

# Tratamento de lodo de laticínios com reúso de resíduos da agroindústria por processo de compostagem

## *Treatment of dairy sludge with reuse of agroindustry waste by composting process*

José Antonio Rodrigues de Souza<sup>1</sup>, Débora Astoni Moreira<sup>1</sup>, Éllen Lemes Silva<sup>2</sup>, Diego César Veloso Rezende<sup>3</sup>,  
Thiago dos Santos Barbosa<sup>4</sup>, Renan Souza Pedroso<sup>5</sup>

**RESUMO:** Com este trabalho objetivou-se tratar o lodo de laticínios por meio da compostagem, utilizando a combinação de recursos naturais disponíveis na própria empresa, no que se refere aos parâmetros temperatura, pH, umidade, relação C/N e volume e peso. Foram avaliados sete tratamentos constituídos por lodo de laticínio puro e misturas de lodo com demais resíduos (esterco bovino, podas de grama e cinzas de caldeiras). Para isso, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Ao longo de 123 dias de avaliação, a variação na temperatura nos compostos permaneceu apenas na fase mesofílica. Ao final do monitoramento os valores de Ph foram de 5,14; 7,16; 9,60; 7,54; 9,96; 10,06 e 9,91 para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7, respectivamente. Em relação à umidade dos tratamentos, com exceção do T1, os tratamentos avaliados apresentaram valores próximos aqueles considerados adequados à compostagem. Por sua vez, o T4 obteve uma relação C/N melhor que os demais tratamentos (7,75). Entre os compostos finais, verificou-se que nos tratamentos 1 e 4 ocorreram maiores reduções de volume (62% e 58,18%) e de peso (52,45% e 51,33%) respectivamente. Conclui-se que dos compostos produzidos com lodo de laticínios e suas combinações, tem-se o T4, responsável pelos melhores resultados, quanto a reduções de peso e volume, pH, teor de umidade e relação C/N. Recomenda-se a adição de grama ao lodo de laticínios como a técnica mais indicada para redução e adequação destes parâmetros.

**Palavras-chave:** Composto orgânico. Relação C/N. Resíduo agroindustrial.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to treat dairy sludge through composting, using the combination of natural resources available in the company itself, with regard to the parameters temperature, pH, humidity, C/N ratio and volume and weight. Seven treatments consisting of pure dairy sludge and mixtures of sludge with other residues (bovine manure, grass pruning and boiler ash) were evaluated. For this, a completely randomized design was used, with seven treatments and three replications. Over 123 days of evaluation, the variation in temperature in the compounds remains only in the mesophilic phase. At the end of monitoring, the Ph values were 5.14; 7.16; 9.60; 7.54; 9.96; 10.06 and 9.91 for treatments T1, T2, T3, T4, T5, T6 and T7, respectively. Regarding the moisture of the treatments, with the exception of T1, the evaluated treatments presented values close to those considered adequate for composting. In turn, T4 had a better C/N ratio than the other treatments (7.75). Among the final compounds, it was found that treatments 1 and 4, there were greater reductions in volume (62% and 58.18%) and weight (52.45% and 51.33%) respectively. It is concluded that of the compounds produced with dairy sludge and their combinations, T4 is responsible for the best results in terms of weight and volume reduction, pH, moisture content and C/N ratio. The addition of grass to dairy sludge is recommended as the most suitable technique for reducing and adjusting these parameters.

**Keywords:** Agro-industrial waste. C/N ratio. Organic compost.

### Autor correspondente:

José Antonio Rodrigues de Souza: [jose.antonio@ifgoiano.edu.br](mailto:jose.antonio@ifgoiano.edu.br)

Recebido em: 13/03/2020

Aceito em: 15/09/2020

## INTRODUÇÃO

A preocupação das agroindústrias em produzir cada vez mais, a fim de suprir a demanda de consumo do mercado, vem impactando na geração iminente de resíduos sólidos e efluentes, os quais de acordo com Souza *et al.* (2018), apresentam altos teores de contaminantes, bem como nutrientes essenciais para as plantas.

<sup>1</sup> Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado (PPGCRENAC) do Instituto Federal Goiano, câmpus Urutaí (GO), Brasil.

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), câmpus Cascavel, Cascavel (PR), Brasil.

<sup>3</sup> Docente no Centro Universitário Mário Palmério (UNIFUCAMP), Monte Carmelo (MG) e técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), Monte Carmelo (MG), Brasil.

<sup>4</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano, câmpus Urutaí (GO), Brasil.

<sup>5</sup> Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado (PPGCRENAC) do Instituto Federal Goiano, câmpus Urutaí (GO), Brasil.

De acordo com Santos *et al.* (2014), o aumento na produção de resíduos urbanos tem se agravado na proporção que ocorre o desenvolvimento e crescimento desordenado, por ocupar áreas que poderiam ser utilizadas para disposição de rejeitos. Ainda segundo esses autores, a disposição ambientalmente inadequada dos mesmos traz várias consequências, como assoreamento de cursos d'água, contaminação do solo e águas superficiais e subterrâneas, disseminação e proliferação de vetores responsáveis por transmitir doenças.

Por outro lado, naturalmente em uma determinada área do solo existem microrganismos que podem ajudar a degradar os contaminantes de forma ambientalmente adequada (PEREIRA; FREITAS, 2012) quando dispostos em quantidades controladas, sendo sua capacidade de degradação ao utilizar como fonte de energia o carbono (PACWA-PLOCINICZAK; PLAZA; PIOTROWSKA-SEGET 2016; MARCHAND *et al.*, 2017) e o nitrogênio para síntese proteica.

A indústria de laticínios trata-se de uma atividade econômica de grande importância no mercado mundial, devido aos volumes gerados, e pelos produtos estarem presente na dieta dos seres humanos (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Com isso, cuidados quanto aos resíduos líquidos e sólidos gerados nas diversas etapas de processamento devem ser tomadas, principalmente quanto à disposição final (RODRIGUES *et al.*, 2016), sendo reportado como alternativa de tratamento e redução dos resíduos, a compostagem, uma vez que é eficiente, de baixo custo e possibilita a reciclagem de nutrientes (PEIXE; HACK, 2014; BARBOSA *et al.*, 2019).

A compostagem consiste no processo de biooxidação aeróbia de resíduos orgânicos por meio dos mecanismos de decomposição (controlada e exotérmica) e estabilização biológica dos substratos orgânicos, realizada através da ação de microrganismos aeróbios e facultativos (COSTA *et al.*, 2015; BASSO; ALMEIDA; ARAÚJO, 2015).

Tem-se como produto final um material rico em matéria orgânica e nutrientes (SOUSA JUNIOR; SANTOS; SIMOES, 2016), que pode ser utilizado na agricultura, por meio de disposição no solo (controlada), proporcionando melhorias físicas, químicas e biológicas (SANTOS *et al.*, 2014), como a retenção de umidade e melhoria na textura do solo, disponibilidade de nutrientes e redução de saída (*input*) de CO<sub>2</sub> para atmosfera. (COTTA *et al.*, 2015). Além disso, quando alcançada a fase termofílica durante a compostagem, é inodor, é livre de microrganismos patogênicos e possibilita a fácil manipulação e uso (PEDROSA *et al.*, 2013).

Este processo realiza-se por meio de duas etapas, inicialmente ocorre a bioestabilização, que apresenta as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas, quando ocorre a eliminação de microrganismos patogênicos devido às altas temperaturas; e a segunda, denominada de maturação, que é a parte final do processo, onde se tem a humificação do material (COSTA *et al.*, 2015).

Dentre os fatores que influenciam no processo estão a aeração, a umidade, a temperatura, pH, a relação C:N, a granulometria das partículas, o tipo de material orgânico utilizado, estando diretamente ligados na qualidade final do composto, bem como o tempo de sua estabilização (KHIEL, 2012; OLIVEIRA, 2014).

Dessa forma, vários autores vêm verificando a oportunidade de transformação de resíduos antes descartados para geração de produto orgânico com nutrientes importantes para as plantas (RODRIGUES *et al.*, 2016; CASTRO, 2018; VERZOLA, 2018)

Contudo, pela alta concentração de matéria orgânica presente nos resíduos de atividades agroindustriais (RODRIGUES *et al.*, 2016), objetivou-se tratar o lodo de laticínios por meio da compostagem, utilizando a combinação de recursos naturais disponíveis na própria empresa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma empresa de laticínios no município de Orizona - Goiás, localizado a 17° 01' 53" S, 48° 17' 45" W e altitude de 806 metros, no período de maio a setembro de 2018. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Cwa*, caracterizado como úmido tropical com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação e temperatura médias anuais, de 1.300 mm e 22,9°C, respectivamente (ALVARES *et al.*, 2013).

A empresa escolhida para realização dos estudos e fornecimento de resíduos apresenta capacidade de processamento diário de 300.000 litros, gerando cerca de 30 toneladas por mês de resíduos na estação de tratamento de efluentes de laticínios. Dessa forma, ciente da degradação ambiental e diante de uma legislação cada vez mais exigente e uma fiscalização cada vez mais atuante, a empresa estava à busca de alternativa de baixo custo para destinar adequadamente seus resíduos e um possível uso como fertilizante orgânico.

Para a resolução do problema, propôs-se o processo de compostagem, combinando-se quatro tipos de resíduos da empresa: lodo biológico oriundo da estação de tratamento de efluentes de indústria de laticínios, esterco bovino, restos de podas de grama do jardim e cinzas de caldeiras, em proporções de modo a apresentarem relação carbono/nitrogênio (relação C/N) que proporcionassem adequada decomposição aos resíduos, inicial próximo a 30/1, conforme Kihel (2012) e Matos (2014).

Para determinação das quantidades de resíduos a serem utilizadas nos reatores, amostras dos diferentes resíduos foram coletadas em sacos plásticos estéreis devidamente identificadas e conduzidas por meio de um veículo ao Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas do Instituto Federal Goiano – câmpus Urutaí para determinação dos teores de umidades (EMBRAPA, 1997) e concentrações totais de nitrogênio e carbono (Tabela 1) conforme metodologias descritas em APHA (2012). Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises químicas dos diferentes resíduos.

**Tabela 1.** Valores de umidade (%), carbono total e nitrogênio total (dag kg<sup>-1</sup>) para os diferentes resíduos avaliados

Resíduo	Umidade	Carbono	Nitrogênio	Relação C/N
Lodo de laticínios	56	33,00	1,06	1/31
Cinza de caldeira	0	13,3	0,4	1/33
Esterco bovino	50	48,10	0,48	1/100
Restos de grama	19	33,10	1,72	1/19

Fonte: Os autores.

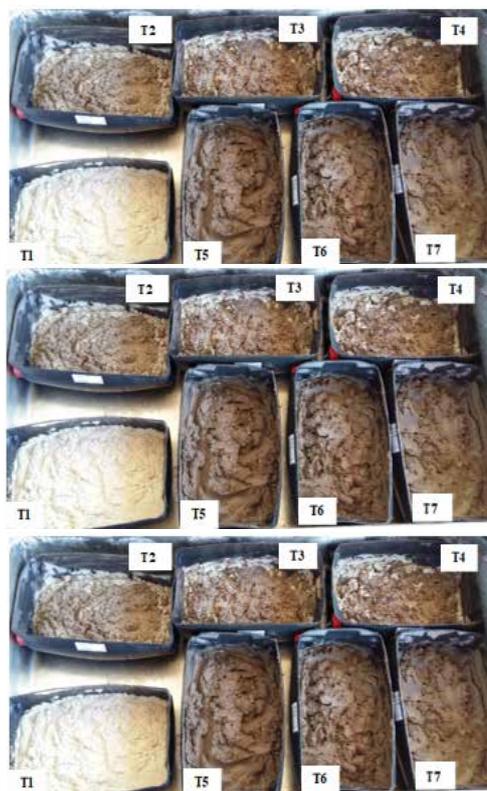
Os tratamentos avaliados foram constituídos por lodo de laticínio puro (T1) como testemunha e misturas de lodo com demais resíduos, sendo (T2) lodo + esterco; (T3) lodo + cinza; (T4) lodo + grama; (T5) lodo + grama + cinza; (T6) lodo + esterco + cinza e, (T7) lodo + grama + esterco + cinza. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com sete tratamentos e três repetições. Desse modo, as misturas foram realizadas conforme apresentado na Tabela 2, tendo as proporções dos resíduos, as quantidades e a respectivas relações C/N para cada tratamento.

**Tabela 2.** Proporções dos resíduos, quantidades e respectivas relações C/N de cada tratamento avaliado

Tratamentos	Resíduos	Proporções (Kg)	Quant. utilizada (Kg)	Relação C/N
T1	Lodo	-	10,000	1/31
T2	Lodo	1,000	9,000	1/37
	Esterco	0,115	1,035	
T3	Lodo	2,500	10,000	1/31
	Cinza	1,000	4,000	
T4	Lodo	1,000	8,000	1/25
	Grama	0,325	2,600	
T5	Lodo	1,000	8,000	1/26
	Grama	0,325	2,600	
	Cinza	0,400	3,200	
T6	Lodo	1,000	9,000	1/35
	Cinza	0,400	3,600	
	Esterco	0,115	1,035	
T7	Lodo	1,000	9,000	1/28
	Cinza	0,400	3,600	
	Esterco	0,115	1,035	
	Grama	0,325	2,925	

Fonte: Os autores.

Após realização das misturas, os compostos foram acondicionados em recipientes plásticos (reatores) com capacidade volumétrica de aproximadamente 0,05 m<sup>3</sup>, cortadas longitudinalmente. A fim de se facilitar manuseio e/ou evitar possíveis acidentes, bem como evitar proliferação de insetos e predação do material, estes reatores foram suspensos do chão (0,25 m), acondicionados em banheiras e cobertos com sombrite 65%, permanecendo em ambiente coberto durante todo o período experimental.



T1-lodo de laticínio puro; T2- lodo + esterco; T3- lodo + cinza; T4- lodo + grama; T5- lodo + grama + cinza; T6- lodo + esterco + cinza e, T7- lodo + grama + esterco + cinza.

Figura 1. Croqui experimental.

Realizou-se o processo de compostagem, conforme recomendado por Souza *et al.* (2017), sendo uma pré-compostagem, que ocorreu por 65 dias, necessários para estabilização da temperatura, e a compostagem propriamente dita, com duração de 55 dias, tendo o processo ocorrido na fase mesofílica, baixa temperatura visto que quantidades pequenas não observam altas temperaturas.



Figura 2. Início do monitoramento (A) e Final do monitoramento (B)

Para o monitoramento do processo de compostagem, foram levados em consideração os parâmetros (temperatura, umidade, condutividade elétrica, pH, aeração, carbono total, sólidos, nitrogênio) e a frequência (1º, 7º, 18º,

33°, 48°, 66°, 108° e 123° dias) de análise. O pH e a condutividade foram realizados por medidores de bancada. As temperaturas em cada reator e a temperatura ambiente foram mensurados diariamente por um termo-hidrômetro de modelo 4 IN 1 Multi-Function Environment Meter, medido na parte da manhã e tarde, duas vezes ao dia no mesmo horário, na parte central do reator. Para o controle da umidade diária foi utilizado o método local conforme especificado por Nunes (2009), pelo teste de mão, sendo revolvido diariamente e umedecidas, periodicamente (quando necessário).

A quantificação de resíduos foi determinada por meio de uma balança de modelo Pessoal Digital G. Tech BALGL10 e o volume foi determinado por meio de recipiente volumétrico graduado, no primeiro e último dia (início e fim do monitoramento). Amostras dos reatores foram conduzidas em sacos plásticos identificados para quantificação de totais de fósforo, potássio, nitrogênio, carbono, sólidos e umidade foram realizadas no Laboratório de Pesquisas e Análises Químicas do Instituto Federal Goiano – câmpus Urutaí, em uma frequência de dias: 1°, 7°, 18°, 33°, 48°, 66°, 108° e 123° conforme metodologias descritas em APHA (2012), EMBRAPA (1997), durante o monitoramento dos reatores.

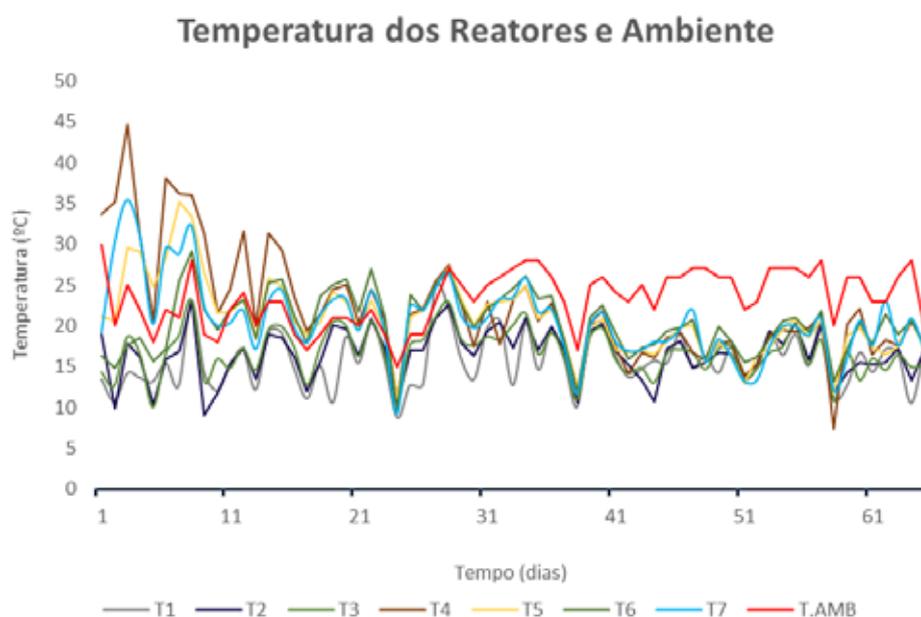
Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de média adotando um nível de até 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

#### 3.1 TEMPERATURA

A temperatura constitui o principal parâmetro de controle, devido a sua facilidade de monitoramento, sendo o fator que melhor indica a eficiência dos processos de compostagem (SILVA, 2017a). De acordo com Kiehl (2012), a compostagem ocorre tanto em temperatura termofílica (45 a 85°C), quanto mesofílica (25 a 43°C), sendo que a faixa ótima estaria entre 50 a 70°C, em que 60°C seria a mais indicada.

Na Figura 1 estão apresentados os resultados do monitoramento de temperatura dos reatores e ambiental durante todo o período de pré-compostagem. Não houve monitoramento durante o período de compostagem, uma vez que, conforme Souza *et al.* (2017), ao final da pré-compostagem, o composto se apresenta com temperaturas estabilizadas, ou seja, inferior a temperatura ambiente.



**Figura 1.** Variação das temperaturas ambientais e dos reatores durante a pré-compostagem.

Fonte: Os autores.

Observa-se, na Figura 1, aumento nas temperaturas dos reatores em relação à temperatura ambiente, já nos primeiros dias de compostagem, indicando boa atividade microbiana, conforme Silva *et al.* (2017) e Costa *et al.* (2017).

Segundo Costa *et al.* (2017), o tipo de resíduo e suas características – como a qualidade do carbono, relação C/N, granulometria e porosidade – influenciam diretamente no comportamento da temperatura de compostagem. Alguns dos resíduos utilizados, como a grama, apresentam carbono mais lábil, que favorece o ataque microbiano e, conseqüentemente, o rápido aumento na temperatura nos reatores. Para Silva *et al.* (2017), elevações de temperaturas estão associadas à degradação da matéria orgânica pelos microrganismos.

Embora tenham ocorrido elevações nas temperaturas nos diferentes reatores, a compostagem ocorreu, conforme Kiehl (2012), apenas na fase mesofílica, em que a degradação se deu de forma mais lenta devido às temperaturas moderadas (<43°C). Tal fato pode estar relacionado ao estado inicial do lodo de laticínio, que apresentava elevado teor de umidade, bem como ao pequeno volume de resíduos utilizados em cada reator e a granulometria.

Segundo Rodrigues *et al.* (2016), apesar da elevada carga orgânica, resíduos com elevada umidade interferem na atividade microbiana, inibindo a elevação de temperatura aos padrões característicos de uma fase termofílica. Para Cólón *et al.* (2010), Andersen *et al.* (2010) e Melo (2014), que também observaram picos isolados de temperatura, ou pouca oscilação em relação à temperatura ambiente em processos de compostagem, pequenos volumes de compostos apresentam baixa isolamento térmica, sendo suscetível à variação de temperaturas do ambiente.

Outro fator que pode ter influenciado na temperatura é que o experimento foi conduzido em local coberto, sem incidência direta da radiação solar além do uso de sombrite 65%. De acordo com Juliatto, Calvo e Cardoso (2011) e Peixoto e Fernandes (2016), a radiação solar direta ajuda a aumentar a temperatura do processo de compostagem, desde que ocorra o equilíbrio de temperatura e umidade, contribuindo para a degradação do composto orgânico.

Verifica-se que, a partir do 33º dia, a temperatura ambiente se encontra superior à temperatura dos reatores avaliados, indicando, segundo Kiehl (2012) e Matos (2014), a estabilização do composto. De acordo com Costa *et al.* (2017), o tempo de compostagem depende da tecnologia utilizada e do tipo de resíduo a ser compostado, mas, geralmente, varia de 25 a 35 dias para a primeira fase (da bioestabilização ou semimaturação, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas) e de 30 a 60 dias na segunda fase (maturação, quando ocorre a humificação), no entanto ocorrem exceções, pois os fatores que afetam a compostagem interferem no tempo dessa fase.

### 3.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO -PH

A faixa de pH, considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem, situa-se entre 4,5 e 9,5, uma vez que a maioria das enzimas se encontra ativa nesta faixa de pH, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio (PEREIRA NETO, 2011; COSTA *et al.*, 2015). Na Tabela 3 estão apresentados os valores de pH para os diferentes tratamentos avaliados ao longo do processo de compostagem.

**Tabela 3.** Valores de pH para os diferentes tratamentos avaliados ao longo do processo de compostagem, e respectivos testes de médias

TRAT	Dias							
	1	7	18	33	48	66	108	123
1	5,49 abD	5,29 abcD	4,93 abC	5,10 bcC	5,16 bcC	5,34 abcC	5,18 bc	5,14 bcE
2	5,51 cdD	5,17 deD	4,95 eC	5,15 deC	5,14 deC	5,26 cdeC	6,49 cB	7,16 aD
3	8,87 deAB	8,85 Ea	9,21 cdA	9,34 bcdA	9,16 cdeA	9,52 bcA	9,87 abA	9,60 abcB
4	6,07 eC	6,17 eC	8,28 aB	7,84 bB	7,86 bB	7,27 cdB	7,15 dB	7,54 cdC
5	8,69 dB	9,36 bcA	9,02 cA	9,16 bcA	9,31 bcA	9,31 bcA	9,94 aA	9,96 aA
6	9,01 cAB	9,28 bcAB	9,23 bcA	9,21 bcA	9,21 bcA	9,39 bcA	9,80 aA	10,06 aA
7	8,97 cAB	9,30 bcA	9,12 bcA	9,33 bcA	9,26 bcA	9,38 bcA	9,86 aA	9,91 aA

Trat – tratamento; DIAS – dias de monitoramento. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Verifica-se, na Tabela 3, que o Tratamento 1 (lodo de laticínio puro) proporcionou características ácidas dos compostos ao longo do processo de compostagem e, que a adição de outros resíduos ao lodo de laticínio, resultou em compostos com características próximas à neutralidade (5,5 – 8,0). No entanto, em todos os tratamentos avaliados, os valores de pH estavam no intervalo considerado adequado para ocorrência de boa degradabilidade, conforme Pereira Neto (2011) e Kiehl (2012).

De acordo com Costa et. al. (2016), no início do processo de compostagem, o ambiente fica ácido devido ao fato de que fungos e bactérias, ao digerirem a matéria orgânica, liberam ácidos que também são decompostos até serem completamente oxidados. Ainda segundo este autor, valores baixos de pH (abaixo de 4,5) são indicativos de falta de maturação/estabilização, e limitam à atividade microbiana.

Observa-se, ainda, que os tratamentos com adição de cinzas (T3, T5, T6 e T7) proporcionou características alcalinas ao composto, estando de acordo com o estudo desenvolvido por Souza et al. (2017), que também observaram alcalinidade do lodo de esgoto ao adicionarem cinzas de caldeira. Tal fato está relacionado ao elevado valor de pH das cinzas de caldeira, com valores próximos a 12, servindo, portanto, como condicionador de pH nos diferentes compostos.

De acordo com Kiehl (2010) e Marques et al. (2016), o material resultante da compostagem apresenta características de semicurado ou bioestabilizado, aproximando-se da humificação, uma vez que apresenta pH superior a 7,6, podendo ser aplicado sem receio junto com sementes e mudas.

Considerando-se a Instrução Normativa SDA/MAPA de 25/2009 (BRASIL, 2009), que apresenta especificações técnicas para fertilizantes orgânicos, verifica-se que todos os tratamentos avaliados apresentaram compostos finais com valores de pH superiores ao mínimo exigido pela legislação para comercialização (pH mínimo de 6), a exceção do Tratamento 1 (lodo de laticínio puro), indicando a necessidade de se realizar a mistura do lodo com outros resíduos.

### 3.3 UMIDADE

A umidade é condição importante para uma compostagem eficiente, pois a água é fator fundamental para a vida microbiana. A faixa de umidade ideal para o processo de compostagem deve estar entre 50% e 60%, sendo que para umidades inferiores a 40%, a atividade biológica é inibida, o que implica em baixa biodegradação e, para umidade

superior a 65%, a água ocupa os interstícios do composto, impedindo a passagem de ar e gerando condições de anaerobiose (WOJAHN, 2016). Na Tabela 4 estão apresentados os teores de umidade nos diferentes tratamentos avaliados ao longo do processo de compostagem.

**Tabela 4.** Valores do teor de umidade (%) nos diferentes tratamentos avaliados ao longo do processo de compostagem e respectivos testes de médias

Trat	Dias							
	1	7	18	33	48	66	108	123
1	56,63 aB	57,69 aBC	41,66 bcC	38,54 bcC	35,83 bcF	35,19 bcC	34,10 cF	33,18 cD
2	44,93 bcC	50,50 abcC	42,01 cC	43,99 bcC	40,92 cEF	38,79 cC	45,74 bcCDE	55,45 abB
3	48,50 abcC	48,28 abcC	47,91 abcBC	43,30 abcC	43,22 abcDEF	29,87 cC	37,98 cEF	41,15 bcC
4	63,30 bcAB	67,53 abcA	66,07 abcA	61,27 bcAB	65,40 abcA	60,60 cAB	62,33 bcAB	64,77 abcA
5	65,10 aAB	66,90 aA	53,14 bBC	54,20 bB	55,58 bBCD	54,58 bAB	51,91 bBCD	52,31 bB
6	47,74 abcC	50,79 abcBC	45,66 bcC	51,92 abcB	48,74 abcCDE	48,20 abcB	41,67 cDEF	49,72 abcB
7	37,29 cD	65,67 aA	53,40 bBC	54,76 bAB	55,96 bBC	52,58 bB	56,76 bABC	53,30 bB

Trat – tratamento; Dias – dias de monitoramento

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

1052

Verifica-se que, na Tabela 4, os tratamentos avaliados, de maneira geral, apresentaram teores de umidade próximos àqueles considerados adequados à compostagem, a exceção do Tratamento 1 que, a partir do 33º dia, apresentou teores de umidade inferiores a 40%, perdurando esta situação até a finalização dos ensaios experimentais, o que implicaria, segundo Wójahn (2016) e Costa *et al.* (2016), em menores velocidades de degradação da matéria orgânica.

A variação do teor de umidade fora da faixa ideal, observada em alguns reatores, mesmo tendo ocorrido o monitoramento diariamente, está relacionada ao modo como era feita sua determinação *in loco*, uma vez que o teste manual requer muita prática e a variação pode não ser percebida durante a realização do teste, sendo detectada apenas durante as determinações laboratoriais pelo método da estufa. Também, fatores como a condução dos ensaios em local coberto e as condições atmosféricas locais podem ter influenciado no teor de umidade, uma vez que os reatores continham pequeno volume de compostos e não recebiam radiação solar direta, conforme verificado por Cólón *et al.* (2010), Andersen *et al.* (2010), Melo (2014), Juliatto, Calvo e Cardoso (2011) e Peixoto e Fernandes (2016).

Ao final do processo de compostagem, alguns tratamentos avaliados apresentaram material compostado com teor de umidade superior àquele estabelecido pela Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009 (BRASIL, 2009), que estabelece teor máximo de umidade para fertilizantes orgânicos mistos e compostos inferiores a 50%. Embora o teor de umidade não seja um parâmetro que reflita a estabilidade do composto, sua exigência serve para garantir que, ao ser comercializado, a maior parte do peso vendido seja referente ao composto e não à água.

Observa-se que o Tratamento 4 apresentou os maiores teores de umidade, estando próximo de 65%, e indicou, conforme Kihel (2012), necessidade de maior frequência de revolvimento dos compostos no reator. De acordo com Costa *et al.* (2016), com teores de umidade superiores a 65% ocorre compostagem sob condições anaeróbias, com decomposição mais lenta, podendo gerar lixiviados e odor, além de tornar a operação de reviramento difícil e com temperaturas menores, podendo não atingir temperaturas termofílicas, o que indicaria elevada contagem de patógenos.

## 3.4 RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO (C/N)

Segundo Berticelli *et al.* (2016), o elemento carbono é o material energético necessário para o funcionamento do metabolismo microbiano, enquanto o nitrogênio é utilizado durante a síntese de proteínas. Por este motivo, a relação C/N é considerada o parâmetro que reflete o equilíbrio dos substratos. A falta de qualquer um dos elementos limita as atividades metabólicas dos microrganismos. De acordo com Costa *et al.* (2015), a relação apropriada de carbono e nitrogênio contribui para o crescimento e atividade das colônias de microrganismos envolvidos no processo de degradação da matéria orgânica, possibilitando a produção do composto em menos tempo. Na Tabela 5 estão apresentadas as relações C/N dos compostos ao longo do período de compostagem.

**Tabela 5.** Relação C/N nos diferentes tratamentos ao longo do período de avaliação, e respectivos testes de média

Trat	Dias							
	1	7	18	33	48	66	108	123
1	26,69 bA	29,34 aB	29,58 aB	24,11 bB	18,49 cC	12,15 cD	12,21 cB	10,15 cB
2	23,28 aA	23,35 aC	21,74 aC	21,42 aB	21,26 aB	23,04 aB	16,41 bB	13,25 cB
3	38,22 aA	37,42 aA	35,51 bA	30,59 bcA	30,53bcA	27,74 bcA	25,77bcA	18,23 cA
4	36,12 bcA	35,17 aA	9,85 bD	9,14 bD	8,92 bE	8,65 bE	8,24 bC	7,75 bC
5	26,85 aA	23,66 bC	17,90 cC	13,07 dC	12,63 dD	12,88 dD	12,61 dB	12,50 dB
6	28,66 aA	23,38 cb	14,95 cC	12,45 dC	12,47 dD	12,32 dD	12,27 dB	11,62 dB
7	23,60 aA	18,83 bD	17,47 bC	17,44 bB	16,67 bcC	15,56 bcC	14,37 bB	13,85 bB

Trat – tratamento; Dias – dias de monitoramento

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey  
Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Verifica-se, na Tabela 5, que os valores da relação C/N, no início do período experimental, estavam dentro da faixa considerada ideal, conforme Matos (2014), para ocorrência da compostagem de forma rápida e eficiente, indicando que as proporções dos diferentes resíduos foram adicionadas de forma adequada.

Observa-se que no decorrer do período experimental houve decréscimo nas relações C/N em todos os tratamentos avaliados, em consequência do processo de compostagem. Observa-se, ainda, que as misturas de resíduos presentes no Tratamento 4 (lodo de laticínios e grama) apresentaram, a partir do 18º dia, as menores relação C/N, provavelmente devido à elevada demanda de nitrogênio necessário para degradar a grande quantidade de carbono presente na grama.

De acordo com Queiros (2016), na compostagem, dois terços do carbono são liberados como dióxido de carbono que é utilizado pelos microrganismos para obter energia e, o outro terço do carbono em conjunto com o nitrogênio é utilizado para constituir as células microbianas. Nota-se que o protoplasma microbiano tem uma relação C/N próxima de 10, mas, para efetuar a síntese de dez carbonos com um nitrogênio, e assim constituir o seu protoplasma, os microrganismos necessitam de 20 carbonos, aproximadamente, para obter energia, sendo, portanto, a relação C/N ideal para compostagem igual a 25-35/1.

A Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009 (BRASIL, 2009) estabelece relação C/N final de fertilizantes orgânicos mistos inferiores 20. Assim, ao final do processo de compostagem, verifica-se que todos os tratamentos atenderam ao padrão exigido pela norma, com indicação da sua qualidade agrônômica. Segundo Kiehl (2010), ao final do período experimental, os tratamentos avaliados apresentaram material humificado e condições ideais para adubação,

uma vez que as relações C/N estavam próximas ao intervalo 8-12, tal fato pode ser observado na Tabela 5, onde se tem a relação C/N do composto final variaram de 7,75 a 18,23, sendo o T4 com a relação C/N menor e melhor que os demais tratamentos (7,75) e o T3 com o maior valor para esse parâmetro. Os limites reportados por Kiehl (2010) foram obtidos nos tratamentos com lodo de laticínio e mistura lodo + esterco + cinza, T1 e T6, respectivamente.

### 3.5 VOLUME E PESO

A redução da massa e do volume das leiras durante o processo de compostagem é resultado da degradação do material orgânico pelos microrganismos (COSTA *et al.*, 2017). Segundo Petric, Šestan e Šestan (2009), no processo de compostagem a matéria orgânica é convertida em dióxido de carbono, água, amônia e biomassa microbiana e, isso faz com que ocorra essa redução na massa e no volume das leiras de compostagem. Na Tabela 6 estão apresentadas as reduções percentuais de volume e peso dos compostos nos diferentes tratamentos avaliados.

**Tabela 6.** Reduções percentuais de volume e de peso dos compostos nos diferentes tratamentos avaliados, e respectivos testes de médias

TRATAMENTOS	PRÉ-COMPOSTAGEM		COMPOSTAGEM	
	VOLUME	PESO	VOLUME	PESO
T1	62,00 A	52,45 A	15,87 B	15,26 C
T2	40,00 B	44,34 B	10,74 C	24,11 B
T3	24,91 C	31,50 C	3,62 D	9,08 D
T4	58,18 A	51,33 A	19,22 B	28,62 A
T5	33,92 BC	26,24 CD	26,11 A	16,31 BC
T6	39,68 B	27,71 CD	4,76 D	13,58 C
T7	40,69 B	25,33 D	8,12 CD	15,37 C

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se, na Tabela 6, que todos os tratamentos avaliados apresentaram reduções de volume e de massa, sendo maiores os valores no período da pré-compostagem, quando apresentavam maiores umidades. Observa-se, ainda, que, na pré-compostagem, nos Tratamentos 1 e Tratamento 4 ocorreram as maiores reduções de volume (62% e 58,18%) e de peso (52,45% e 51,33%), respectivamente, não diferenciando estatisticamente entre si. De acordo com Silva (2017), a redução do volume nos compostos é proporcional à redução da sua massa.

Estas maiores reduções de volume e peso observadas no Tratamento 1 estão relacionadas ao elevado teor de umidade inicial presentes no lodo de laticínios (56%), enquanto no Tratamento 4, se deve à baixa massa específica da grama, ocupando grande volume para unidade de massa, além de serem os tratamentos com maior teor de umidade inicial.

Observa-se que, na compostagem, o Tratamento 5 apresentou maior redução de volume, enquanto o Tratamento 4 apresentou maior redução de peso. Analisando-se a composição dos resíduos nos tratamentos, verifica-se que a adição de cinzas de caldeira não influenciou na redução de volume dos compostos.

Considerando-se o período total de compostagem, percebe-se que o Tratamento 4 apresentou maior redução de peso e volume, enquanto o Tratamento 3 apresentou os menores valores de peso e volume. Segundo Costa *et al.* (2017), os fatores que mais afetam essa otimização são o tempo do processo, a massa e o volume ocupado pelas leiras, devido à exigência por áreas disponíveis. Assim, do ponto de vista da logística de armazenamento, transporte

e disposição final, resultados como estes são de suma importância, visto que implicam em menores custos para o gerenciamento destes resíduos após o tratamento.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as condições do experimento e de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que

1. a compostagem demonstrou ser um método eficiente para o tratamento de lodo produzido em estação de tratamento de efluentes de laticínios, produzindo composto orgânico de ótima qualidade, visto que a estabilização do lodo de laticínios ocorreu a partir de 33 dias e que a compostagem ocorreu em temperaturas mesofílicas para a quantidade de resíduo inserida no sistema;

2. a adição de restos de poda de grama ao lodo de laticínios (Tratamento 4) no processo de compostagem proporcionou as maiores reduções de peso e volume, adequado pH, teor de umidade e relação C/N;

3. considerando-se a otimização do tempo e área disponível para compostagem, bem como alguns dos parâmetros de qualidade da Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009.

Desse modo, a adição de grama ao lodo de laticínios passa a ser a técnica mais recomendada.

#### 5 AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal Goiano - câmpus Urutaí (GO), Brasil.

1055

#### REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 2012.

ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: an environmental assessment using life cycle assessment-modeling. *Waste Management*, v. 30, p. 2475-2482, 2010.

BASSO, L. DE A., DE ALMEIDA, F. L., ARAÚJO, A. A. P. S. **Compostagem Dos Resíduos Dos Restaurantes Universitários e dos resíduos de poda na cidade universitária Armando Salles de Oliveira**. 2015. Trabalho de conclusão (Curso de Engenharia Ambiental) - USP, São Paulo, 2015.

BERTICELLI, R.; DECESARO, A.; MAGRO, F. COLLA, L. M. Compostagem como alternativa de biorremediação de áreas contaminadas. *Revista CIATEC-UPF*, v. 8, n. 1, p. 12-28, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5335/ciatec.v1i8.4143>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, p. 20.

CASTRO, R. S. de. **Resíduos industriais como estimuladores da biodegradação de poda de árvores**. 2018. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

CÓLON, J.; BLANCO, J. M.; GABARRELL, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A.; RIERADEVALL, J. Environmental Assessment of home composting. *Resources. Conservation and Recycling*, **Barcelona**, v. 54, n.11, p.893-904, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.01.008>

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T. C. F.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T. C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. *Revista GEAMA*, Recife, v. 1, n. 2, p. 246-260, 2015. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/503>. Acesso em: 13 Mar. 2019

COSTA, M. S. S. DE M.; LORIN, H. E. F.; COSTA, L. A. DE M.; CESTONARO, T.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H. Performance of four stabilization bioprocesses of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Management*, v. 181, p. 443-448, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.003>.

COSTA, M. S. S. de M.; BERNARDI, F. H.; COSTA, L. A. de M.; PEREIRA, D. C.; LORIN, H. E. F.; ROZATTI, M. A. T. Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 2084-2092, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.075>.

COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T.S.; REZENDE, M.O.O. Composting versus vermicomposting: comparison of techniques using vegetal waste, cattle manure and sawdust. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1997. p.212.

JULIATTO, D. L.; CALVO, M. J.; CARDOSO, T. E. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Instituições Públicas de Ensino Superior. *Revista Gual*, v. 4, n. 3, p. 170-193, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/1983-4535.2011v4n3p170>

KIEHL, E. J. **Novos fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Degaspari, 2010. 238p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. p.492.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 6. ed. Piracicaba: E.J. Kiehl, 2012. p.171.

MARCHAND, C.; ST-ARNAUD, M.; HOGLAND, W.; BELL, T. H.; HIJRI, M. Petroleum biodegradation capacity of bacteria and fungi isolated from petroleum-contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 116, p. 48-57, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.09.030>.

MARQUES, V. C, PIMENTA, A. F., JÚNIOR, I. T., DAL BOSCO, T. C., MICHELS, R. N., BERTOZZI, J. Compostagem de resíduos orgânicos domiciliares e poda de árvores: parâmetros físico-químicos. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 3, n. 2, p. 853-862, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5151/engpro-eneeamb2016-rs-005-5011>

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento de resíduos sólidos**. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 241p.

MELO, S. L. de. **Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos – Bahia**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, Salvador, 2014.

NUNES, M. U. C. **Compostagem de resíduos para a produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. Embrapa, 2009. (Circular Técnica 59).

OLIVEIRA, P. D. DA C. **Compostagem de resíduos agroindustriais em leiras com diferentes fontes de carbono**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - UTFPR, Campo Mourão, 2014.

OLIVEIRA, W. M.; OLIVEIRA, C. K. J.; MOREIRA, D. A.; SOUZA, J. A. R.; SILVA, E. L.; RIBEIRO, W. A. S. Concentração de nutrientes em capim mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*) submetido a fertirrigação com efluente de laticínios. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IF GOIANO, 7., Campus Rio Verde. **Anais [...]**. Rio Verde: IF Goiano, 2018.

PACWA-PLOCINICZAK, M.; PLAZA, G. Z. A.; PIOTROWSKA-SEGET, Z. Monitoring the changes in a bacterial community in petroleum-polluted soil bioaugmented with hydrocarbon-degrading strains. **Applied Soil Ecology**, v. 105, p. 76–85, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.04.005>

PEDROSA, T. D; FARIAS C. A. S.; PEREIRA R. A.; FARIAS E. T. R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Revista Nativa**, v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a08>

PEIXE, M.; HACK, M. B. **Compostagem como método adequado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos urbano**: experiência do município de Florianópolis/SC. 2014. 13 f. Monografia (Especialização) -Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: [http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/27\\_03\\_2014\\_10.52.58.648dc17b1d3f981315f8ecf7d2104d2f.pdf](http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/27_03_2014_10.52.58.648dc17b1d3f981315f8ecf7d2104d2f.pdf) . Acesso em: 13 Mar. 2019.

PEIXOTO, A. A.; FERNANDES, J. G. Utilização da Técnica de Compostagem: uma proposta para destinação final dos resíduos orgânicos gerados em um restaurante universitário. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO DA TECNOLOGIA, 13., 2016, Resende (RJ). **Anais [...]**. Resende: Campus da AEDB, 2016.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: Ed. da UFV, 2011. p. 81

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. DE. Uso de microorganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 975–1006, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/4818/2993>. Acesso em: 13 Mar. 2019.

PETRIC, I.; ŠESTAN, A.; ŠESTAN, I. Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 87, n. 3, p. 206-212, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2009.02.002>

QUEIROS, E. S. **Produção de composto orgânico a partir de resíduos da poda fitossanitária de cupuaçuzeiros infectados por *Moniliophthora perniciosa* para utilização como substrato para mudas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - UERR, Roraima, 2016.

VERZOLA, M. A. **Destinação de leite e laticínios residuários**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

RODRIGUES A. C., BAUM C. A., FORMENTINI F., SCHMACHTENBERG N., TREVISAN G. M, SILVA A. C. G. Avaliação do processo de compostagem utilizando lodo de Estação de Tratamento de Efluentes de laticínio. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 2, p. 610-619, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5902/2179-460X18875>

SANTOS, A. T. L., HENRIQUE, N. S., SHHLINDWEIN, J. A., FERREIRA, E., STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Aproveitamento-da-fra%C3%A7%C3%A3o-org%C3%A2nica-dos-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos-urbanos-para-produ%C3%A7%C3%A3o-de-composto-org%C3%A2nico.pdf>

SILVA, P. E. R. **Qualidade do composto orgânico em função da frequência de revolvimentos e das condições ambientais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

SILVA, P. E. R. **Influência da granulometria no processo de compostagem de resíduos sólidos vegetais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017a.

SOUZA, A. V. D.; PIMENTA, A. F.; MARQUES, V. C.; PRESUMIDO, P. H.; SILVA, J. S.; BETIO, M. M.; DAL BOSCO, T. C.; PRATES, K. V. M. C. Pré -compostagem e vermicompostagem de lodo biológico de laticínio. 159-190. *In: DAL BOSCO, T. C. (Org.). Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas*. São Paulo: Blucher, 2017.

SOUZA, E. L., DAMASCENO, F., SCHIRMER, G. K., RAMIRES, M. F., BISOGNIN, R. P., BOHRER, R. E. G, VASCONCELOS, M. DE C., CEZIMBRA, J. C. G. Resíduos contaminantes no solo: possibilidades e consequências. **R. Gest. Sust. Ambient.**, v. 7, n. 2, p. 484-509, 2018. Doi: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018465-483>.

SOUZA JUNIOR, A. F.; SANTOS, M. S. F.; SIMOES, A. S. Proposta de tratamento de resíduo orgânico por meio da compostagem -estudo de caso no restaurante universitário da Universidade Federal do Piauí. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO -CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO E MODERNIZAÇÃO DO BRASIL, 36.*, João Pessoa (PB). **Anais [...]**. João Pessoa (PB): [s.n.], 2016.

WOJAHN G. T. **Proposta de um modelo de compostagem coletiva para um condomínio residencial em Lajeado – RS**. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.