,4 kg por camada.

As proporções de resíduos de pescado foram dispostas sobre as camadas, respeitando-se a distância de 0,10 m entre elas, das paredes e da parte frontal da célula de compostagem. Assim, foram dispostos 63 kg de resíduos de pescado marinho por camada. Os resíduos orgânicos ocuparam a altura de 1,00 m, totalizando 471,40 kg. A água foi adicionada com auxílio de um recipiente graduado, na proporção de 20% da massa da camada de maravalha, o que correspondeu a 5,5 L por camada.

Foram colocadas cinco estacas de madeira numeradas, a uma distância de 0,20 m entre elas e da lateral da parede da célula de compostagem a fim de demarcar cada ponto de coleta e de aferição. As avaliações de temperatura da massa em compostagem foram realizadas diariamente, às 9:30 h, utilizando-se um termômetro digital ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ DIGITECH) com haste metálica de 0,12 m. As análises da composição química da massa em compostagem foram realizadas em triplicata, sendo que a primeira amostragem correspondeu aos substratos iniciais maravalha reutilizada e resíduos de pescado (pele e barbatana) (Tabela 1). As demais coletas foram realizadas nos cinco pontos demarcados, nos seguintes períodos: 15, 30, 45 e 60 dias de compostagem, correspondendo respectivamente a T1, T2, T3 e T4.

Tabela 1. Composição química dos substratos utilizados na compostagem.

Composição química	Substratos	
	Maravalha reutilizada	Pele/Barbatana
pH	$5,3 \pm 0,09$	$6,5 \pm 0,07$
Umidade (%)	$62,0 \pm 0,08$	$79,9 \pm 0,09$
Matéria orgânica total (%)	$77,5 \pm 0,02$	$85,9 \pm 0,81$
Cinzas (%)	$22,5 \pm 0,02$	$14,1 \pm 0,81$
Carbono orgânico total (%)	$43,1 \pm 0,04$	$47,7 \pm 0,06$
Nitrogênio total (%)	$2,9 \pm 0,03$	$12,5 \pm 0,04$
Relação carbono/nitrogênio	$14,8 \pm 0,07$	$3,8 \pm 0,09$

Valores médios de três replicatas.

No Laboratório de Nutrição Animal do DZ/FAEM/UFPEL foi realizada a determinação da umidade, nitrogênio total, segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2004) e também as análises da matéria orgânica total, teor de cinzas e do carbono orgânico total, conforme metodologia descrita por Kiehl (1985). A relação C/N foi obtida pela equação $C/N = \% C \div \% N$, “onde % C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra; %N = porcentagem de nitrogênio total na amostra, conforme descrito por Tedesco et al. (1995). O cálculo do índice de mineralização do composto foi obtido através da equação $IMC = \% CZ \div \% C$, “onde %CZ = porcentagem de cinzas na amostra; %C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra, segundo Drozd et al. (1997).

Para a análise estatística, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de

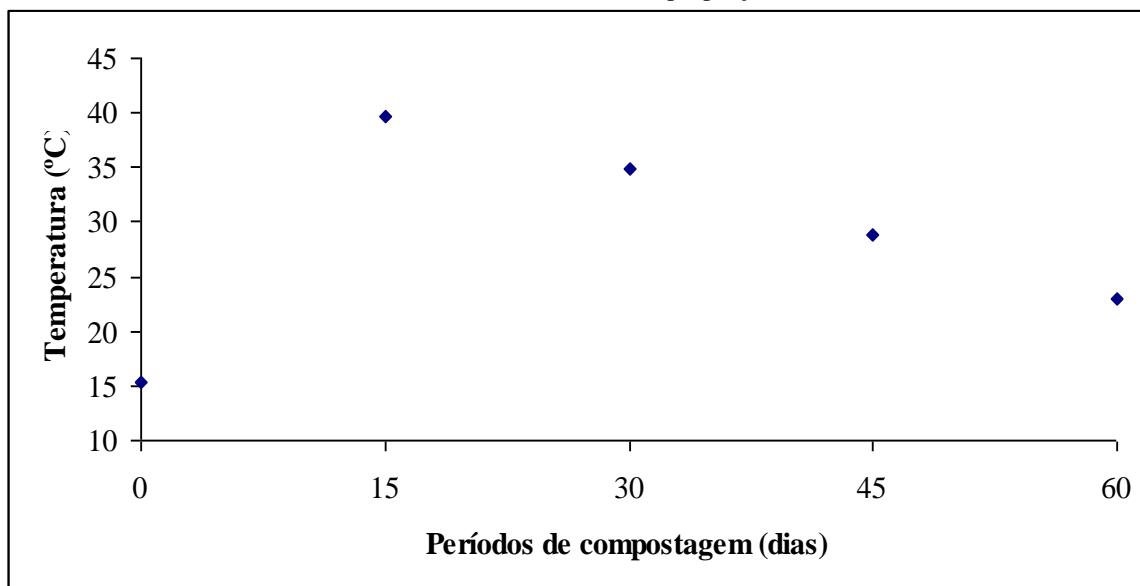


variância pelo procedimento GLM (“General Linear Models”) do programa “Statistical Analysis System” versao 9.1 (SAS, 2003) e regressão, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

3 Resultados e discussão

Na Figura 1, pode ser observado, no dia zero, que a média da temperatura da biomassa foi de 15,3°C, caracterizando a fase criófila do processo de compostagem. Valente et al. (2014a) estudando a compostagem da mistura de resíduos da filetagem de pescado de água doce (cabeça, carcaça e vísceras não triturados) e maravalha de pinus na proporção mássica de 1:3, respectivamente, observaram no mesmo período, 31,8°C de temperatura. Comparando os dados, a diferença entre os resultados pode ser atribuída a maior proporção mássica de resíduos de pescado em relação á maravalha (7:3) e também ao alto teor de umidade presente nesses substratos, que foi de 79,9% e 62,0%, respectivamente. Esses fatores juntamente com a adição de 5,5 L de água por camada possivelmente tenham inibido temporariamente a atividade microbiana no meio, que é responsável pelo aumento da temperatura interna da biomassa e pela estabilização da matéria orgânica.

Figura 1 – Médias da temperatura da biomassa durante a compostagem da mistura de resíduos de pescado (pele e barbatana) e maravalha reutilizada na proporção mássica de 7:3.



O teor de umidade afeta diretamente o transporte de nutrientes dissolvidos, que são requeridos pelas atividades metabólicas e fisiológicas dos micro-organismos (LI et al, 2013). Nikaeen et al. (2015) salientam que o teor ótimo de umidade da mistura dos substratos deve estar entre 55 e 64%, a fim de estimular uma maior atividade microbiana no meio. Entretanto, Kumar et al. (2010) ressaltam que o teor ótimo de umidade está intimamente relacionado ao tipo de resíduos compostados. Devine et al. (2014) lembram que o balanço hídrico é afetado pelas características do material, como o teor de umidade, a composição química e a estrutura física. Kunz et al. (2008) avaliaram diferentes substratos para a compostagem de dejetos líquidos de suínos e verificaram que a serragem teve uma maior eficiência em evaporar água do que a maravalha. Os autores atribuíram à menor granulometria do substrato, que reduziu a perda de calor para o meio externo fazendo com que fossem atingidas temperaturas maiores, o que proporcionou uma maior perda de umidade.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Por outro lado, a partir do dia zero, houve um aumento da temperatura atingindo 39,6°C aos 15 dias de compostagem, demonstrando o crescimento e desenvolvimento de micro-organismos mesofílicos na biomassa. Bactérias, fungos e actinomicetos mesofílicos, que são dominantes nos três primeiros dias da compostagem, se alimentam de componentes da matéria orgânica facilmente disponível, como açúcares, aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, provocando rapidamente o aumento da temperatura, devido à liberação de calor por parte do metabolismo microbiano (VERGNOUX et al., 2009). Contudo, a persistência desses micro-organismos no período sugere que a colonização da biomassa pela microbiota termofílica possa ter sido prejudicada pelo teor de umidade (62,8%) da mistura dos substratos. O excesso de água provoca um deslocamento do ar, presente nos espaços porosos da matriz, reduzindo a continuidade entre os poros, limitando assim a difusão do oxigênio (CHANG & CHEN, 2010).

Nos períodos subsequentes, 30, 45 e 60 dias, a temperatura da biomassa decresceu progressivamente, assumindo os valores de 34,8, 28,9 e 23°C, respectivamente. Da mesma forma, as verificações demonstram que o alto teor de umidade da mistura dos resíduos compostados prejudicou o desenvolvimento do processo, sendo agravado pela ausência de revolvimento no decorrer dos períodos, que é suprimido no processo de compostagem em células. Nikaeen et al. (2015) salientam que a taxa de redução de umidade do meio é influenciada pelo método de aeração.

Considerando os teores totais de matéria orgânica e de carbono orgânico, verificaram-se reduções significativas entre os 15 dias (77,6%, 43,1%) e os dois últimos períodos, 45 (70,5%, 39,1%) e 60 dias (69,8%, 38,8%) de compostagem ($p<0,05$). Conforme esperado, o conteúdo de cinzas aumentou significativamente entre os mesmos períodos ($p<0,05$) (Tabela 2), demonstrando uma maior concentração de componentes minerais, sendo resultado da mineralização da matéria orgânica total por uma população microbiana heterogênea presente no decorrer do processo (VALENTE et al., 2016a).

Tabela 2 – Composição química da mistura de resíduos de pescado e maravalha reutilizada na proporção mássica 7:3 submetidos a diferentes períodos de compostagem.

Composição-química	Períodos de compostagem (dias)				IN-25*
	15	30	45	60	
pH	9,2	9,4	9,3	9,3	$\geq 6,0$
Umidade (%)	62,8 ^A	57,5 ^{AB}	56,3 ^{AB}	44,7 ^B	$\leq 50\%$
Matéria orgânica (%)	77,6 ^A	73,9 ^{AB}	70,5 ^B	69,8 ^B	$\geq 40\%$
Cinzas (%)	22,4 ^B	26,1 ^{AB}	29,5 ^A	30,2 ^A	-
Carbono orgânico total (%)	43,1 ^A	41,0 ^{AB}	39,1 ^B	38,8 ^B	$\geq 15\%$
Nitrogênio total (%)	4,3	3,5	4,0	3,4	$\geq 0,5\%$
Relação carbono/nitrogênio	10,4	12,4	10,3	11,6	≤ 20
Índice de mineralização do composto	0,5 ^B	0,6 ^{AB}	0,8 ^A	0,8 ^A	-

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

*Instrução Normativa nº 25/2009 (BRASIL, 2009).

O aumento significativo do índice de mineralização do composto nos dois últimos períodos finais do processo, 45 (0,8) e 60 dias (0,8) ($p<0,05$), demonstra uma maior mineralização da matéria orgânica total, que está diretamente relacionada ao aumento da liberação de CO₂ pela atividade respiratória dos micro-organismos. Contudo, os resultados obtidos foram inferiores aos preconizados por Drozd et al. (1997), que afirmam que quanto mais alto for o índice ($>1,30$), maior terá sido a mineralização da matéria orgânica total. Valente et al. (2014b) estudando a compostagem de cadáveres de cães também constataram



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

uma menor mineralização do composto e atribuíram ao tipo de carbono presente na maravilha e a alta relação C/N inicial (191/1). Em estudo mais recente, Valente et al. (2016b) verificaram, ao final da compostagem da mistura de resíduos de pescado marinho e casca de arroz, índices de mineralização que variaram de 0,1 a 0,2 e também relacionaram a alta relação C/N (74,7/1) do agente de estruturação.

Embora não se tenha constatado diferença significativa para o teor de nitrogênio total entre os períodos ($P>0,05$), pode-se verificar um acréscimo aos 45 dias (4,0%) quando comparado aos intervalos 30 (3,5%) e 60 dias (3,4%), devido à morte de parte dos micro-organismos mesofílicos, que incorporam e imobilizam o nitrogênio no seu protoplasma celular (CAYUELA et al., 2009), podendo ser confirmado na Figura 1, onde se observa uma redução da temperatura da biomassa aos 45 dias (28,9°C) de compostagem. Esse fato também foi mencionado por Valente et al. (2016b) que estudaram a compostagem da mistura de resíduos de pescado marinho e casca de arroz nas proporções 1:3 e 3:3.

Em decorrência disso, pode ser verificado uma maior redução da relação C/N aos 45 dias (10,3/1) de compostagem em comparação aos demais períodos. Diferentemente, aos 60 dias constatou-se um aumento da relação C/N (11,6/1) devido à atividade metabólica microbiana reduzida no período. Ambas as situações contribuíram para a redução da temperatura da biomassa nos dois últimos períodos do processo de compostagem. Os resultados demonstram que a baixa relação C/N inicial dos substratos resíduos de pescado ($3,8 \pm 0,09$) e maravilha ($14,8 \pm 0,07$), reutilizada por três vezes consecutivas, prejudicaram o desenvolvimento e crescimento dos micro-organismos termofílicos no decorrer dos 60 dias de compostagem. Kumar et al. (2010) estudando a compostagem da mistura de resíduos de gramínea e sobras de alimento, verificaram que a interação entre alto teor de umidade (60%) e baixa relação C/N (19,6/1) afeta a redução da matéria orgânica biodegradável, devido às reduções no transporte de oxigênio e na atividade microbiana. Gao et al. (2010) analisaram o comportamento da temperatura na compostagem da mistura de excretas de aves e serragem nas proporções 16,3:1, 6,9:1 e 3,4:1, com relação C/N inicial de 12/1, 18/1 e 28/1, respectivamente. Os autores verificaram que a fase termófila da compostagem da mistura com relação C/N inicial de 12 e 18/1 foi menor que a da mistura com 28/1 de relação C/N, sendo atribuído à quantidade insuficiente de carbono na proporção dos substratos compostados.

Outro aspecto diz respeito ao pH ácido dos substratos iniciais, resíduos de pescado ($6,5 \pm 0,07$) e maravilha reutilizada ($5,3 \pm 0,09$), que após 15 dias de compostagem da sua mistura na proporção 7:3, atingiram valores alcalinos, mantendo-se até o final do processo. O aumento do pH pode ser atribuído à produção de amônia associada à degradação da proteína, bem como a decomposição dos ácidos orgânicos (PANDEY et al., 2016).

Os valores encontrados para a composição química do composto produzido ao final dos 60 dias de compostagem estão dentro do recomendado pela IN-25/2009 (BRASIL, 2009). Entretanto, a baixa relação C/N (11,6/1) do composto poderia reduzir o desenvolvimento vegetativo acarretando clorose das folhas da planta (MALAVOLTA et al., 2002), devido à perda de N por volatilização durante a decomposição da matéria orgânica no solo (KIEHL, 1985). Valente et al. (2013) ressaltam que além da relação C/N, outros parâmetros de avaliação da qualidade do adubo orgânico devem ser levados em consideração pela IN-25/2009 (BRASIL, 2009), para que o produto seja considerado humificado e/ou maturado.

4 Conclusões

A compostagem é um processo eficiente para o aproveitamento de resíduos de pescado.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

O composto produzido atende a Instrução Normativa no. 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para ser comercializado como fertilizante orgânico.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº25, 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, organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acessado em: 4 fev. 2017.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. 2009 Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresouce Technology**, v. 100, p. 5444-5453, 2009.

CAYUELA, M.L.; MONDINI C.; INSAM, H.; SINICCO, T.; FRANKEWHITTLE, I. Plant and animal wastes composting: effects of the N source on process performance. **Bioresorce Technology**, v.100, p.3097-3106, 2009.

CHANG, J. I.; CHEN, Y. J. Effects of bulking agents on food waste composting. **Bioresiurce Technology**, v. 101, p. 5917-5924, 2010.

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.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 669-677, 2010.

GAO, M.; LIANG, F.; YU, A.; LI, B.; YANG, L. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, v. 78, p. 614-619, 2010.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KUMAR, M.; OU, Y.L.; LIN, J.G. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. **Waste Management**, v. 30, p. 602–609, 2010.

KUNZ, A.; BORTOLI, M.; HIGARASHI, M. M. Avaliação do manejo de diferentes substratos para compostagem de dejetos líquidos de suínos. **Acta Ambiental Catarinense**, v.5, n.1/2, 2008.

LI, Z.; LU, H.; REN, L.; HE, L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: a review. **Chemosphere**, v. 93, p. 1247-1257, 2013.

LOPES, C.; ANTELO, L. T.; FRANCO-URÍA, A.; ALONSO, A. A.; PÉREZ-MARTÍN, R. Valorization of fish by-products against waste management treatments – Comparison of environmental impacts. **Waste Management**, v. 46, p. 103-112, 2015.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.199p.

NIKAEEN, M.; NAFEZ, A. H.; BINA, B.; NABAVI, B. F.; HASSANZADEH, A. Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting. **Waste Management**, v. 39, p. 104-110, 2015.

PAIVA, D.P. de. Uso da compostagem como destino de suínos mortos e restos de parição. In: **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concordia: Embrapa Suinos e Aves, 2004. p.100-104.

PANDEY, P. K.; CAO, W.; WANG, Y.; VADDELLA, V.; CASTILHO, A. R.; SOUZA, A.; DEL RIO, N. S. Simulating the effects of mesophilic anaerobic and aerobic digestions, lagoon system, and composting on pathogen inactivation. **Ecological Engineering**, v. 97, p. 633-641, 2016.

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**, v. 36, n. 3, p. 1241-1252, 2015.

SAS Institute. **Statistical analysis system**. Release 9.1. (Software). Cary, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ A. C. de. **Análise de Alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 235p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MANZKE, N. E.; ALMEIDA, G. R. de; ROLL, V. F. B. Composição físico-química de vermicompostos comercializados na região do município de Pelotas/RS. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 119-132, 2013.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. da S.; PILOTTO, M. V. T. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 1, p. 95-103, 2014.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; LOPES, M.; PEREIRA, H. da S.; ROLL, V. F. B. Compostagem e vermicompostagem de dejetos líquidos de bovinos leiteiros e cama aviária. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 249, p. 79-88, 2016a.

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 de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 2, p. 237-248, 2016b.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LE DRÉAU, Y.; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v. 407, p.2390-2403, 2009.