

PRODUÇÃO DE COMPOSTAGEM E SILAGEM COMO GESTÃO SUSTENTAVEL DOS RESÍDUOS DE PEIXES

Production of composting and silage as a sustainable management of fish waste

Marcelo dos Santos Nascimento¹

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar e caracterizar a produção de compostagem orgânica e silagem ácida a partir dos resíduos de peixes coletados na feira da Manaus Moderna, Manaus, AM. Para avaliação da produção da compostagem foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: compostagem de resíduo de peixe e maravalha; compostagem de resíduo de peixe e aparado de grama e compostagem de resíduo de peixe e poda de árvores. O processo de produção das compostagens foi acompanhado durante 40 dias, até a estabilidade da temperatura. Os parâmetros avaliados foram: temperatura, umidade, potencial hidrogeniônico (pH), cinzas, matéria orgânica total, carbono orgânico total, nitrogênio total, relação C/N e índice de mineralização. Foram elaboradas três silagens, em triplicada; silagem formulada com 6% de ácido acético glacial; silagem formulada com 5% de ácido cítrico e 1% de ácido acético glacial e silagem formulada com 5% de ácido fumárico e 1% de ácido acético glacial. A composição físico-química das compostagens e silagens foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade para verificar se as médias apresentavam distribuição normal e posteriormente aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Turkey a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados ao final do processo de compostagem servem para avaliar a eficácia do processo. Assim, observando que o método de compostagem é uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos de peixe, mesmo que os resultados do presente estudo tenham apresentado valores para umidade e relação C/N superiores aos recomendados pela legislação brasileira para o uso de fertilizantes orgânicos para ambas os compostos, desta forma, sugerindo o uso de uma maior fonte nitrogênio para a elaboração de compostos orgânicos nas condições experimentais do presente estudo. Já a elaboração de silagem ácida de resíduos de peixes mostrou ser uma alternativa viável para agregar valor aos resíduos de peixes descartados em feiras e peixarias, bem como contribuir com a diminuição da emissão de poluentes ao meio ambiente. Além disso, servir como subsídio na produção de rações de baixo custo para a aquicultura.

Palavras-chave: pescado, aproveitamento, ensilado, composto orgânica, gestão ambiental.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate and characterize the production of organic compost and acid silage from fish waste collected at the Modern Manaus fair, Manaus, AM. To evaluate the composting production, a completely randomized design with three treatments and three replications was adopted. The treatments were: composting of fish waste and wood shavings; composting fish waste and grass clippings and composting fish waste and tree trimming. The composting production process was monitored for 40 days, until temperature stability. The evaluated parameters were: temperature, humidity, hydrogenion potential (pH), ash, total organic matter, total organic carbon, total nitrogen, C/N ratio and mineralization index. Three silages were prepared, in triplicate; silage formulated with 6% glacial acetic acid; silage formulated with 5% citric acid and 1% glacial acetic acid and silage formulated with 5% fumaric acid and 1% glacial acetic acid. The physical-chemical composition of the composts and silages were submitted to analysis of homogeneity and normality to verify if the averages presented normal distribution and later the analysis of variance (ANOVA) and the Turkey test were applied at a significance level of 5% ($p < 0.05$). The results of the physical-chemical parameters evaluated at the end of the composting process serve to evaluate the effectiveness of the process. Thus, noting that the

¹ Engenheiro de Pesca, Doutor em Aquicultura, Professor Formador no IEMA Pleno Viana - MA, e-mail: marc.elopesca@hotmail.com

composting method is a viable alternative for the use of fish waste, even though the results of the present study have shown values for moisture and C/N ratio higher than those recommended by Brazilian legislation for the use of organic fertilizers for both compounds, thus, suggesting the use of a higher nitrogen source for the elaboration of organic compounds in the experimental conditions of the present study. The elaboration of acid silage from fish residues proved to be a viable alternative to add value to fish residues discarded at fairs and fishmongers, as well as to contribute to the reduction of the emission of pollutants to the environment. In addition, serve as a subsidy in the production of low-cost feed for aquaculture.

Key-words: fish, use, ensiled, organic compost, environmental management.

1. INTRODUÇÃO

O processamento e comercialização de alimentos de origem animal geram uma grande quantidade de lixo orgânico (NASCIMENTO *et al.*, 2018). Esses resíduos quando descartado de forma incorreta, constituem um problema sanitário e ambiental para a sociedade (Pimenta *et al.*, 2008). Neste cenário, o crescimento populacional nos centros urbanos tem agravado a problemática do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pelo aumento no número de habitantes, causados principalmente pelo volume de lixo produzido e pelo estilo de vida consumista (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A cultura do aproveitamento dos resíduos de pescado ainda é pouco difundida em várias regiões do Brasil, sendo que a maioria desses resíduos é descartada, como se observa nas indústrias de beneficiamento de pescado devido, principalmente, à falta de reconhecimento deste recurso como matéria prima e fonte para outros produtos (PESSATTI 2001; NASCIMENTO *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2018). Partes como, cabeças, escamas, peles, vísceras e carcaças (esqueleto com carne aderida) são descartadas durante o processamento e, dependendo da espécie de peixe processada e do produto final obtido pelo frigorífico, estes descartes podem representar algo entre 8 a 16%, (no caso do pescado eviscerado), e 60 a 72% na produção de filés sem pele (KUBITZA; CAMPOS, 2006). Um exemplo disso e a ocorrências de acúmulos de resíduos de peixes em mercados públicos e feiras livres, que devido à forma incorreta deste descarte, constitui problema sanitário e ambiental para a sociedade (PIMENTA *et al.*, 2008).

Deste modo, o emprego de tecnologias emergentes e inovadoras surge como uma alternativa para agregar valor aos resíduos de peixes que são descartados de forma incorreta no meio ambiente. Neste contexto, há duas tecnologias simples e sustentáveis para o aproveitamento dos resíduos de peixes como é o caso da compostagem, que pode transformá-los em fertilizante orgânico, servindo como adubo para a plantação de hortaliças e da silagem que tem várias aplicações industriais, tanto

na nutrição animal como também na produção de fertilizantes, sendo ambas tecnologias amigável ao ambiente, segura, simples e econômicas (ARAÚJO, 2010; PINTO *et al.*, 2017).

A compostagem é um processo naturalmente controlado, pelo qual os microrganismos benéficos (bactérias e fungos) transformam os resíduos orgânicos em produtos finais estáveis, com baixo risco ambiental e sanitário (KUBITZA; CAMPOS, 2006). Para isto, este processo é desenvolvido em duas fases, na primeira ocorre a degradação ativa e, na segunda, a maturação (humificação) do material orgânico, (MATOS *et al.*, 1998).

A compostagem apresenta-se como alternativa viável para sistemas de produção orgânica, em virtude de sua elevada qualidade nutricional e biológica, teores de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e saturação por bases permite obter um maior grau de fertilidade dos solos no sistema orgânico (PEIXOTO, 1988).

Enquanto a silagem é um método de preservação do resíduo de pescado efetuada pela ação de ácidos ou por fermentação microbiana sendo uma metodologia de aproveitamento de resíduos muito antiga, sobretudo em comunidades de recursos escassos, carentes de tecnologia, com abundância de recursos e de subprodutos provenientes do beneficiamento industrial (OETTERER, 2002).

Dentre os métodos de preparação de silagens, o mais utilizado é quando a matéria-prima é misturada com ácidos orgânicos ou minerais e se liquefaz devido à ação de enzimas presentes no pescado, sendo o crescimento microbiano inibido devido a diminuição de pH (NASCIMENTO *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Além de se tratar de uma forma de aproveitamento de resíduos a silagem apresenta elevados valores de aminoácidos essenciais que pode ser uma excelente fonte de proteína para compor rações para peixes, sem causar prejuízos ao crescimento, saúde e além de diminuir os custos das rações, tornando-a uma excelente alternativa, por agregar valor ao biológico proveniente dos resíduos sólidos do pescado (VIDOTTI *et al.*, 2003; ASSANO, 2004; CARVALHO *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2006; ABIMORAD *et al.*, 2009). Dessa forma a compostagem e a silagem se apresentam como alternativas viáveis para o aproveitamento dos resíduos de peixes.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar e caracterizar a produção de compostagem orgânica e silagens ácidas de resíduos de peixes coletados na feira da Manaus Moderna, Manaus, Amazonas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos de peixes (nadadeiras, cabeça, vísceras e escamas) gerados do beneficiamento do pescado foram coletados na feira da Manaus Moderna, localizada na cidade de Manaus (AM). A maravalha foi proveniente de madeiras da região de Manaus, aparas de grama e podas de árvores foram coletadas no campus da Universidade Nilton Lins.

2.1 Compostagem orgânico

O processo de produção das compostagens foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: (CPM) compostagem de resíduo de peixe e maravalha; (CPG) compostagem de resíduo de peixe e aparas de grama e (CPA) compostagem de resíduo de peixe e poda de árvores. O processo de produção foi acompanhado durante 40 dias, até a estabilidade da temperatura.

Foram montadas nove composteiras de madeira medindo 1,00 m de comprimento, 0,70 cm de largura e 0,40 de altura. As composteiras foram preenchidas de acordo com cada tratamento com as fontes de carbono, maravalha, aparas de gramas e podas de árvores e resíduos de peixes na altura de 0,30 cm respectivamente. As proporções entre as matérias primas foram baseadas em estudos de LIAO *et al.*, (1995) e LAOS *et al.*, (2002). A altura utilizada para as camadas do agente de estruturação foi de 0,10 cm, baseado na metodologia de PAIVA (2004) determinadas por pesagens e definida por medições com auxílio de uma fita métrica. Resultado no total de 6 kg de resíduo de peixe para cada composteira.

Durante o processo de compostagem, as células foram reviradas a partir do decimo quinto dia, seguindo novamente a cada cinco dias até o período de estabilização da temperatura das biomassas. A água foi adicionada com o auxílio de um recipiente graduado, na proporção de 30% da massa de cada biomassa (COSTA *et al.*, 2005), o que correspondeu 2,4 L por composteira. As temperaturas do ambiente (máxima e mínima) para a região foram coletadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a temperatura da biomassa interna e da camada superficial foram aferidas diariamente com o auxílio de um termômetro de mercúrio.

2.2 Silagem ácida

O material de estudo destinado a elaboração das silagens (nadadeiras, cabeça e vísceras) foi submetido a um processo de higienização, o qual consistiu em um cozimento sob temperatura de 100 °C, por um período de 45 minutos (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Para a formulação das silagens ácidas foi adotada a metodologia descrita por Vasconcelos *et al.* (2011) e Nascimento *et al.* (2014) com adaptações. Foram elaboradas três silagens ácidas: Silagem A, formulada com 6% de ácido acético glacial, Silagem B, com 5% de ácido cítrico e 1% de ácido acético glacial e Silagem C, com 5% de ácido fumárico e 1% de ácido acético glacial. A hidrólise foi acompanhada com medições diárias de pH (com auxílio de um phmetro digital) e temperatura (com auxílio de um termômetro de mercúrio) até estabilização.

2.3 Análises físico-química das matérias primas, compostagem e silagens

As análises físico-químicas das matérias primas usadas (Tabela 1) e das compostagens e silagens (Tabela 2 e 5). As análises seguiram os padrões metodológicos como segue: umidade realizadas em estufa a 105°C, cinzas em forno Mufla a 550°C, nitrogênio total e proteínas totais pelo método de digestão de Kjeldahl e a fração lipídica pelo extrator de Soxhlet, sendo as análises realizadas em triplicada de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2000).

A porcentagem do material orgânico foi calculada pela diferença do peso entre a matéria seca e as cinzas, conforme a metodologia descrita por Kiehl (2004), sendo que para obter o teor de matéria orgânica foi aplicada a equação $MO = 100 - \% \text{ de cinzas}$. O carbono orgânico total foi realizado através da divisão da matéria orgânica total por 1,8 (fator de Bemmelen), aplicando a equação $C = MO / 1,80$, seguindo os métodos descritos por Kiehl (2004) e o índice de mineralização do composto foi realizado com auxílio da equação $IMC = \% CZ \div \% C$, onde $\% CZ = A$ porcentagem de cinzas na amostra; $\% C = A$ porcentagem de carbono orgânico total da amostra, conforme Drozd *et al.* (1997).

Tabela 1: Composição físico-química dos substratos, resíduo de peixe maravalha, poda de grama e apara de árvores.

Parâmetros	Substrato			
	Resíduo de Peixe	Maravalha	Apara de grama	Poda de árvore
pH	6,55±0,19	6,11±0,06	6,38±0,17	6,07±0,05
Umidade (%)	80,35± 1,58	20,30±4,10	16,73±0,10	16,66±0,11
Cinzas (%)	29,21 ±1,39	1,06±0,03	0,96±0,01	0,97±0,33
Matéria orgânica (%)	70,78±1,39	98,93±0,03	99,04±0,01	99,14±0,19
Carbono orgânico total (%)	39,32±0,77	54,96±0,02	55,02±0,00	55,08±0,01
Nitrogênio total (%)	11,01±0,03	0,23±0,21	1,70±0,08	1,48±0,02
Carbono/nitrogênio	3,57±0,08	234,41±21,32	32,26±0,79	37,18±2,09
Índice de mineralização	0,74±0,05	0,02±0,01	0,02±0,00	0,02±0,01

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

2.4 Análises estatísticas dos resultados

A avaliação dos resultados foi realizada através da tabulação dos dados no Microsoft Excel® 2016. Os resultados de temperatura das compostagens orgânicos, rendimento das silagens, pH e

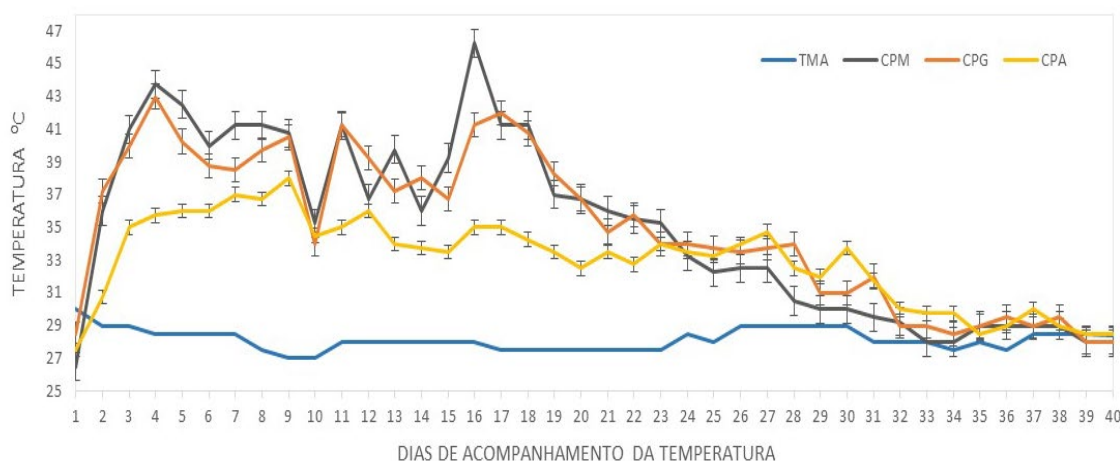
temperatura das silagens foram discutidos com base na estatística descritiva. Para composição físico-química das compostagens e silagens foi aplicado análises de homogeneidade e normalidade para verificar se as médias apresentavam distribuição normal e posteriormente aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Turkey a um nível de significância de 5%. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram analisadas por ANOVA de Kruskal-Wallis. Todos os resultados foram expressos em média e desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Compostagem orgânica

Os valores referentes às temperaturas médias das compostagens com seus respectivos desvios padrões e os valores médios da temperatura ambiente, durante o período de 40 dias estão descritos na figura 4. Onde a estabilização das biomassas dos compostos de resíduo de peixe e maravalha (CPM), resíduo de peixe e apara de grama (CPG) ocorreu próxima ao trigésimo segundo dia, e no composto de resíduo de peixe e poda de árvore (CPA) ocorreu no trigésimo quinto dia, isso em decorrência a temperatura das biomassas atingirem temperaturas próximas a ambiente, conforme ilustra a figura 1.

Figura 1: Médias das temperaturas durante o processo de compostagem.



Legenda: TMA: temperatura média ambiente; CPM: compostagem de resíduo peixe e maravalha. CPG: compostagem de resíduo de peixe e apara de grama; CPA: compostagem de resíduo de peixe e poda de árvores.

Fonte: Autoria própria (2022).

Outro dado importante foram as biomassas CPM e CPG nos primeiros dias do processo de compostagem que atingiram temperaturas acima de 40°C, enquanto na biomassa CPA foi diferente. Sendo que a biomassa do composto CPM atingiu temperaturas mais altas (46,25°C) entre o décimo

sexto e o décimo sétimo dia. As reduções e variações das temperaturas nas biomassas durante o processo de compostagem podem ter ocorrido devido a presença de chuvas intensas durante 18 dias na região, assim favorecendo a perda de calor e resultando na alta variação de temperatura. Em decorrência disto predominou-se as bactérias mesófila durante a maioria parte do período experimental em ambos os tratamentos.

Observa-se também que as biomassas CPM e CPG nos primeiros dias do processo de compostagem atingiram temperaturas acima de 40° C, o mesmo não foi observado para a biomassa CPA. Sendo que a biomassa do composto CPM atingiu temperaturas mais altas (46,3° C) entre o décimo sexto e o décimo sétimo dia. As reduções e variações das temperaturas nas biomassas durante o processo de compostagem podem ter ocorrido devido a presença de chuvas intensas durante 18 dias na região, assim favorecendo a perda de calor e resultando na alta variação de temperatura, em decorrência disso predominando a população de bactérias mesófila durante a maior parte do período experimental em ambos os tratamentos.

O comportamento da temperatura da biomassa observado nos tratamentos é característico dos processos de compostagem, apresentando o mesmo comportamento encontrado por Valente et al. (2016), em compostagem de resíduos de filetagem de pescado e casca de arroz, por Kazemi et al. (2017) sobre compostagem baseada em resíduos de peixes marinhos, como observado por Sanes et al. (2015), em compostagem com resíduo de peixe e casca de acácia.

Segundo Kiehl (2004), logo após a montagem da leira a temperatura pode ser menor do que a do ambiente, devido ao resfriamento provocado pela evaporação da água presente na decomposição da massa, característica essa observada no presente estudo com ambas as biomassas apresentando temperaturas variando entre 26,5 a 27,5° C, enquanto a temperatura ambiente apresentava-se na faixa de 30° C. Segundo o mesmo autor, nos dias subsequentes, a decomposição do composto começa a gerar calor e a temperatura começa a subir: nessa ascensão tem-se inicialmente a fase mesófila, seguida de outra mais quente denominada termófila. Prosseguindo a decomposição, a temperatura vai baixar e o composto entrar na fase mesófila novamente.

Os resultados referentes à composição físico-química das compostagens estão presentes na tabela 2. Onde observa-se que não ocorreu diferença significativa ($P > 0,05$) para os valores de pH, Cinzas, matéria orgânica total e índice de mineralização entre os tratamentos.

Tabela 2: Composição físico-química das compostagens após 40 dias de mistura dos resíduos de peixe e substratos.

Parâmetros	Compostagem		
	CPM	CPG	CPA
pH	7,92±0,09	8,12±0,0	8,09±0,04
Umidade (%)	55,59±0,59a	69,97±3,18b	69,63±6,20b
Cinzas (%)	2,58±0,48	3,28±1,75	4,72±0,04
Matéria orgânica (%)	97,42±0,48	96,72±1,74	95,28±0,04
Carbono orgânico total (%)	54,12±0,26	53,74±0,97	52,93±0,02
Nitrogênio total (%)	0,96±0,45b	1,42±0,10a	1,16±0,23ab
Relação carbono/nitrogênio	56,54±2,41a	47,49±2,72ab	37,35±2,71b
Índice de mineralização	0,05±0,03	0,06±0,00	0,09±0,01

Legendas: CPM: compostagem de resíduo de peixe e maravalha; CPG: compostagem resíduo de peixe e aparas de grama; CPA: compostagem de resíduo de peixe e poda de árvores.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os valores encontrados nos parâmetros avaliados na composição físico-química das compostagens estão próximos aos valores encontrados por Valente et al. (2016), em seu estudo com compostagens de resíduos de filetagens de pescados e casca de arroz. O pH e a relação carbono/nitrogênio também apresentaram valores próximos aos encontrados por Kazemi *et al.* (2017), em sua pesquisa com compostagem baseada em resíduos de pescados marinhos.

Segundo o MAPA – Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009, os valores de pH mínimo aceitável para a comercialização de composto orgânicos devem ser iguais ou maior que 6,0. Deste modo, para o parâmetro pH, os compostos avaliados neste estudo atendem tal legislação vigente. De acordo com Iglesias-Jiménez e Pérez García (1989), valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem. Já Kiehl (2004) descreve que o pH fornece informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica, onde a matéria-prima crua tem reação ácida; quando neutra ou quase neutra, o composto está estabilizado, assim, o composto humificado apresentará obrigatoriamente reação alcalina.

De acordo com Drozd *et al.* (1997), os valores de Índice de mineralização devem ser maiores que 1,30, pois quando mais alto este valor, maior a mineralização da matéria orgânica, sendo este valor maior dos que os observados para os compostos avaliados (Tabela 2), os resultados do presente estudo corroboram com os obtidos por Valente *et al.* (2014) que observaram valores de 0,1 para compostagem de resíduo de peixe e maravalha.

No entanto, os valores de umidade para os compostos estão acima dos recomendados pela legislação ($\leq 50\%$). Esses valores acima dos recomendados podem ter sido influenciados pela

presença de fortes chuvas que deixavam ao redor das composteiras inundadas durante 18 dias. Segundo Liang *et al.* (2003), a umidade é um fator primordial para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos. Mas valores maiores acima de 50% podem fazer com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio na biomassa do composto.

Para os valores de nitrogênio e relação C/N foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Sendo as médias para nitrogênio total, estando dentro dos valores recomendados pela legislação. Já os valores de relação C/N estão acima dos recomendados para o uso de fertilizantes, de acordo com a instrução normativa nº 25/2009 que sugere uma relação igual ou menor que 20/1. Segundo Kiehl (2004), quando um fertilizante orgânico com uma relação C/N alta é aplicado em um cultivo de plantas, os microorganismos retiram N do solo na forma de NH_3 , que estará indisponível para as raízes das plantas.

Os resultados do presente estudo referentes a C/N corroboram Zhu (2007) afirma que valores mais elevados de relação C/N significam que não há nitrogênio suficiente para um ótimo crescimento das populações microbianas, havendo imobilização de nitrogênio pelos microorganismos, prejudicando assim a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos. As diferenças significativas ($P > 0,05$) observadas entre os compostos avaliados sugerem que a composição dos materiais que constituíram as misturas tem influenciado no processo de compostagem. Segundo Kiehl (2004), o acompanhamento da relação C:N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, a relação C:N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja, transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1.

3.2 Silagem ácida

O rendimento das silagens elaboradas com diferentes concentrações de ácidos orgânicos, apresentou rendimento variando entre 56,24 a 56,79% para as silagens úmidas e 18,86 a 23,06% para as frações secas, em função do peso dos resíduos *in natura* (tabela 1). Resultado estes próximos aos observados por Nascimento *et al.* (2014), utilizando 12 % de ácido acético glacial, onde alcançaram um rendimento de 54,44% para silagem úmida e 16,34 para silagem seca. Enquanto Vasconcelos *et al.* (2011), em silagens de resíduos de tilápia com 6 % de ácido acético glacial, apresentaram um rendimento de 37% na parte úmida e 9,86 para fração seca, valores estes abaixo dos observados no presente estudo, onde observa-se uma perda de água mais pronunciada na silagem A (18,86 %) do que nas demais (tabela 3).

Tabela 3: Rendimento do processo silagem ácida de resíduos de peixes, em função do resíduo *in natura*.

Descrição	Tratamentos					
	Silagem A (kg)	%	Silagem B (kg)	%	Silagem C (kg)	%
Resíduo <i>in natura</i>	1,097	100	1,097	100	1,097	100
Resíduo triturado	0,721	66,00	0,721	66,00	0,721	66,00
Silagem úmida	0,617	56,24	0,619	56,42	0,623	56,79
Silagem seca	0,207	18,86	0,231	21,05	0,253	23,06

Legendas: Silagem A, formulada com 6% de ácido acético glacial; silagem B, formulada com 5% de ácido cítrico e 1% de ácido acético glacial; silagem C, formulada com 5% de ácido fumárico e 1% de ácido acético glacial.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os parâmetros de pH e temperatura das silagens apresentaram variações contaste ao longo do processo de ensilado, sendo que a estabilização desses parâmetros ocorreu para silagem A no vigésimo terceiro dia, silagem B, no decimo nono e para silagem C, no vigésimo sétimo dia (tabela 4). Observa-se que ao decimo dia do processo de ensilado, ambas as silagens apresentaram uma queda expressiva nos valores de pH (3,0 a 3,59) e um aumento na temperatura (29,10 a 29,30°C), e que os valores de pH nas silagens B e C apresentaram valores de pH abaixo de 4 durante todo processo. De acordo com Raa e Gildberg (1982), essa variação nos valores de pH e temperatura pode ser explicado pelo fato de que as reações de hidrólise ocorridas pela adição dos ácidos desprenderam calor para o ambiente.

Vasconcelos *et al.* (2011) e Nascimento *et al.* (2014), em silagens elaboradas com 6 e 12% de ácida acético glacial, observaram em seus estudos que o tempo de estabilização das silagens foi no trigésimo quarto dia e trigésimo primeiro dia respectivamente. Já para Vidotti (2001), a estabilização das silagens fermentada e ácida ocorreu no trigésimo primeiro dia. Segundo Seibel e Soares (2003) e Carvalho *et al.* (2006) valores de pH na faixa de 4 para silagens é ideal para o favorecimento da atividade de algumas enzimas, além de impedir a proliferação de micro-organismos patogênicos indesejáveis que causam a decomposição anaeróbica de proteínas e a putrefação.

Tabela 4: Valores médios de pH e temperatura das silagens ácidas de resíduos de peixes.

Tempo (dias)	pH			Temperatura (°C)		
	Silagem A	Silagem B	Silagem C	Silagem A	Silagem B	Silagem C
1°	4,05±0,07	3,59± 0,01	3,70±0,00	26,50± 0,40	27,00± 0,10	27,00± 0,10
10°	3,59±0,01	3,02± 0,02	3,00± 0,03	29,10± 0,10	29,30± 0,02	29,15± 0,21
19°	4,09 ±0,01	3,60± 0,01	3,59± 0,09	26,10± 0,14	27,00± 0,00	25,70± 0,14
23 - 27°	4,11± 0,01	-	3,67± 0,06	26,30± 0,07	-	26,40± 0,09

Legendas: Silagem A, formulada com 6% de ácido acético glacial; silagem B, formulada com 5% de ácido cítrico e 1% de ácido acético glacial; silagem C, formulada com 5% de ácido fumarico e 1% de ácido acético glacial.

Fonte: Dadas da pesquisa (2022).

Os resultados da composição físico-química das silagens ácidas e resíduos de peixes, estão descritos na tabela 5, onde observa-se que não houve diferenças estatística ($P < 0,05$) para umidade, cinzas e nitrogênio total. Já o teor proteico dos resíduos de peixes foi estatisticamente inferior aos teores observados nas silagens, fato esse que pode ser indicativo de que a elaboração das silagens ácidas permitiu melhor aproveitamento das proteínas em decorrência da hidrólise proteica. Vidotti (2001) em trabalho utilizando resíduo de tilápia observou teor de 39,6% de proteína. Já Oliveira *et al.*, (2006) com silagem ácida de resíduo de filetagem de tilápia encontraram valores para proteína de 39,08 a 48,30% no 1º e 30º dias de estocagem, respectivamente, apresentando resultados superiores aos encontrados neste trabalho.

Tabela 5: Composição físico-química dos resíduos de peixe e das silagens ácidas.

Composição %	Tratamentos				Valor de <i>P</i>
	Resíduo de Peixe	Silagem A	Silagem B	Silagem C	
Umidade	55,51± 5,01	66,44± 2,01	62,71±1,16	59,43±5,91	0,12
Proteína	18,43 ±1,39a	28,46±2,17b	27,04±3,75b	29,42±1,33b	0,04
Lípídeo	24,31±1,87a	32,82±2,19b	25,89±2,03a	28,55±2,19b	0,03
Nitrogênio total	3,90±1,39	4,55±2,01	4,32±1,16	4,70±1,33	0,16
Cinzas	6,08±1,02	6,53±1,02	7,69±0,88	6,08±1,48	0,08

Legendas: Silagem A, formulada com 6% de ácido acético glacial; silagem B, formulada com 5% de ácido cítrico e 1% de ácido acético glacial; silagem C, formulada com 5% de ácido fumarico e 1% de ácido acético glacial.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para os teores de lipídeos foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as silagens e resíduos de peixes, onde observa-se que as silagens A e C apresentaram os maiores teores desse nutriente (32,82 e 28,55%) respectivamente. Ferraz de Arruda *et al.* (2006) apresentaram um percentual de 18,40% no teor de lipídio em silagem ácida de tilápia. Já Vasconcelos *et al.*, (2011) indicaram níveis de lipídeo de 23,83% para silagem ácida úmida e 13,25% para silagem seca. Valores estes inferiores aos encontrados no presente estudo. Segundo Pimenta *et al.* (2008) o conteúdo de gordura presente tanto na matéria prima como na silagem é um importante parâmetro de qualidade a ser considerado no produto.

A variação na composição físico-química dos nutrientes em silagens de resíduos de peixes pode ocorrer tanto pela variação na composição química das espécies, tipo de resíduos, ingredientes utilizados na elaboração e formas de processamento das silagens (CARVALHO *et al.*, 2006; BOSCOLO *et al.*, 2010).

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros físico-químicos avaliados ao final do processo de produção das compostagens servem para avaliar a eficácia do processo. Assim, observando que o método de compostagem é uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos de peixe, mesmo os resultados do presente estudo tenham apresentado valores para umidade e relação C/N superiores aos recomendados pela instrução normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para o uso de fertilizantes orgânicos para ambas os compostos avaliados, desta forma, sugerindo um substrato com maior fonte nitrogênio para a elaboração de compostos orgânicos nas condições experimentais do presente estudo.

Os resultados do presente estudo referente a elaboração de silagens ácidas de resíduos de peixes mostrou-se ser uma alternativa viável para agregar valor aos resíduos de peixes descartados em feiras e peixarias, bem como contribuir com a diminuição da emissão de poluentes ao meio ambiente. Além disso, servir como subsídio na produção de rações de baixo custo para a aquicultura

REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E. G. *et al.* Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 519-525, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/8WR6B7mmMNJsp69h8d7MqgD/?format=pdf&lang=pt>>. Acessado em: Mês. Ano. out, 2021.

AOAC. Official methods of analysis, 17 ed., Washington, DC: **Association of Official Analytical Chemists**, 2000. 937 p.

ARAÚJO, F. B. Avaliação de adubos orgânicos elaborados a partir de resíduo de pescado, na cultura do feijão (*Phaseolus Vulgaris*). **Cadernos de Agroecologia**. Pelotas, RS. 2010. Disponível em: <<https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/11463/7933>>. Acessado em: Mês. Ano. set, 2021.

ASSANO, M. **Utilização de diferentes fontes e níveis de proteína no crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 35 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100228/goncalves_gs_dr_jabo.pdf?sequence=1>. Acessado em: out. 2021.

BOSCOLO, W. R *et al.* Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 686-692, 2010. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/870/496>>. Acessado em: out. 2021.

BRASIL. 2009 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 à agricultura. Diário Oficial da União de 28 de julho de 2009, Seção 1, p.20.

CARVALHO, G. G. P. *et al.* Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-nylo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.126-130, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/yHpGWqbT7K5Nf9tnCRstcLm/abstract/?lang=pt>>. Acessado em: out. 2021.

COSTA, M. S. S. *et al.* Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 549-556, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/FghnNrQypRW8Kz7scppgVr/abstract/?lang=pt>>. Acessado em: out. 2021.

DROZD, J. *et al.* Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. **Grunwaldzka**, v. 53, p. 855-861, 1997. Disponível em: <https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadi370.pdf>. Acessado em: jun. 2021.

FERRAZ DE ARRUDA, L. *et al.* Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.4, p.749-753, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/7C8QH9brkD8P38nq4JCrKVp/?lang=en>>. Acessado em: out. 2021.

IGLESIAS-JIMÉNEZ, E.; PÉREZ GARCÍA, V. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. **Biological Wastes**, v. 27, p.115-142, 1989. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0269748389900396>>. Acessado em: jun. 2021.

KAZEMI, K. *et al.* Evaluation of state and evolution of marine fish waste composting by enzyme activities. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 44, p.348-357, 2017. Disponível em:<<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjce-2016-0377>>. Acessado em: jun. 2021.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ª ed. Piracicaba: Livroceres, 2004.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, n. 94, p.23-29, 2006. Disponível em:<http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan94_Kubitza.pdf>. Acessado em: out. 2021.

LAOS, F. *et al.* Composting of fish offal and biosolids in Northwestern Patagonia. **Bioresource Technology**, v. 81, p.179-186, 2002. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085240100150X>>. Acessado em: set. 2021.

LIANG, C. das K. C.; MCCLENDON, R. W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. **Bioresource Technology**, v.86, p. 131-137, 2003. Disponível em:< <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12653277/>>. Acessado em: set. 2021.

LIAO, P. H.; MAY, A. C.; CHIENG, S. T. Monitoring process efficiency of a full-scale invessel system for composting fisheries wastes. **Bioresource Technology**, v.54, p. 159-163, 1995. Disponível em: < [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852495001239](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852495001239)>. Acessado em: nov. 2021.

MATOS, A. T. *et al.* Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/WKy4BPmSrNgjL6RGmZG3xPm/abstract/?lang=pt>>. Acessado em: nov. 2021.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Revista Pubvet**, v.12, n.11, a217, p.1-7, 2018. Disponível em: < <https://www.pubvet.com.br/uploads/91ddc294990c090877efbeacce6d83ce.pdf>>. Acessado em: nov. 2021.

NASCIMENTO, S. M.; FREITAS, K. F. S.; SILVA, M. V. Produção e caracterização de silagens de resíduos de peixes Comercializados no mercado público de Parnaíba-PI, **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.10, n.18, p. 2014. Disponível em: < <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2854>>. Acessado em: out. 2021.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

OLIVEIRA A. L.T *et al.* Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.6, p.1-16, 2012. Disponível e m: < <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/62/0>>. Acessado em: set. 2021.

OLIVEIRA, M. M. *et al.* Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. **Ciência Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1196-1204, 2006. Disponível e m: < <https://www.scielo.br/j/cagro/a/Wx6nDShGwXMjhXDKJ3Y5QMg/abstract/?lang=pt>>. Acessado em: jun. 2021.

PAIVA, D. P. Uso da compostagem como destino de suínos mortos e restos de parição. In: OLIVEIRA, P. A. (ed.). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p.100-104, 2004. Disponível em: < http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc_pnma.pdf>. Acessado em: jun. 2021.

PEIXOTO, R. T. G. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina, PR: **IAPAR**, 1988. p. 48.

PESSATTI M. L. **Aproveitamento dos subprodutos do pescado**. Meta 11. 2001.

PIMENTA, M. E. S. G.; FREATO. T. A.; OLIVEIRA, G. R. de. Silagem de pescado: uma forma interessante de aproveitamento de resíduos do processamento de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 4, p.592-598, 2008. Disponível e m: <

http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/060V5N4P592_598_JUL2008.pdf>. Acessado em: jun. 2021.

PINTO, B. B.V. *et al.* O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 2, p. 1-26, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320993000_o_residuo_de_pescado_e_o_uso_sustentavel_na_elaboracao_de_coprodutos/citation/download>. Acessado em: jun. 2021.

RAA, J.; GILBERG, A. Fish silage. *Journal of the Food Science and Nutrition*, v. 61, p.383-419, 1982. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398209527341>>. Acessado em: nov. 2021.

SEIBEL, N. F.; SOARES, L. A. S. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.333-337, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html?ev=su_requestFulltext>. Acessado em: dez. 2021.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. POA: Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1995.174p.

VALENTE, B. S. *et al.* Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.40, n. 1, p.95-103, 2014. Disponível em: <https://intranet.institutodepesca.org/40_1_95-103.pdf>. Acessado em: out. 2021.

VASCONCELOS, M. M. M.; MESQUITA, M. S. C.; ALBUQUERQUE, S. P. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.6, n.1, p.31-34, 2011. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/52914575-Padroes-fisico-quimicos-e-rendimento-de-silagem-acida-de-tilapia.html>>. Acessado em: dez. 2020.

VIDOTTI, R. M. Produção e utilização de silagens de peixes na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). 2001. Tese. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal. SP. 2001. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/144165>>. Acessado em: out. 2020.

VIDOTTI, R. M.; VIEGAS, E. M. M.; CARNEIRO, D. J. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. **Animal Feed Science and Technology**, v. 105, p. 199-204, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840103000567>>. Acessado em: dez. 2020.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v.98, p, 9-13, 2007. Disponível em: <<https://jeas.springeropen.com/articles/10.1186/s44147-022-00092-6>>. Acessado em: out. 2021.