

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Tratamento de resíduos orgânicos de pequenos
abatedouros de bovinos através da compostagem**

Dênnis Silveira Jahnke

Pelotas, 2012

Dênnis Silveira Jahnke

**Tratamento de resíduos orgânicos de pequenos
abatedouros de bovinos através da compostagem**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier

Co-orientador: Pesquisador Dr. Gustavo Shiedeck

Pelotas, 2012

Banca examinadora

Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier
Departamento de Zootecnia/UFPEL

Prof. Dr. Jerri Teixeira Zanusso
Departamento de Zootecnia /UFPEL

Prof. Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli
Departamento de Solos/UFPEL

Prof. Dr. Victor Fernando Büttow Roll
Departamento de Zootecnia /UFPEL

“Ao término de um período de decadência sobrevém o ponto de mutação. A luz poderosa que fora banida ressurgiu. Há movimento, mas este não é gerado pela força... O movimento é natural, surge espontaneamente. Por essa razão, a transformação do antigo torna-se fácil. O velho é descartado, e o novo é introduzido. Ambas as medidas se harmonizam com o tempo, não resultando daí, portanto, nenhum dano.”

I Ching

A minha mãe, Maria Iolda Prestes Silveira e irmã Janisse Silveira Jahnke
por tornar esta realização possível e, por acreditar sempre

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier, pela oportunidade, pelo tempo dedicado a mim e a este trabalho, e pela consideração e competência com que me orientou.

Ao pesquisador da Embrapa Clima Temperado Dr. Gustavo Shiedeck, pela co-orientação e ajuda prestada.

Ao professor Victor Fernando Büttow Roll por toda a ajuda e empenho oferecido durante todo o trabalho, especialmente na parte final deste.

Ao professor Jerri Teixeira Zanusso, pelos conhecimentos e experiências a mim passados e pela atenção dedicada a este trabalho.

A professora Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli pela amizade, compreensão, carinho e apoio nos momentos mais difíceis que passei durante esta etapa, e também por toda ajuda que sempre foi atendida com enorme presteza e disposição, a qualquer dia e hora. Muito obrigado pela confiança, pelas palavras de incentivo e de encorajamento, principalmente quando tudo parecia desabar. Tudo isso foi decisivo para o desenvolvimento deste trabalho e também para meu crescimento como profissional e indivíduo. Nunca esquecerei a pessoa maravilhosa que sempre foi comigo.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Ana Elice e ao André, funcionários do LNA/DZ/FAEM/UFPEL, que sempre foram imensamente pacientes comigo em todas as etapas realizadas em laboratório. Muito obrigado por toda a ajuda, carinho e empenho para com as minhas atividades.

Aos colegas da sala 412 que compartilharam comigo esta etapa, alguns dos quais se tornaram grandes amigos.

A Naiana Manzke, Verônica Lisboa, Patrícia Biegelmeier e Consuelo Souza, que dividiram bons e maus momentos comigo durante este período e que guardarei pra sempre em meu coração.

A colega Médica Veterinária Msc. Beatriz Valente, por ter influenciado muito na decisão de realizar este trabalho, e por ter ajudado sempre que possível em diferentes etapas deste. Sua ajuda enriqueceu bastante, obrigado.

A Camila Graeff, pela ajuda, determinação e competência com que realizou todas as atividades com que se envolveu. Muito obrigado por sua presença, carinho e paciência em momentos tão difíceis e decisivos.

Ao Seu Juca, funcionário do aviário experimental onde foi realizado o presente trabalho. Talvez seja impossível expressar minha gratidão a esta pessoa tão especial em poucas palavras. Aprendi muito com sua experiência de vida e trabalho. Seu conhecimento prático das coisas aliado a sua simplicidade e paciência, possibilitou a mim, um aprendizado que vai muito além do conhecimento acadêmico. Muito obrigado por tudo que fez por mim.

A minha mãe, que mesmo longe, esteve sempre presente ajudando no que estivesse ao seu alcance. Obrigado pela ajuda, incentivo e por acreditar sempre. Te amo e admiro muito.

A minha irmã Janisse e meu cunhado Walter, por todo apoio e ajuda em todas as etapas do experimento. Obrigado por tudo que fizeram por mim em todo esse período, estarão sempre em meu coração.

A minha grande amiga Talita Wurdig, Andrener Duarte, Paula Pires, Samantha Alves, obrigado pela ajuda e parceria.

A minha querida e amada amiga Jaqueline Tavares Schafer, pela sincera amizade ao longo de muitos anos, pelo empenho e competência demonstrada em tudo que fez.

Enfim, obrigado a todos que passaram e marcaram minha vida de alguma forma. Com certeza, todos foram importantes em meu caminho.

RESUMO

JAHNKE, Dênnis Silveira. **Tratamento de resíduos orgânicos de pequenos abatedouros de bovinos através da compostagem**. 2012. 110f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica da compostagem como forma de tratamento de resíduos orgânicos gerados em abatedouros de bovinos, através do monitoramento de transformações físicas e químicas em função do tempo de compostagem, visando reduzir o impacto ambiental gerado por este importante segmento da produção animal. O processo consistiu de dois estágios, sendo o primeiro caracterizado por duas estruturas em alvenaria denominadas de células de compostagem, e o segundo compreendendo a formação de leiras no galpão de compostagem. Durante o estudo foram testados dois tratamentos: T1 – mistura de serragem e maravalha com resíduos de abatedouro de bovinos; e T2 – maravalha e resíduos de abatedouro de bovinos. Foram utilizadas cinco repetições por tratamento. A amostragem para as análises físico-químicas da biomassa foi realizada aos 30, 60, 90, 120, 150 dias de compostagem. A temperatura da biomassa foi aferida diariamente durante todo o período experimental. As médias dos tratamentos foram comparadas através da análise de medidas repetidas, utilizando o teste LS Means ($P < 0,05$). Também foram obtidas equações de regressão polinomial para temperatura de compostagem. As seguintes variáveis foram analisadas: matéria seca, matéria orgânica, cinzas, carbono (C), nitrogênio (N), relação C/N, fósforo, potássio, magnésio, pH e temperatura da biomassa. Verificou-se para a maioria das variáveis analisadas uma pequena variação em seus teores na medida em que o processo evoluiu, seja comparando o mesmo tratamento ao longo do período, ou comparando os tratamentos entre si. A maior diferença significativa obtida foi para o teor final de umidade e para o pH, entre os dois tratamentos ($P < 0,05$), ao fim da compostagem. Verificou-se também que, aparentemente, a temperatura ambiente do ar não teve influência na temperatura da biomassa durante o processo, já que esta permaneceu sempre abaixo da temperatura do composto, mesmo em dias muito frios. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que a compostagem pode ser utilizada como alternativa para a disposição adequada dos resíduos orgânicos gerados no abate de bovinos, podendo também ser utilizada como adubo orgânico, apresentando boas características fertilizantes já aos 90 dias de compostagem.

Palavras-chave: Biotransformação. Bovinocultura. Sustentabilidade. Tratamento aeróbio. Vísceras.

ABSTRACT

JAHNKE, Dênnis Silveira. **Treatment of residues of small bovine slaughter house through composting**. 2012. 110p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A trial was conducted to evaluate the technical viability of composting for treating inedible residues from bovine slaughter house. Physical and chemical transformations of biomass were monitored during the whole period of composting. The system had two stages. The first one took place at two composting cells and the second one in an impermeable building, were two piles, one from each composting cell was built. Two treatments were evaluated: T1 – mixture of wood sawdust and wood shavings with inedible residues of bovine slaughter house; and T2 – wood shavings mixed with inedible residues of bovine slaughter house. Each treatment had five replications. Sampling for analysis of physical and chemical composition of biomass was obtained at 30, 60, 90, 120 and 150 days of composting. Biomass temperature was recorded once a day during the whole experimental period. Treatment means were compared through repeated measure procedures with LS Means test ($P < 0.05$). Additionally, linear, quadratic and cubic equations were estimated for temperature of composting. The following variables were measured: dry matter, organic matter, ash, nitrogen, carbon, C/N ratio, phosphorus, potassium, magnesium, pH and biomass temperature. Small variation was observed among the treatments during the whole composting process. Only a numerical variation was observed as composting progressed, not only within but also among treatments. The higher significant difference was obtained for the final content of humidity and pH for both treatments ($P < 0.05$) at the end of experimental period. Apparently, the air environmental temperature had no influence on biomass temperature during the whole composting period. Composting is an alternative for economic and ecologically correct disposing of inedible bovine slaughter house residues even at the end of just 90 days. Therefore, composting ought to be used by bovine producers and industry, helping achieving its environmental sustainability.

Key-words: Aerobic treatment. Biotransformation. Bovine production. Sustainability. Viscera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Resíduos do abate de bovinos e órgãos condenados pela inspeção sanitária.....	40
Figura 2	Parte frontal da composteira constituída de porta com tábuas móveis.	41
Figura 3	Vista do galpão sem paredes laterais, para formação das leiras.....	42
Figura 4	Homogeneização da mistura (serragem + maravalha).....	43
Figura 5	Disposição dos montes dentro da composteira.....	44
Figura 6	Canos de PVC perfurados a 25 cm de altura.....	45
Figura 7	Marcação dos pontos de coleta e aferição de temperatura.....	46
Figura 8	Formação das pilhas de compostagem no galpão.....	47
Figura 9	Coleta de amostras com tubo de PVC de 50 mm de diâmetro.....	49
Figura 10	Aferição da temperatura em um dos pontos na célula de compostagem.....	50
Figura 11	Comportamento térmico da biomassa durante o primeiro estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	56
Figura 12	Comportamento térmico da biomassa durante o segundo estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	58

Figura 13	Comportamento térmico da biomassa durante todo o período da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	59
Figura 14	Comportamento do pH durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	61
Figura 15	Evolução do teor de umidade durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	63
Figura 16	Evolução do teor de cinzas durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	65
Figura 17	Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	67
Figura 18	Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	69
Figura 19	Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	71
Figura 20	Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos.....	73
Figura 21	Evolução do teor de fósforo durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	74

Figura 22	Evolução do teor de magnésio durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos.....	76
Figura 23	Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Densidade dos materiais experimentais.....	43
Tabela 2	Caracterização físico-química das matérias-primas iniciais utilizadas no processo de compostagem.....	48
Tabela 3	Temperaturas médias semanais durante o primeiro estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	55
Tabela 4	Temperaturas médias semanais durante o segundo estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	57
Tabela 5	Valores de pH durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	60
Tabela 6	Teor de umidade durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	62
Tabela 7	Teor de cinzas durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	64
Tabela 8	Teor de matéria orgânica total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	66

Tabela 9	Teor de carbono orgânico total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	68
Tabela 10	Teor de nitrogênio total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	70
Tabela 11	Relação C/N durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	72
Tabela 12	Teor de fósforo durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	73
Tabela 13	Teor de magnésio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	75
Tabela 14	Teor médio de potássio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Resíduos orgânicos gerados por abatedouros e/ou frigoríficos.....	21
2.2 Maravalha.....	23
2.3 Serragem.....	24
2.4 Compostagem	25
2.4.1 Fatores que afetam a compostagem.....	27
2.4.1.1 Temperatura	27
2.4.1.2 Umidade	28
2.4.1.3 Aeração	29
2.4.1.4 Relação C/N	30
2.4.1.5 Microrganismos.....	32
2.4.1.6 pH.....	33
2.4.1.7 Granulometria	34
2.4.1.8 Dimensão das leiras.....	35
2.4.2 Maturação e qualidade do composto	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Experimento.....	38
3.2 Local e duração do experimento	38
3.3 Material experimental.....	39
3.3.1 Resíduos orgânicos de origem vegetal	39
3.3.1.1 Maravalha	39
3.3.1.2 Serragem	39
3.3.2 Resíduos orgânicos de origem animal	39
3.3.2.1 Resíduos de abatedouro	39
3.4 Montagem do experimento	40
3.4.1 Manejo dos materiais experimentais	42

3.4.2 Coleta de amostras	47
3.5 Variáveis analisadas	49
3.5.1 Temperatura da biomassa	49
3.5.2 Temperatura ambiente e umidade relativa do ar	50
3.5.3 Análises físico-químicas.....	50
3.5.3.1 pH.....	51
3.5.3.2 Umidade	51
3.5.3.3 Cinzas.....	51
3.5.3.4 Matéria orgânica total.....	51
3.5.3.5 Carbono orgânico total.....	51
3.5.3.6 Nitrogênio total.....	52
3.5.3.7 Relação C/N	52
3.5.3.8 Fósforo total.....	52
3.5.3.9 Magnésio total.....	52
3.5.3.10 Potássio	52
3.5.4 Análise estatística	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Temperatura da biomassa e temperatura do ar	54
4.2 pH.....	59
4.3 Umidade	61
4.4 Cinzas.....	63
4.5 Matéria orgânica total	65
4.6 Carbono Orgânico Total.....	67
4.7 Nitrogênio total.....	69
4.8 Relação C/N	71
4.9 Fósforo Total.....	73
4.10 Magnésio	74
4.11 Potássio.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6 CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICES	95

1 INTRODUÇÃO

A produção animal para corte no Brasil é uma atividade econômica de grande relevância que se traduz no surgimento de um número crescente de abatedouros, seja de suínos, bovinos ou de aves. Mesmo sendo considerado um grande produtor de carne, o país enfrenta diversos problemas em relação à inspeção no abate. Segundo o Serviço de Inspeção Federal, em 1996 mais de 50% da carne consumida no país foi proveniente de abatedouros clandestinos, sem qualquer tipo de fiscalização, e sem condições higiênico-sanitárias necessárias para garantir a qualidade dos alimentos e a preservação do meio ambiente (ALENCAR, 2002).

A possibilidade de exportar produtos de origem animal tem levado a um crescimento ainda maior das unidades de produção, principalmente nos países em desenvolvimento (SEIFFERT, 2000). Atualmente, o rebanho nacional possui cerca de 170 milhões de bovinos, 1,13 milhão de bubalinos, 16 milhões de ovinos e 9,45 milhões de caprinos (ANUALPEC, 2009), em um país com mais de 180 milhões de habitantes (IBGE, 2008). Somado a isso, a produção de alimentos gera aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas de resíduos ao ano (FIGUEROA, 2008).

Grande parte dos sistemas de criação animal caracteriza-se por confinamentos de alta densidade, em áreas reduzidas e taxas de crescimento bastante aceleradas. Isso acarreta em um aumento no volume de resíduos sólidos, constituindo-se em um problema para os criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos, o que acaba muitas vezes por limitar estas atividades produtivas (HARDOIM et al., 2000; OLIVEIRA e SILVA, 2004). Além disso, esse modelo de desenvolvimento econômico peculiar às sociedades

capitalistas vem se confrontando com as perspectivas de recuperação e manutenção do equilíbrio ambiental (BARACHO JR., 1995).

A legislação ambiental brasileira demorou a ter uma dedicação mais expressiva por parte de seus criadores, entretanto a partir da Constituição de 1988, teve uma grande evolução passando a determinar regulamentações para a prevenção da poluição atmosférica, hídrica, e também para a proteção dos mananciais, bem como o manejo adequado de resíduos e controle do uso de agrotóxicos (BRASIL, 1988; CONAMA, 1992; MACHADO, 1992). No artigo 8º da resolução CONAMA nº 237/1997, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, a legislação obriga a licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, sendo a suinocultura, a bovinocultura e a avicultura, merecedoras de destaque. Desta forma, instituições e autoridades legais, das diferentes instâncias de nível federal, estadual e municipal, são fontes crescentes de regulamentações, que restringem atividades potencialmente poluidoras e devem orientar sobre áreas preferenciais, onde podem ou não ser desenvolvidas atividades econômicas, inclusive a criação de animais em confinamento (PAGANINI, 2004).

Com o objetivo de minimizar os riscos de degradação ambiental, a Constituição Federal prevê que o Estado, através das agências ambientais federais, estaduais e municipais, deverá manter pessoas capacitadas que conduzam ações de pesquisa com o objetivo de monitorar e avaliar as condições físicas, químicas e bacteriológicas do ar, do solo e da água, gerando informação, educação e assistência técnica aos produtores (SEIFFERT, 2000). Assim, formas ou sistemas para a reciclagem dos resíduos devem ser adotados, visando o saneamento ambiental, bem como um planejamento adequado de utilização do produto reciclado, respeitando-se a capacidade de suporte do ambiente (COSTA, 2005).

Vários pesquisadores têm descrito o uso de adubos orgânicos como alternativa para diminuir o custo energético das lavouras, proporcionando economia de recursos naturais, em pesquisas com milho (COSTA, 2005), batata (SILVA et al., 2007) e pimentão (ARAÚJO et al., 2007). Desta forma, a questão da reciclagem dos nutrientes, presentes nos resíduos da produção animal, tem despontado como o grande desafio do setor no contexto atual. Sistemas que possibilitem aliar produção e qualidade ambiental têm merecido a atenção de pesquisadores, técnicos e produtores dos diferentes setores da produção animal (SPADOTTO, 2006).

Frente a esta situação, a reciclagem e o uso agrônômico racional de resíduos são apresentados como opções para a solução do problema, porém implicam em ampliação dos conhecimentos sobre os mesmos e suas respectivas formas de tratamento (PREZOTTO, 1992). Sendo assim, práticas adequadas de manejo dos resíduos são essenciais para que os sistemas de produção animal cresçam e se desenvolvam sob as condições de restrições legais atualmente existentes (SEIFFERT, 2000). Conforme Diesel, Miranda e Perdomo (2002), o manejo dos resíduos deve ser parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais, bem como estar incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações. Como alternativa para minimizar os impactos causados pela grande geração de resíduos em sistemas intensivos de criação animal, encontra-se a utilização de processos biológicos de reciclagem de nutrientes, que se caracterizam pela viabilidade técnica e econômica, além de fornecerem subprodutos, os quais contribuem para agregação de valor à tecnologia empregada (PEREIRA NETO, 2007).

A falta de comprometimento com os recursos naturais muito contribuiu, e ainda contribui, para o desequilíbrio solo - planta – animal, com consequências desastrosas para o meio ambiente e para a própria atividade. Nesse aspecto, vale ressaltar a importância que vem sendo dada, pelos países desenvolvidos, à questão da preservação do meio ambiente e qualidade de vida. O IPEA (1997) ressalta esse aspecto como uma importante barreira não-tarifária a ser imposta por estes países nos próximos anos. Assim, a não-antecipação da importância de tais restrições e, principalmente, a não-adequação dos sistemas a essa nova realidade acarretarão perdas de espaços atuais de competitividade e resultarão em maiores dificuldades para se estabelecerem novos mercados.

Os pequenos frigoríficos e abatedouros se enquadram como agroindústrias em razão de processarem produtos de origem animal, em cujos resíduos são encontrados vísceras de animais abatidos, pedaços de carne sem valor comercial, sebo, sangue, órgãos condenados pela inspeção e outros materiais, todos passíveis de tratamento biológico. No Brasil, não são raros os abatedouros com precárias instalações e condições de higiene e que não dispõem de sistema de tratamento e disposição final adequada de seus resíduos, o que torna o tema de extrema importância. A responsabilidade das agroindústrias com os resíduos gerados durante o processamento, atualmente, não é somente vinculada à legislação

vigente, mas também melhora a visibilidade do produto a ser comercializado, principalmente no mercado externo.

Há séculos o homem aproveitava os diversos resíduos produzidos por sua própria atividade, designadamente dejetos animais e detritos vegetais, e os acumulava em pilhas ou depositava em fossas, onde sofriam um processo de compostagem (GOTAAS, 1959), ainda que de forma primitiva e, por ventura, de forma tecnicamente incorreta. Neste sentido, a compostagem pode se constituir em uma alternativa viável, de baixo custo e sanitariamente eficiente na eliminação de patógenos de resíduos submetidos a este método, bem como na transformação de um material altamente poluente em um composto orgânico, estável, com características agronômicas, podendo, ainda, vir a ser uma nova fonte de renda.

A necessidade de se desenvolver sistemas de tratamento de resíduos que permitam a reciclagem destes na própria atividade ou em outras atividades pertencentes ao processo de produção é importante, pois atualmente toda empresa é responsável pelos resíduos gerados e deve tratá-los de forma que a disposição não seja impactante ao meio ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade do processo de compostagem como alternativa ao tratamento de resíduos orgânicos de frigoríficos e abatedouros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A pecuária de corte brasileira, numa análise retrospectiva, era caracterizada pelo atraso, resistência às inovações tecnológicas e gestão arcaica, o que marcou negativamente a atividade ao longo de várias décadas. Contudo, a bovinocultura de corte atual contrapõe-se fortemente a essa situação e passa a utilizar importantes inovações na gestão e no uso de tecnologias (BARCELLOS et al., 2004). Segundo os mesmos autores, durante as últimas décadas novas tecnologias de produção, manejo e gestão foram consolidadas e difundidas aos sistemas produtivos. Processos tecnológicos como a suplementação estratégica, o semi-confinamento, os cruzamentos, o surgimento de novas variedades forrageiras, são algumas técnicas que permitiram encurtar o ciclo de produção. Dessa forma a pecuária de corte passa ser um dos protagonistas do agronegócio do Brasil.

O resultado do crescimento da atividade permitiu a consolidação do Brasil no mercado internacional de carnes como um dos maiores exportadores de carne bovina. Contudo, segundo Zen (2005), mesmo com essa posição vantajosa nos mercados, as melhorias esperadas nas margens econômicas do segmento não foram asseguradas. Problemas relacionados com limitações de natureza sanitária do rebanho, não permitindo alcançar melhores preços no mercado internacional, centralização dos abates em poucas plantas processadoras e concentração no varejo, além da falta de coordenação na cadeia produtiva, podem ser apontadas como algumas causas da baixa remuneração ao quilo da carne bovina.

A incessante busca por produtividade nas últimas décadas, através da utilização de máquinas, uso intensivo do solo, especialização da produção e uso de insumos químicos, com enfoque na “Revolução Verde”, têm levado ao esgotamento dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, efeitos socioeconômicos negativos não previstos (PRIMAVESI, 1981).

Com o objetivo de conciliar crescimento econômico com bem-estar social e preservação do ambiente natural é que emerge a discussão sobre desenvolvimento sustentável, ou ainda, sobre a sustentabilidade dos processos produtivos adotados. Nesse sentido, Severo e Miguel (2006) em estudos sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinocultura de corte do estado do Rio Grande do Sul, afirmam que há necessidade de operacionalizar esse novo conceito de desenvolvimento na tentativa de colocá-lo em prática. Para tanto, quantificar o que é mais ou menos sustentável em sistemas de produção agrícola se mostra um novo desafio, o qual começa pela definição de uma metodologia que permita uma análise dos processos produtivos dentro de um contexto de sustentabilidade. Segundo estes autores, apesar da evolução recente da produtividade, conseguida através da intensificação de práticas modernas, a pecuária de corte bovina do Brasil ainda possui caráter extensivo, com os animais alimentando-se diretamente do pasto e, assim, sujeitos às intempéries climáticas. Essa característica faz com que o tempo médio exigido ao abate do animal ainda atinja três anos, prazo superior aos dois anos necessários nos países que empregam técnicas mais modernas de produção.

Em paralelo à modernização dos produtores rurais, Faravet Filho e Paula (1997) observam que a indústria frigorífica passou, ao longo das últimas décadas, por um processo de reestruturação que levou à desativação de diversas plantas produtivas e à paralisação das atividades nas principais empresas do setor. Como resultado, houve a ampliação da capacidade ociosa, que vem sendo ocupada através do arrendamento e compra de unidades fechadas por empresas em expansão. Nesse sistema, os frigoríficos líderes vêm seguindo a estratégia de agregar novos processos à sua estrutura, através do processamento de derivados do abate, como o sabão, o curtimento do couro e as rações animais.

2.1 Resíduos orgânicos gerados por abatedouros e/ou frigoríficos

A agroindústria é um segmento bastante representativo dentro da economia nacional, porém, na maioria dos casos estas ficam muito próximas aos centros urbanos, produzindo grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos, desde a etapa de extração da matéria-prima estendendo-se durante todas as etapas do processo industrial (LEUCENA e CHERNICHARO, 2005).

No processamento industrial de carnes em abatedouros são gerados resíduos poluentes causadores de impactos ambientais negativos. Estes resíduos, provenientes das diferentes etapas do processo industrial, podem ser classificados de acordo com suas características físico-químicas e origem de geração.

As agroindústrias estão entre as maiores fontes poluidoras no Brasil, particularmente em função das grandes quantidades de resíduos ricos em substâncias orgânicas, nutrientes (sobretudo nitrogênio e fósforo), sólidos, óleos e graxas. Nesta categoria, matadouros e indústrias de processamento de carne são conhecidos pelo alto potencial poluidor (MEES et al., 2009).

Como conseqüências das operações de abate para obtenção de carne e derivados originam-se vários subprodutos e/ou resíduos que devem sofrer processamentos específicos, incluindo couro, sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, tripas, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária, etc.

Normalmente, a finalidade do processamento e/ou da destinação dos resíduos ou dos subprodutos do abate é função de características locais ou regionais, como a existência ou a situação de mercado para os vários produtos resultantes e de logística adequada entre as operações. Por exemplo, o sangue pode ser vendido para processamento, visando sua separação e uso, ou comercialização de seus componentes (plasma, albumina, fibrina, etc.), mas também pode ser enviado para graxarias, para produção de farinha de sangue, usada normalmente na fabricação de rações animais. Segundo Vilas Boas et al. (2001), os efluentes de matadouros e frigoríficos são compostos por grande quantidade de sangue, fragmentos de tecidos e gorduras, que são liberados durante o processo de abate.

Segundo Pacheco (2006), pode-se dividir as unidades de negócio do setor, quanto à abrangência dos processos que realizam, da seguinte forma:

- a) Abatedouros (ou Matadouros): realizam o abate dos animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem a desossa das carcaças e produzem os chamados “cortes de açougue”, porém não industrializam a carne;
- b) Frigoríficos: podem ser divididos em dois tipos: os que abatem os animais, separam sua carne, suas vísceras e as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazem todo o processo dos abatedouros e também industrializam a carne; e aqueles que não abatem os animais,

comprando a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de outros frigoríficos para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos, ou seja, somente industrializam a carne;

c) Graxarias: processam subprodutos e/ou resíduos dos abatedouros ou frigoríficos e de casas de comercialização de carnes (açougues), como sangue, ossos, cascos, chifres, gorduras, aparas de carne, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária e vísceras não-comestíveis. Seus produtos principais são o sebo ou gordura animal (para a indústria de sabões ou sabonetes e para a indústria química) e farinhas de carne e ossos (para rações animais). Há graxarias que também produzem sebo ou gordura e/ou o chamado adubo organo-mineral somente a partir de ossos. Podem ser anexas aos abatedouros e frigoríficos ou unidades de negócio independentes.

A compostagem de resíduos de abatedouros e pequenos frigoríficos é assunto pouco relatado na literatura, podendo-se citar as referências sobre compostagem de resíduos não convencionais (KIEHL, 1985), sobre a compostagem como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos provenientes de frigoríficos na Alemanha (TRITT e SCHUCHARDT, 1992) e em Hong Kong (KOENIG e YIU, 1999).

De qualquer forma, processamentos e destinações adequadas devem ser dadas a todos os subprodutos e resíduos do abate, em atendimento às leis e normas vigentes, sanitárias e ambientais (PACHECO, 2006).

2.2 Maravalha

A maravalha é um material proveniente do beneficiamento da madeira, que apresenta partículas com tamanho aproximado de 3 cm, e um bom poder de absorção. Segundo Hillig et al. (2006) é resultado, principalmente, do aplainamento e desengrossamento de toras, realizada em algumas empresas que vendem madeira já beneficiada.

Avila et al. (2007) relatam que, com a expansão da avicultura e melhorias na tecnologia de produção, o material utilizado na preparação das camas, em muitos casos, restringiu-se à maravalha, que foi se tornando progressivamente mais escassa e com maior valor de mercado. Em um estudo sobre a caracterização e

aproveitamento de resíduos de madeira da indústria madeireira, Hillig et al. (2006) verificaram que grande parte do resíduo de madeira é oriundo do processamento da madeira serrada, e que o percentual gerado em relação à madeira processada depende, além dos fatores tipo de processo empregado, tipo de matéria-prima utilizada e produto final obtido, das condições tecnológicas empregadas. Mais ainda, a abundância de matéria-prima em determinadas regiões contribui para o baixo aproveitamento. Por essas razões, os rendimentos obtidos por serrarias no desdobro da madeira variam de uma região para outra e de uma indústria para outra, sendo o diagnóstico fundamental para estabelecer as possibilidades de aproveitamento. Embora a fração percentual que representam os resíduos varie em função de fatores como processo, máquinas utilizadas e dimensões das toras, ocorre uma significativa perda no desdobro e nos cortes de reserra, que para madeiras de reflorestamento se situam entre 20% e 40% do volume das toras processadas (FINOTTI et al., 2006).

2.3 Serragem

A serragem, ou pó de madeira, é um resíduo da indústria madeireira, formado quando a madeira é cortada, ou serrada, como o próprio nome se refere.

Coletivamente, os componentes celulósicos são referidos como holocelulose, e consistem de celulose e hemicelulose (LYNCH, 1985). A holocelulose é um termo designado para a celulose, em conjunto com os demais polissacarídeos da madeira, sendo os polissacarídeos não-celulósicos chamados de hemiceluloses.

Os principais fatores que afetam o metabolismo de decomposição da celulose são: a disponibilidade de nitrogênio, de oxigênio, a temperatura, a umidade, o pH, a presença de outros hidrocarbonetos e a presença de lenhina (PEREIRA NETO, 1987), sendo que a aplicação de N inorgânico em materiais celulósicos (de elevada relação C/N) acelera a sua decomposição. De acordo com Russo (2003), o C é a maior fonte de energia para os microrganismos, porém a sua eficiência não é 100% e a demanda é maior do que a do N. Apesar da grande diferença de demandas, a carência de N é limitante no processo, por ser essencial para o crescimento e reprodução celular.

2.4 Compostagem

A compostagem é um processo resultante da decomposição biológica aeróbica de substratos orgânicos, sob condições parcialmente controladas, que permitam o desenvolvimento natural de altas temperaturas, com formação de um produto suficientemente estável para armazenamento e aplicação ao solo, sem efeitos ambientais indesejáveis (HAUG, 1980; PEREIRA NETO, 1992); já para Haug (1980) e Mustin (1987), pode-se dizer que é uma técnica que consiste em, antes de sua incorporação ao solo, provocar uma prévia degradação da matéria orgânica, de modo que esta sofra uma estabilização mais ou menos completa. Em outras palavras, é uma forma de se obter mais rapidamente e em melhores condições, a estabilização da matéria orgânica.

Campos, Santos e Reis (1988) afirmam que a compostagem é a oxidação do material biodegradável, com formação de húmus e liberação de energia calorífica. Durante o processo ocorre o desprendimento de CO₂ e liberação de calor, proveniente do metabolismo dos microrganismos responsáveis pela decomposição do material. Como o metabolismo é exotérmico, o calor liberado faz com que a massa em compostagem eleve sua temperatura atingindo valores na escala termófila e, dessa forma, ocorra eliminação de patógenos que possam vir a afetar negativamente a germinação das sementes.

O composto pode ser considerado como um caso limite de solo muito rico em matéria orgânica (M.O.) em evolução e pobre em elementos minerais (MUSTIN, 1987). O processo de compostagem se assemelha aos processos naturais de decomposição de matéria orgânica no solo, com uma relevante diferença, no entanto, no caráter controlado daquele processo.

Para Kiehl (1985), a compostagem é um processo de decomposição aeróbica, em que há desprendimento de gás carbônico, água (sob a forma de vapor) e energia por causa da ação dos microrganismos. Parte da energia é usada pelos microrganismos para crescimento e desenvolvimento, e a restante é liberada como calor, que se procura conservar na pilha de compostagem. Como resultado, a pilha atinge uma temperatura elevada, resfria, chegando a valores próximos a temperatura ambiente, e logo atinge o estágio de maturação.

A decomposição do material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus constituintes. Primeiro são

decompostos os açúcares, os amidos e as proteínas simples; a seguir, há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose. Outros componentes, como a celulose, a lignina e as gorduras, são mais resistentes (MIYASAKA, CAMARGO e CAVALERI, 1983; TIBAU, 1983; IGUE e PAVAN, 1984) podendo, com o tempo, dar origem às substâncias orgânicas de estrutura química mais complexa, genericamente denominadas húmus (MIYASAKA, CAMARGO e CAVALERI, 1983; IGUE e PAVAN, 1984).

Alguns autores consideram que o processo de compostagem deve ser feito em dois estágios distintos. Blake e Donald (1992 apud VALENTE, 2008) estudando formas alternativas para o tratamento de carcaças de aves, afirmam ser a finalidade do primeiro estágio transformar, de maneira segura, um material de difícil manejo (carcaças de aves) em um material que possa ser manipulado em um processo posterior de compostagem, de forma mais segura. Os mesmos autores comentam que a presença de oxigênio é a principal diferença entre os dois estágios. Como o primeiro estágio é realizado em células de compostagem, fica impossibilitada a realização de revolvimentos, entretanto como no segundo estágio o material é levado ao pátio onde se constroem leiras de compostagem, a aeração é permitida por meio de revolvimentos frequentes. Segundo Murphy (1991), há uma compactação natural do material no primeiro estágio, devido à sobreposição dos materiais, provocando a expulsão do oxigênio. A possibilidade de realizar revolvimentos frequentes no segundo estágio promove a aeração mais uniforme e efetiva, favorecendo o aumento da temperatura (PEREIRA NETO, 1994).

Deve-se atentar a alguns cuidados a serem tomados no que diz respeito aos procedimentos e ao local onde se realiza o processo de compostagem, para que além da não proliferação de odores, não cause também a contaminação do solo. Para evitar essa contaminação, bem como das águas subterrâneas, Ritter et al. (1995) preconizam a existência de um piso impermeável para conter a possível formação do chorume produzido durante o processo. É também indicado realizar o processo em local coberto evitando chuva direta sobre o material. A incidência de chuva sobre a leira de composto, além de provocar anaerobiose e formação de chorume (SILVA et al., 1998) promove, também, perda de nutrientes (NAKAGAWA, 1992).

A compostagem, portanto, é uma técnica de processamento de resíduos altamente promissora, haja vista que proporciona a disposição adequada dos

resíduos no solo, numa forma mais estável, capaz de trazer efeitos benéficos à sua estrutura, resistência à erosão, capacidade de troca catiônica e a condição nutricional do solo (IGUE; PAVAN, 1984; VIDIGAL et al., 1995; VIDIGAL et al., 1997).

2.4.1 Fatores que afetam a compostagem

2.4.1.1 Temperatura

Os valores de temperatura registrados revelam o estágio em que se encontra o processo e a necessidade, se for o caso, de qualquer medida corretiva caso esteja excessivamente alta ou muito baixa na fase ativa de degradação. Segundo Pereira Neto (1996), durante o processo de compostagem, a temperatura varia dependendo da atividade metabólica dos microrganismos e esta, por sua vez, está intimamente relacionada com a taxa de oxigenação do material.

Por isso, se faz importante o monitoramento diário da temperatura já que esta é, em parte, controlada pelo revolvimento e/ou adição de água ao processo. As temperaturas baixas registradas na fase ativa sugerem baixos teores de umidade, oxigênio e/ou outro problema que esteja afetando a atividade microbiológica do processo. Para Kiehl (2004), as diferentes temperaturas, nos diferentes pontos da leira, se devem às diferentes concentrações de oxigênio presentes no material.

Dependendo da fonte consultada, há considerações bastante diferentes sobre temperatura. Alguns pesquisadores sugerem uma temperatura ideal de 48°C, enquanto outros de 58°C, ou ainda entre 60 e 70°C, embora seja possível afirmar que temperaturas elevadas, isto é, acima de 55°C sejam favoráveis ao processo (MORSELLI, 2009). Segundo Kiehl (1985) temperaturas elevadas são favoráveis para destruir sementes indesejáveis e organismos patogênicos ao homem e/ou plantas cultivadas, os quais são pouco resistentes a temperaturas elevadas por um período considerável de tempo. O autor considera que a temperatura mínima para o desenvolvimento de bactérias mesofílicas fica entre 15 e 25°C, a temperatura ótima entre 25 e 40°C e a máxima até 43°C. Já para as bactérias termofílicas as temperaturas mínimas devem ficar entre 25 e 45°C, apresentando faixa de temperatura ótima entre 50 e 55°C, com a máxima aos 85°C. Já outros pesquisadores, afirmam que temperaturas acima de 70°C são desaconselháveis por

reduzirem bastante o número de microrganismos ativos no meio, podendo estes insolubilizarem as proteínas solúveis, provocarem alterações químicas indesejáveis e desprenderem amônia, principalmente em presença de uma baixa relação C/N.

Rodrigues et al. (2006) afirmam que a decomposição inicial é realizada por microrganismos mesófilos, que transformam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado, durante a oxidação da matéria orgânica, acumula-se no interior da leira (KLAMER; BAATH, 1998; TANG; KANAMORI; INQUE, 2004), elevando a temperatura de 25°C para 40-45°C, em um período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985).

A temperatura ambiente não tem forte influência sobre a temperatura do material a ser compostado e mesmo em dias frios de inverno a pilha permanece aquecida, desprendendo calor e vapor de água, sendo a perda de calor proporcional à dimensão da pilha. Pilhas largas e altas perdem menos calor do que as estreitas e baixas. Geralmente uma pilha alcança dentro de dois a três dias uma temperatura de 40 a 50°C, podendo atingir de 60 a 70°C em quinze dias, em condições que permitam o processo. Estas temperaturas estão diretamente relacionadas com a relação C/N. Materiais ricos em proteínas, com relação C/N baixa, se aquecem com mais rapidez e alcançam uma maior temperatura do que os materiais celulósicos, com relação C/N mais elevada (PEREIRA NETO, 1996).

2.4.1.2 Umidade

Os microrganismos necessitam de água para sobreviver e se desenvolver em qualquer meio. O excesso de umidade do composto pode ser reduzido pelos revolvimentos. Se o composto apresentar umidade excessiva (entre 60 e 70%), pode-se revolver a cada cinco dias. Se o composto estiver com uma baixa umidade (abaixo de 40%), deve-se fazer irrigação, a não ser que o processo de compostagem esteja em sua fase final. Em geral, o composto deve ser revolido a cada sete dias (HOWARD, 2007).

Segundo Kiehl (1985), a faixa ótima de umidade para a compostagem é entre 40 e 60%. O autor considera que umidades abaixo de 40% provocam uma decomposição mais lenta do material. Já Rodrigues et al. (2006), consideram a umidade ideal para a compostagem variando entre 50 a 60%. A granulometria do

material também influencia no teor de umidade do composto, pois quanto menor a dimensão da partícula, maior será sua superfície específica e assim apresentará um maior poder de absorção de água. Para Pereira Neto (1996), os teores de umidade devem ficar ao redor de 55%.

Se o material a ser compostado tiver muita água em sua composição, além de aumentar os riscos de produção de chorume, pode ocorrer uma fermentação anaeróbica, ocasionado pela baixa taxa de oxigênio em função do excesso de umidade. Este excesso reduz a penetração de oxigênio na leira porque a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando os seus micro e macroporos (ECO-CHEM, 2010). Neste contexto, cabe ressaltar que durante o processo de compostagem, a matéria orgânica vai sendo humificada, aumentando a sua capacidade de retenção de água (KIEHL, 1985).

Segundo Tiquia et al. (1996), o teor de umidade tem efeito significativo sobre a atividade microbiana e, conseqüentemente, sobre a temperatura da massa em compostagem. O teor de umidade entre 50 e 60% permite uma atividade microbiana significativamente maior do que níveis de umidade na ordem de 70%, devido às trocas gasosas e a penetração do oxigênio na massa em compostagem.

2.4.1.3 Aeração

A finalidade básica da aeração está em suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica e atuar, também, como agente de controle da temperatura. O revolvimento das leiras de compostagem proporciona um novo aporte de oxigênio ao sistema, e pode ser feito de forma manual ou mecânica, com o auxílio de uma pá ou enxada, ou ainda com um trator, acoplado-se um implemento que cumpra essa finalidade.

Dai Prá (2006) classifica a compostagem como aeróbia ou anaeróbia. Na aeróbia ocorre a decomposição dos resíduos orgânicos na presença de oxigênio e por microrganismos aeróbios, sendo caracterizada pela alta temperatura desenvolvida na massa de compostagem, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxigenação e oxidação, com a liberação de gás carbônico e água (KIEHL, 2004). Segundo o mesmo autor, a camada mais externa da pilha geralmente apresenta níveis de oxigênio semelhantes aos do ar atmosférico

(18 a 20%), já as camadas mais internas apresentam menor teor de oxigênio e maior teor de gás carbônico.

Baixos teores de oxigênio ocasionam a morte de microrganismos aeróbios, sendo estes logo substituídos pelos anaeróbios, acarretando em uma decomposição mais lenta, com provável formação de mau cheiro e aparecimento de moscas. Morselli (2009), diz que existem alguns mecanismos que podem ser usados para melhorar a aeração das pilhas, montes ou leiras, como a construção de pisos com tijolos ou ladrilhos, deixando espaço para o escoamento do excesso de umidade; colocação de canos de PVC com furos no interior da pilha para melhorar a aeração ou ainda, de modo mais sofisticado, promover a injeção de ar forçado.

De acordo com Peixoto (1988), um suprimento de ar adequado ao material a ser compostado é essencial para liberar o gás carbônico produzido pela respiração dos microrganismos. Esta renovação é importante porque o teor de gás carbônico existente no interior da leira pode chegar a concentrações 100 vezes maiores de que o seu conteúdo normal no ar atmosférico, podendo levar à anaerobiose (KIEHL, 2004).

Segundo Morselli (2009), materiais de granulometria grosseira e consistência firme são mais resistentes ao processo de decomposição, portanto garantem melhor aeração devido a não compactarem com facilidade pela pressão exercida pelas camadas superiores de material. Já materiais mais tenros e de granulometria mais fina, tendem a entrar em decomposição mais rapidamente do que os anteriormente citados, não permitindo boa aeração.

2.4.1.4 Relação C/N

Ao preparar o material a ser compostado deve-se ter em mente a proporção entre os materiais ricos em carbono e materiais ricos em nitrogênio que se pretende colocar no sistema de compostagem. A relação C/N tem sido usada como parâmetro de maturação por vários autores (KIEHL, 1985; BERNAL et al., 1998; NAMKOONG et al., 1999; BENITO et al., 2003; HUANG et al., 2004). A melhor relação entre C/N em uma pilha de compostagem está em torno de 25 a 30 partes de carbono para uma parte de nitrogênio. Em termos práticos, isso significa que quase todo o material a ser adicionado deve ser carbonáceo. Uma pilha com uma relação C/N muito superior a 25 ou 30 levará bastante tempo para se decompor. Se a relação

C/N é muito baixa, ou seja, se tiver muito nitrogênio, a pilha poderá liberar este excesso na forma de gás de amônia com forte cheiro. Entretanto, a relação C/N não precisa ser exata. Brito (2003), afirma que a relação C/N não pode ser considerada um indicador absoluto do estado de maturação de um composto e deve ser interpretada de acordo com as características iniciais dos materiais orgânicos utilizados no processo. Rivera-Rosario (2003) afirma que o tipo e a composição do material compostado influenciam na relação C/N do produto final, podendo apresentar variações de 5/1 a 20/1.

Os microrganismos utilizam trinta partes de carbono para uma de nitrogênio. O carbono é utilizado como fonte de energia, sendo dez partes incorporadas ao protoplasma celular e vinte partes eliminadas como gás carbônico, enquanto o nitrogênio é assimilado na estrutura microbiana na proporção de dez partes de carbono para uma de nitrogênio (Morselli, 2009). O C é uma fonte energética para o metabolismo e também constitui o material básico para a construção de células microbianas, perfazendo cerca de 50% da sua massa total (RODRIGUES et al, 2006). Conforme Cerri et al. (1992), o C é o elemento predominante nos resíduos vegetais, encontrando-se em menor proporção nos tecidos animais, mas Rodrigues et al. (2006), afirmam que C pode estar retido na forma de compostos altamente resistentes à degradação microbiológica, como a celulose, que apresenta uma estrutura simples e necessita de um pequeno número de enzimas para a sua degradação pelos microrganismos. Já a lignina é um polímero mais complexo e sua degradação pelos microrganismos é bastante dificultada. O N, por sua vez, é crucial na formação de proteínas, ácidos nucléicos, aminoácidos e enzimas necessárias para o crescimento e funcionamento celular (ALEXANDER, 1977; RODRIGUES et al., 2006).

Caso a relação C/N seja muito elevada, ou seja, com excesso de carbono, este vai sendo consumido e eliminado, enquanto o nitrogênio vai sendo reciclado, pois os microrganismos que vão morrendo terão seu nitrogênio reutilizado. Com o conhecimento desta relação pode-se avaliar o grau de fertilidade do material, pois dos muitos elementos necessários para o bom desenvolvimento dos microrganismos o C e o N são considerados os mais importantes (HAMMOUD e ADAMS, 1989; LANDGRAF et al., 2005).

A relação considerada ótima pela maioria dos autores para o processo de compostagem tem sido de 30:1, sendo que quanto mais afastados forem os valores

de C e N desta relação, mais difícil será o processo. Se a relação C/N do material for muito elevada (muito acima de 30:1), é recomendada a adição de materiais com boa quantidade de nitrogênio visando baixar essa proporção. Por outro lado, relações C/N muito baixas provocam perdas de nitrogênio sob a forma de amônia. Vários pesquisadores concordam que o composto atingiu a fase de bioestabilização quando a relação C/N está em torno de 18/1, e que o composto está humificado quando sua relação C/N está em torno de 10/1 (KIEHL, 1985; NAMKOONG et al., 1999; BENITO et al., 2003; HUANG et al., 2004).

2.4.1.5 Microrganismos

Os principais microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica são bactérias, fungos e actinomicetos. Alguns pesquisadores afirmam que tais microrganismos transformam a matéria orgânica *in natura* em húmus, alimentando-se de macro e micronutrientes presentes na massa em compostagem (TAUK, 1990; KIEHL, 2004). Fatores como substâncias químicas presentes, disponibilidade de oxigênio, teor de umidade, temperatura, relação C/N e pH, é que definirão a presença e manutenção das populações de microrganismos em um determinado composto. À medida que determinadas substâncias vão sendo decompostas, dão origem a outras e, a partir daí, certas populações de microrganismos vão morrendo, dando lugar a uma nova população, porém de classe diferente, que dará continuidade ao processo. É praticamente impossível identificar todos os organismos presentes no processo de compostagem (MILLER, 1992) já que este é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos, devido às modificações que vão ocorrendo nas condições do meio durante o processo.

No início, na fase mesofílica, predominam bactérias e fungos produtores de ácidos que, logo que o material atinge temperaturas termofílicas, cedem lugar a outra classe de microrganismos (MORSELLI, 2009). Estes suportam, além das temperaturas elevadas, o pH desta fase de decomposição. Pereira Neto (2007) afirma que a intensidade da atividade dos microrganismos decompositores, no processo de compostagem, está estritamente relacionada à diversificação e a concentração de nutrientes e, de acordo com o mesmo autor (1996), os microrganismos regulam automaticamente os valores extremos de pH dos

substratos, por meio da degradação de compostos que produzirão subprodutos ácidos ou básicos, em função da necessidade do meio.

Quando o material começa a receber revolvimentos com certa frequência, ocorre um aumento na disponibilidade de oxigênio, fazendo com que os microrganismos aumentem sua atividade metabólica, causando uma elevação na temperatura da pilha. Se o material for revolvido com bastante frequência a temperatura pode atingir até 75°C, contudo se o material tiver um menor aporte de oxigênio, as temperaturas não deverão passar de 55-60°C (KIEHL, 1985). A predominância de determinadas espécies de microrganismos e a sua atividade metabólica determina a fase em que se encontra o processo de compostagem (MILLER, 1992).

Os principais nutrientes encontrados nos resíduos vegetais e animais estão na forma orgânica e são decompostos em diferentes estágios, com diferentes intensidades e por diferentes populações de microrganismos (KIEHL, 1985).

2.4.1.6 pH

O pH do composto pode ser indicativo do estado de maturação do processo de compostagem. De acordo com PRIMAVESI (1981) e RODRIGUES et al. (2006) a faixa de pH entre 5,5 e 8,5 é a considerada ótima para a compostagem, devido a maioria das enzimas estarem ativas nesta faixa. Porém, Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, pois os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzirão subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio.

Segundo Valente (2008) em estudos com carcaças avícolas e cortes nobres de frangos de corte misturados à maravalha e submetidos ao processo de compostagem, em geral uma leira de matéria orgânica tem inicialmente reação ácida, em função da maioria dos materiais de origem orgânica utilizados na compostagem serem de natureza ácida. Ainda no início da decomposição formam-se ácidos orgânicos, e ocorre a incorporação de carbono orgânico ao protoplasma celular microbiano, tornando o meio mais ácido em relação ao inicial. Nesta fase desenvolvem-se microrganismos mesófilos, que elevam a temperatura da massa em compostagem à aproximadamente 40- 45°C e, em decorrência de sua atividade,

liberam também C orgânico na forma de CO₂ para a atmosfera (TUOMELA; VIKMAN; HATAKKA, 2000). Já Gorgati (2001) afirma que o pH alcalino no início do processo pode provocar perdas de N pela volatilização de amônia.

2.4.1.7 Granulometria

O termo granulometria refere-se à dimensão ou tamanho da partícula e é de extrema importância no processo de compostagem, pois sendo este um processo microbiológico a intensidade do ataque microbiano está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior é a área de ataque disponível para os microrganismos, acelerando o processo de decomposição (KIEHL, 1985). Assim, tende-se a pensar, que partículas menores proporcionam melhores condições para o bom desenvolvimento do processo. Pereira Neto (1996) afirma que, se condições de compactação e anaerobiose não prejudicassem o andamento do processo, as dimensões ideais seriam as microscópicas. Desta forma, Rodrigues et al. (2006) explicam que materiais com granulação muito fina geram poucos espaços porosos, dificultando a difusão de oxigênio no interior da leira, favorecendo a anaerobiose. É difícil estabelecer uma granulometria ótima para a compostagem, pois depende da particularidade de cada material envolvido no processo. Pereira Neto (2007) conclui que as partículas da massa em compostagem devem situar-se entre 10 e 50 mm, concordando com Morselli (2009), que diz que as partículas a serem compostadas devem apresentar um diâmetro médio de 35 mm.

Quando se realiza a mistura de substratos deve-se considerar a capacidade de absorção dos materiais utilizados. A maravalha e a serragem são materiais bastante utilizados em sistemas de compostagem, e apresentam particularidades diferentes em relação à capacidade de absorção de líquidos. Essa diferença pode ser associada à diferença apresentada entre suas densidades e granulometrias. A maravalha apresenta densidade menor e granulometria maior do que a serragem (DAÍ PRÁ, 2006). Assim, segundo Valente (2008), verifica-se que a serragem por ser mais densa e ter um menor tamanho de partícula, tem maior capacidade de absorção de líquidos. Porém, este fato pode levar a compactação da mistura, diminuindo o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, o que prejudicará o aumento da temperatura durante o processo, afirma a autora.

2.4.1.8 Dimensão das leiras

O correto dimensionamento das leiras é um importante fator no processo de compostagem, pois junto com aeração e umidade, exerce uma forte influência sobre o comportamento da temperatura. Segundo Rodrigues et al. (2006), as leiras devem ter um tamanho suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade e, ao mesmo tempo, permitir uma boa circulação de ar. Isso permitirá que as leiras atinjam temperaturas satisfatoriamente altas e não ocorra a produção de chorume e/ou mau cheiro.

De acordo com Kiehl (2004) e Pereira Neto (1996), a altura das leiras deve ficar entre 1,5 m e 1,8 m. À medida em que o processo avança, o volume de material tende a se reduzir podendo, segundo Morselli (2009), baixar de 1/6 a 1/3 da altura inicial e o volume total diminuir de 20 a 60%.

Nunes (2003), trabalhando com compostagem de dejetos suínos, verificou que leiras com dimensões de 2,60 m de comprimento, 2,00 m de largura e 1,00 m de altura, mantiveram-se com temperatura entre 40°C e 55°C por um longo período, registrando-se elevações médias de 10°C, logo após a incorporação de dejetos aos substratos maravalha e serragem. Em pilhas mais largas consegue-se obter uma maior altura, possibilitando que atinjam maiores temperaturas. Entretanto, deve-se ficar atento a pilhas muito altas, pois estas podem causar compactação do material e, também, a pilhas baixas demais, pois perdem calor muito rápido e não atingem temperaturas adequadas ao processo.

Valente (2008), estudando a compostagem de carcaças e de cortes nobres de frangos de corte, utilizando a cama de aviário como material celulósico, confeccionou, na segunda fase do processo, leiras nas dimensões de 1,60 m de largura, 1,00 m de altura e 3,00 m de comprimento, com revolvimentos e regas realizados a cada 7 dias, verificando uma variação de temperatura de 40°C a 70°C. Segundo a mesma autora, uma altura mínima de 0,80 m deve ser respeitada, abaixo da qual não existem condições adequadas para a formação e manutenção da temperatura.

2.4.2 Maturação e qualidade do composto

A maturação é o resultado de uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica, não apresentando características e propriedades que o torne inadequado para o uso agrícola (KIEHL, 2004), sendo que um composto maduro não deve produzir efeitos inibitórios ou fitotóxicos (MILLER, 1992). Na maioria dos casos é possível realizar a compostagem a partir dos resíduos agrícolas. O maior problema, segundo Emerson (2004), é com os resíduos de origem urbana e industrial, que geralmente são contaminados por produtos químicos ou constituem-se em materiais grosseiros. Silva (2005) afirma que não existe consenso sobre um método único, aceito por pesquisadores da área, para determinar o grau de maturação de um composto.

Vários fatores interferem ou influenciam a decomposição, a maturação e a qualidade do produto final, podendo-se citar a umidade, a temperatura, a aeração, a relação C/N e o tipo de resíduo orgânico utilizado. Muitos desses fatores podem ser controlados durante o processo de decomposição, mas a qualidade do produto final é totalmente dependente da qualidade da matéria-prima de origem (LOPEZ-REAL, 1994; SAVAGE, 1996; MERILLOT, 1996; RODRIGUES, 1996).

Pereira Neto (2007) afirma que o uso de adubo não maturado pode ocasionar vários efeitos nocivos às plantas e ao solo, podendo danificar as raízes das culturas; a alta relação C/N, que ocasionará a redução bioquímica de N do solo; e a contaminação por possíveis patógenos. Entretanto, para HAUG (1993), a estabilização não deve ser completa, já que o valor do composto orgânico como adubo depende, em parte, do seu conteúdo orgânico.

Para a segura e eficiente utilização do composto de resíduos orgânicos, este deve estar devidamente estabilizado. A matéria orgânica inicial deve ser convertida para uma forma mais resistente à degradação, contendo quantidades mínimas de componentes tóxicos e contaminantes (inertes e metais pesados) e ser livre de patógenos de plantas e animais (PARR e PAPENDICK, 1982; ZUCCONI & BERTOLDI, 1987; SENESI, 1989; LOPEZ-REAL, 1990; DICK e McCOY, 1993). Deve também satisfazer tanto as agências regulatórias quanto as especificações de mercado (SAVAGE, 1996).

Em 2005, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA publicou o decreto no. 4.954, que regulamentou a lei no. 6.894, de 16 de dezembro

de 1980, e dispôs sobre a inspeção e fiscalização da produção, bem como do comércio de fertilizantes orgânicos, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, produzidos e comercializados no Brasil. A partir daí, em de 31 de agosto de 2005, foi publicada a instrução normativa nº 23, onde foram apresentadas as classes e os padrões de qualidade específicos para os fertilizantes orgânicos. Nela foram estabelecidas as garantias que deve apresentar o fertilizante orgânico para ser comercializado, dentre elas a matéria orgânica total (mínimo de 40%), o nitrogênio total (mínimo de 1%), o pH (mínimo de 6,0), a relação C/N (máximo de 18/1) e a umidade (máximo de 50%).

Deve-se levar em consideração o fato de que mesmo que muitos compostos produzidos não apresentem uma alta qualidade, o fato destes resíduos alterarem sua rota tradicional de descarte, já pode ser considerado um benefício extremamente vantajoso para o meio ambiente. A produção de compostos pode ser considerada, então, um benefício extra ao processo que contribui para a maior sustentabilidade do sistema. O processo de compostagem transforma a matéria orgânica crua em um produto estabilizado e, ainda que tivesse sua destinação aos aterros sanitários, por ter pouca qualidade, o processo levaria vantagem em relação à disposição direta no solo, pela diminuição da massa em volume e pelo reduzido potencial de contaminação. Para melhorar a qualidade do composto é preciso não apenas uma legislação específica, mas também obter um maior controle sobre sua produção e comercialização. Alguns autores defendem a importância da normatização das análises, tanto físicas quanto químicas, com a finalidade de padronizar os métodos de avaliação da qualidade dos compostos, situação que ainda não ocorre e dificulta uma discussão mais aprofundada sobre o real valor do composto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento

O estudo consistiu de dois tratamentos: T1 – composteira constituída por mistura de material celulósico (50% de serragem e 50% de maravalha) e resíduos de abatedouro, acondicionados em uma estrutura denominada de célula A (CA); e, T2 – composteira constituída pela mistura de maravalha e resíduos de abatedouro, dispostos na célula B (CB). Os materiais experimentais foram distribuídos de maneira aleatória às unidades experimentais, sendo que cada uma das unidades teve cinco repetições, tanto no primeiro, como no segundo estágio. As repetições foram os pontos de coleta durante o período experimental.

3.2 Local e duração do experimento

O experimento foi conduzido durante o período de junho a novembro de 2011, no Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Professor Dr. Renato Rodrigues Peixoto (LEEZO) do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, localizado em área pertencente à EMBRAPA – Clima Temperado, situado na região sul do Rio Grande do Sul, no município de Capão do Leão/RS, cujas coordenadas são: latitude 31° 52' 00" S, longitude 52° 21' 24" W e altitude 13,24 m, segundo a ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA da UFPEL.

3.3 Material experimental

Foram utilizados materiais de origem vegetal (serragem e maravalha), como fonte de carbono a ser incorporado ao processo e materiais de origem animal como fonte de nitrogênio, a fim de se obter uma relação C/N adequada para uma decomposição eficiente.

3.3.1 Resíduos orgânicos de origem vegetal

3.3.1.1 Maravalha

Utilizou-se maravalha produzida pelo beneficiamento e plainagem de tábuas de pinus (*Pinus spp.*), com tamanho variando entre 2 e 3 cm. Este material foi utilizado na primeira e última camada de ambos os experimentos. Na primeira camada (inferior), para evitar a sua compactação e para absorver a formação de chorume, caso este fosse formado e, na última (superior), para evitar a proliferação de odores e tornar o material menos atrativo para insetos.

3.3.1.2 Serragem

Utilizou-se serragem proveniente do beneficiamento de toras de eucalipto (*Eucalyptus spp.*).

3.3.2 Resíduos orgânicos de origem animal

3.3.2.1 Resíduos de abatedouro

Foram utilizados resíduos do abate de bovinos de corte e também órgãos de animais condenados pela inspeção sanitária. O material experimental de origem animal usado no processo foi composto de vísceras, rúmen, conteúdo ruminal e intestinos, fetos e placentas, além de rins, pulmões, traquéia, baço e fígado (Fig. 1).



Figura 1 - Resíduos do abate de bovinos e órgãos condenados pela inspeção sanitária. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

3.4 Montagem do experimento

O experimento ocorreu em dois estágios. O primeiro foi realizado em duas estruturas de alvenaria, impermeabilizadas, com dimensões de 2,20m (c) x 1,70m (h) x 1,20m (L), e pé direito de 2,50m, denominadas de células de compostagem ou composteiras (Fig. 2). A parte superior das composteiras era aberta e protegida por uma estrutura telada, permitindo ventilação e proteção contra a entrada de animais. A parte frontal foi construída com tábuas móveis para facilitar o seu preenchimento com as camadas de material experimental, submetidos ao processo de compostagem (Fig. 2). Este estágio teve duração de 66 dias.



Figura 2 - Parte frontal da composteira constituída de porta com tábuas móveis. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

O segundo estágio foi realizado em um galpão, sem paredes laterais, cercado por um alambrado com tela para evitar a entrada de animais e com o piso impermeabilizado por uma lona plástica (Fig. 3). Formou-se uma leira de cada experimento com material do primeiro estágio, nas dimensões de 3m (c) x 1,60m (L) x 1m (h). Este estágio teve duração 84 dias.



Figura 3 - Vista do galpão sem paredes laterais, para formação das leiras. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

3.4.1 Manejo dos materiais experimentais

Para facilitar a reprodução do experimento em escala real, voltada para abatedouros e/ou pequenos produtores que tenham abates esporádicos em suas propriedades, adotou-se colocar o correspondente, em peso, a uma camada de 10 cm de altura de material de acordo com a densidade de cada um dos materiais utilizados (tab. 1).

Calculou-se o volume de material experimental que seria colocado em cada uma das camadas, determinando-se em quilos (kg) o correspondente a este volume. A partir daí, procedeu-se com a pesagem e preenchimento das células de compostagem. Formaram-se camadas intercalando-se o material celulósico (maravalha + serragem) e resíduos de abate, para a célula A; e maravalha e resíduos de abate para a célula B. Para a primeira (inferior) e última camada (superior), o cálculo de material adicionado foi feito para uma camada de 15 cm.

Tabela 1 - Densidade dos materiais experimentais.

Material	Densidade (g cm ⁻³)
Resíduos de abate	0,999
Serragem	0,333
Maravalha	0,111

A proporção de material celulósico (serragem + maravalha) adicionada à célula A foi de 50:50, em volume. Como cada camada, para efeito de cálculo tinha 10 cm de altura, adotou-se o volume ocupado por 5 cm de cada um destes materiais, ou seja, 43,95 kg de serragem e 14,65 kg de maravalha, por camada, correspondendo a 58,6 kg da mistura em cada camada. Foram oito camadas, totalizando 468,8 kg. A mistura foi homogeneizada antes de ser disposta sobre as camadas (Fig. 4). Somando-se a isso, as duas camadas de maravalha (camadas 1 e 8), ambas com 44 kg cada uma ($44 \times 2 = 88$ kg). O total de material celulósico na célula A foi de 556,8 kg.



Figura 4 - Homogeneização da mistura (serragem + maravalha). UFPel, Pelotas, RS, 2011.

A célula B recebeu oito camadas de 29,3 kg de maravalha, mais duas camadas de 44 kg de maravalha cada uma (camadas 1 e 8). Dessa forma, a célula B ficou com 322,4 kg (234,4 kg + 88 kg) de material celulósico.

Cada camada com resíduos de abate pesou 42,8 kg, totalizando 342,4 kg dispostos em oito camadas, sendo que cada uma das células recebeu a mesma quantidade deste material.

Os resíduos animais foram cortados em dimensões menores para aumentar a superfície específica do material, facilitando o ataque microbiano. Os 42,8 kg de cada camada foram divididos em pequenos montes distantes 10 cm entre si e das paredes da composteira (Fig. 5), ficando o material disposto em 15 montes por camada, pesando aproximadamente 2,8 kg cada um. Optou-se colocar esse material em montes, e não em uma camada homogênea, para permitir uma melhor oxigenação da composteira e evitar uma degradação anaeróbia. Cada monte tinha, aproximadamente, 30 cm de diâmetro e 10 cm de altura.



Figura 5 - Disposição dos montes dentro da composteira. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

A altura da pilha na célula A foi de 65 cm e na célula B foi de 70 cm. O total de material experimental disposto na célula A foi 899,2 kg (556,8 kg + 342,4 kg) e,

na célula B, 664,8 kg (322,4 kg + 342,4 kg), conforme o esquema encontrado nos apêndices (Fig. 1 e 2).

Foram colocados canos de PVC de 20 mm de diâmetro e 1 m de comprimento, numerados e fechados em uma das extremidades para que não entrasse material em seu interior. Os canos foram dispostos a uma distância de 30 cm entre si e a lateral da parede da composteira para demarcar cada ponto de coleta e de aferição de temperatura. Cada cano foi parcialmente perfurado a uma altura de 25 cm para permitir que a produção de calor gerada durante o processo pudesse penetrar em seu interior, a fim de possibilitar sua aferição, e uma tampa de PVC, para impedir a dissipação de calor para o meio externo (Fig. 6 e 7).



Figura 6 - Canos de PVC perfurados a 25 cm de altura. UFPel, Pelotas, RS, 2011.



Figura 7 - Marcação dos pontos de coleta e aferição de temperatura. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Após 64 dias o material foi retirado das células para dar início ao segundo estágio, com a formação das pilhas ou leiras de compostagem. O material foi pesado adicionando-se 30% de seu peso em água para cada pilha. A pilha A pesou 640 kg e adicionou-se 192 L de água. A pilha B pesou 525,5 kg e adicionou-se 158 L de água. Formaram-se as leiras sob um galpão coberto, sem paredes laterais. Tábuas de madeira foram usadas nas laterais das pilhas com o objetivo de facilitar a sua montagem e manutenção (Fig. 8).



Figura 8 - Formação das pilhas de compostagem no galpão. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

No segundo estágio, com duração de 84 dias, adotou-se fazer revolvimentos e adição de água a cada 7 dias para a manutenção da umidade e aeração. A proporção de água adicionada a cada revolvimento foi mantida em 30% do peso inicial das pilhas. A entrada de ar e água possibilitou um novo ataque microbiano, levando as pilhas a atingirem temperaturas termófilas. Passados 150 dias de compostagem, contados a partir do primeiro dia do processo, quando mesmo após revolvimentos e regas a temperatura não se elevou mais, considerou-se o experimento finalizado.

3.4.2 Coleta de amostras

Foram realizadas seis coletas, sendo que a primeira amostragem correspondeu às matérias-primas iniciais (maravalha, serragem e resíduos de abate). Como os resíduos de abate são muito heterogêneos, dada a diversidade de órgãos e tecidos, obteve-se a amostra inicial a partir de uma mistura de pedaços dos órgãos que compõem o resíduo. A caracterização físico-química das matérias-primas é apresentada na tab. 2.

Tabela 2 - Caracterização físico-química das matérias-primas iniciais utilizadas no processo de compostagem. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Variáveis	Resíduos de abate	Serragem	Maravalha
pH	-	6,65	3,90
MS (%)	16,8	48,84	79,22
Umidade (%)	83,2	51,16	20,78
M.O. (%)	95,24	99,55	97,74
Cinzas (%)	4,76	4,5	2,26
N (g kg ⁻¹)	83,4	2,79	2,85
C(%)	52,9	55,31	54,3
C/N	6,34	198,1	190,5
P (g Kg ⁻¹)	-	1,92	1,9
K (g Kg ⁻¹)	-	3,58	2,92
Mg (g Kg ⁻¹)	-	4,22	4

MS (Matéria seca); MO (Matéria orgânica); CZ (Cinzas); N (Nitrogênio); C (Carbono); P (Fósforo); K (Potássio); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio).

As demais coletas foram realizadas nos pontos demarcados, nos seguintes períodos: aos 30 dias e 60 dias do primeiro estágio; e aos 90, 120 e 150 dias, que compreenderam o segundo estágio de compostagem. As coletas foram realizadas após a aferição da temperatura, nas datas previstas. Para isso, foi introduzido um tubo de PVC com diâmetro de 50 mm em cada ponto de aferição, sendo possível coletar toda a coluna de material pertencente a cada ponto (Fig. 9). Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em embalagens plásticas, identificadas e refrigeradas. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e no Laboratório de Química do Solo, ambos pertencentes à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).



Figura 9 - Coleta de amostras com tubo de PVC de 50 mm de diâmetro. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Temperatura da biomassa

As avaliações da temperatura da biomassa foram realizadas com o auxílio de um termohigrômetro digital da marca J-Prolab, com precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ para temperatura e $\pm 5\%$ para umidade relativa do ar, em um período do dia, sendo às 12:00h para o tratamento 1 e às 12:30h para o tratamento 2. A temperatura foi aferida a 25 cm da base da composteira, com a sonda metálica do mesmo termohigrômetro, que foi fixado a uma vara de bambú com o auxílio de uma fita. A sonda metálica foi introduzida após a retirada da tampa superior de cada cano de PVC, onde permaneceu por 5 minutos em cada um dos cinco pontos de aferição (Fig. 10).



Figura 10 - Aferição da temperatura em um dos pontos na célula de compostagem. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

3.5.2 Temperatura ambiente e umidade relativa do ar

Durante a condução dos experimentos, as informações relativas à temperatura ambiente do ar média diária e à umidade relativa do ar média diária foram obtidas junto à Estação Agroclimatológica da UFPEL, situado no município de Capão do Leão/RS.

3.5.3 Análises físico-químicas

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, foram analisados o potencial hidrogeniônico (pH), a matéria seca (MS), a umidade, as cinzas (CZ), a matéria orgânica total (MO), o carbono total (C), o nitrogênio total (N), a relação C/N e foi realizado o preparo da solução mineral.

Os macrominerais, como o fósforo total (P), o magnésio total (Mg) e o potássio (K) foram determinados no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos.

As metodologias utilizadas para a determinação das variáveis estudadas são descritas a seguir:

3.5.3.1 pH

O pH foi determinado em água, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (2004).

3.5.3.2 Umidade

Foi determinada em relação à temperatura de secagem de 55-65°C, aplicando-se a equação **U = 100 - % de matéria seca**, conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004).

3.5.3.3 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado pela combustão total da matéria orgânica em forno mufla a 600°C por aproximadamente 2h ou até que se obtivesse uma cinza clara, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (2004).

3.5.3.4 Matéria orgânica total

Conforme metodologia proposta por Kiehl (1985), o teor de matéria orgânica foi obtido pela equação **MO = 100 - % de cinzas**.

3.5.3.5 Carbono orgânico total

O teor de carbono orgânico total foi obtido pelo fator de Bemmelen, ou seja: **C = MO/1,80**, descrito por KIEHL (1995).

3.5.3.6 Nitrogênio total

O nitrogênio total foi determinado através da digestão com ácido sulfúrico e com o auxílio do aparelho Micro Kjeldahl (SILVA e QUEIROZ, 2004).

3.5.3.7 Relação C/N

A relação C/N foi obtida pela divisão da % de carbono total pela % de nitrogênio total, conforme Tedesco et al. (1995).

3.5.3.8 Fósforo total

Foi determinado pela análise da solução mineral, após digestão em peróxido de hidrogênio, através do espectrofotômetro ultravioleta visível (TEDESCO et al., 1995).

3.5.3.9 Magnésio total

Foi determinado através da análise da solução mineral, após digestão em peróxido de hidrogênio, através do espectrofotômetro de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995).

3.5.3.10 Potássio

Foi obtido pela análise da solução mineral, após digestão em peróxido de hidrogênio, através da fotometria de chama (TEDESCO et al., 1995).

3.5.4 Análise estatística

A análise dos dados de foi realizada pelo procedimento análise de medidas repetidas. Foram obtidas as médias dos efeitos principais e das interações duplas (tratamento x período de tempo) e as comparações das médias foram realizadas pelo teste LS Means ($p < 0,05$). Para a modelagem da matriz de variância e covariância, foram testadas três estruturas: 1) auto regressiva de primeira ordem; 2)

simetria composta; 3) não estruturada. Na escolha da matriz de variância e covariância, utilizou-se o critério de informação de akaike selecionando a que possuiu menor valor para este parâmetro. Também foram estimadas as funções de regressão linear quadrática ou cúbica, para temperatura de compostagem e seus respectivos coeficientes de determinação considerando-se o período de tempo (dias) uma variável independente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no experimento, para as variáveis analisadas, são apresentados e discutidos a seguir. Como se observa em alguns parâmetros, embora as diferenças entre as médias dos tratamentos sejam menores aos 150 dias (final do processo) do que aos 30 dias (início do processo), elas foram significativamente diferentes, o que não ocorreu no início do processo. Isso se explica pelo coeficiente de variação dos resultados das amostras ser muito menor aos 150 dias de compostagem para estes parâmetros em que se observa este comportamento, demonstrando que o material neste período é muito mais homogêneo em sua composição do que aos 30 dias.

4.1 Temperatura da biomassa e temperatura do ar

Pode-se perceber que houve um aumento na temperatura da biomassa nos primeiros dias de compostagem, para ambos os tratamentos (tab.3). Resultados semelhantes foram encontrados por Valente (2008), em trabalho com compostagem de frangos de corte, que observou o rápido aumento da temperatura nos primeiros dias de experimento. Este comportamento indica que fatores como a relação C/N, o teor de umidade, a granulometria do material, o tipo de composto orgânico utilizado e as dimensões do material no interior das células encontravam-se satisfatórios para um desenvolvimento adequado do processo.

Verifica-se que, para ambos os tratamentos, a temperatura aumentou até a segunda semana do processo, mantendo-se em declínio até o final do primeiro estágio (tab. 3). Isso pode ter ocorrido em função da estrutura física das células de compostagem utilizadas no primeiro estágio não permitirem um aporte adequado de oxigênio ao sistema, concordando com Murphy (1991), que afirma que no primeiro

estágio há uma compactação natural dos materiais, provocando a expulsão do oxigênio.

Tabela 3 - Temperaturas médias semanais durante o primeiro estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (semanas)	Temperatura (°C)		
	Tratamento A	Tratamento B	Ambiente
1	26,3	31,6	17,3
2	39,8	41,9	20,3
3	39,3	34,3	17,4
4	38,6	30,4	10,5
5	38,3	29,0	15,7
6	38,0	29,6	17,9
7	36,4	26,4	15,3
8	34,3	22,9	17,7
9	30,9	19,1	11,9
10	29,6	20,8	18,7

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

Após o período de dez semanas, o material experimental foi transferido para o galpão onde foram formadas as leiras de compostagem, dando-se início ao segundo estágio. A transferência foi realizada nesse momento por que a temperatura da biomassa apresentava declínios progressivos ao longo dos dias, indicando que já não existiam condições ótimas para o desenvolvimento de microrganismos termófilos. Essas observações são corroboradas por Vinneras; Jonsson (2002), os quais afirmam que na medida em que os teores de carbono vão diminuindo, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente, reduzindo a atividade desses microrganismos.

A Fig.11 ilustra o comportamento térmico da biomassa e pode ser explicado através das equações apresentadas, demonstrando que a temperatura aumentou rapidamente na primeira semana, atingindo o pico entre a segunda e a terceira semana, indicando que o processo estava se desenvolvendo adequadamente.

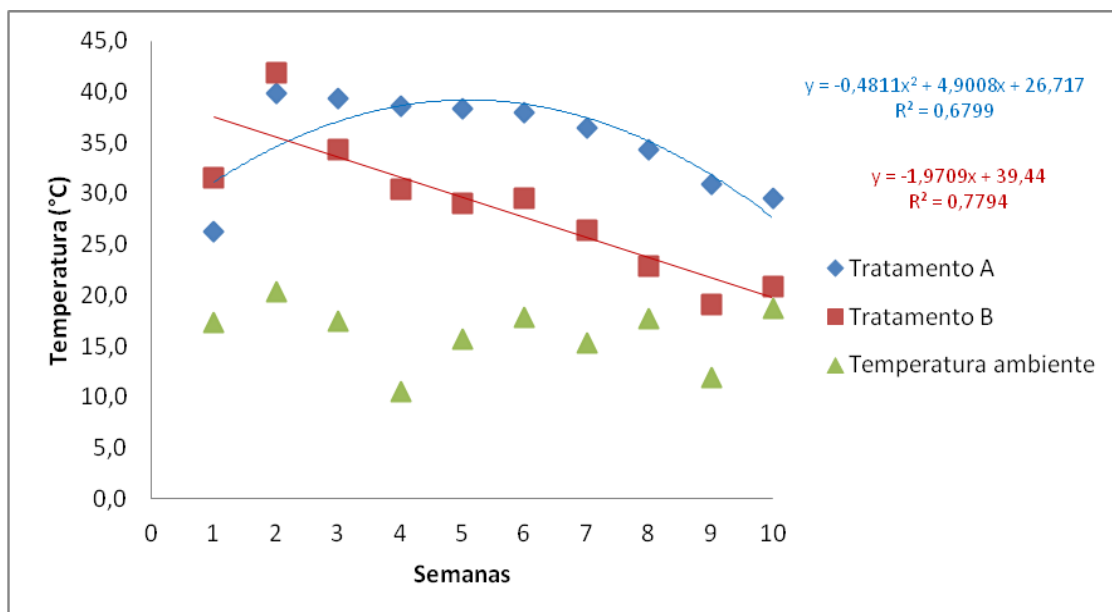


Figura 11 - Comportamento térmico da biomassa durante o primeiro estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

Percebe-se que a temperatura de ambos os tratamentos aumentou em relação ao primeiro estágio (tab. 3 e 4), após esta prática ter sido adotada. Ao final do primeiro estágio, a temperatura média para o tratamento A foi de 29,6°C e para o tratamento B, 20,8°C. Com o aporte de água e oxigênio, proporcionados pelos revolvimentos e regas, as temperaturas atingiram 52,1°C e 42,7°C, para os tratamentos A e B, respectivamente, já na primeira semana. Dai Prá (2006) trabalhando com dejetos de suínos, observou um aumento da temperatura da biomassa em compostagem, com revolvimentos a cada três dias.

Tabela 4 - Temperaturas médias semanais durante o segundo estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (semanas)	Temperatura (°C)		
	Tratamento A	Tratamento B	Ambiente
11	52,1	42,7	19,2
12	46,1	42,1	14,6
13	43,6	37,7	15,5
14	41,9	35,8	18,3
15	40,0	33,5	17,6
16	34,4	33,0	17,6
17	29,4	29,4	17,4
18	27,7	28,0	18,5
19	25,7	25,7	20,2
20	25,6	24,1	20,9
21	25,8	24,0	23,0

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

As temperaturas mais altas durante todo o período experimental foram registradas durante as primeiras semanas do segundo estágio, indicando desenvolvimento de microrganismos termófilos, favorecidos pelo aumento da umidade e oxigênio, proporcionados pelo manejo adotado. Considerando esta questão, Pereira Neto (1994) afirma que a realização de revolvimentos frequentes no segundo estágio de compostagem promove a aeração mais uniforme e efetiva, o que favorece o aumento da temperatura.

A temperatura permaneceu na escala termófila para ambos os tratamentos durante várias semanas, sendo este um fator importante para a destruição de microrganismos patogênicos e sementes indesejáveis, concordando com Ecosteguy et al. (1993), que afirmam que temperaturas termófilas quando mantidas no processo de compostagem, por um período acima de duas semanas, podem ser usadas como indicativo de inativação de microrganismos patogênicos. O comportamento da temperatura permitiu o ajuste de equações de regressão (fig.12), e percebe-se pela curva uma queda gradativa na temperatura ao longo do período.

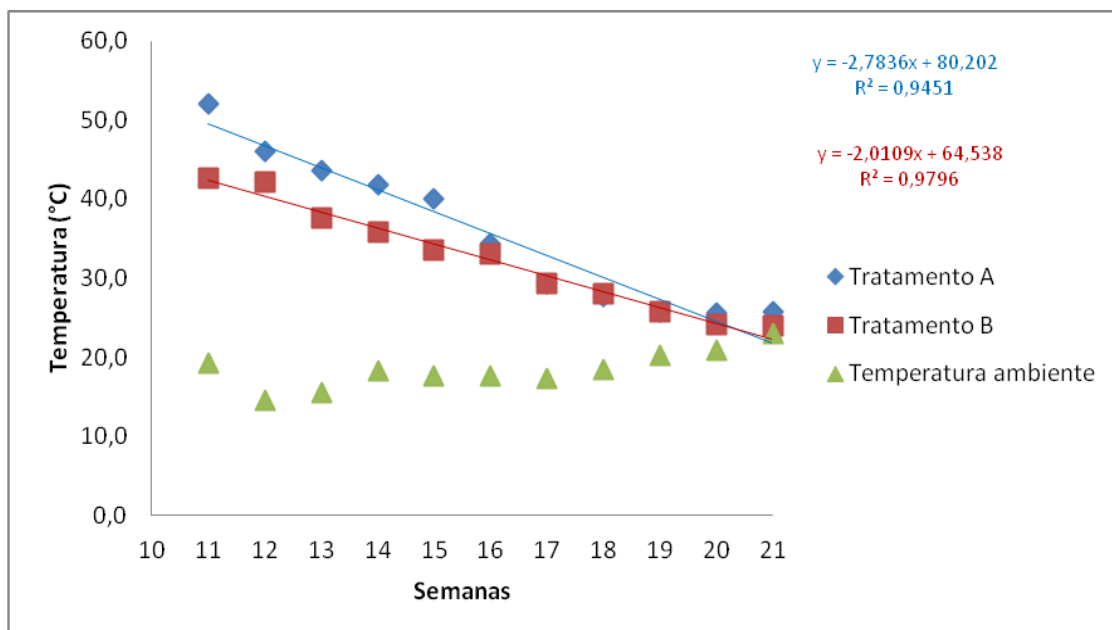


Figura 12 - Comportamento térmico da biomassa durante o segundo estágio da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

A temperatura ambiente não influenciou a temperatura do composto em nenhum momento do processo, sendo registradas temperaturas altas para o composto mesmo em dias frios (tabs. 3 e 4, e figs. 13). Resultado semelhante foi encontrado por Kiehl (1985) e Silva (2005), que afirmam que mesmo em dias frios de inverno, a biomassa permanece aquecida, despreendendo vapor de água e calor, sendo este proporcional às dimensões da leira. Segundo os mesmos pesquisadores, quando os revolvimentos e regas não possibilitam mais o aumento da temperatura, dá-se o processo por terminado.

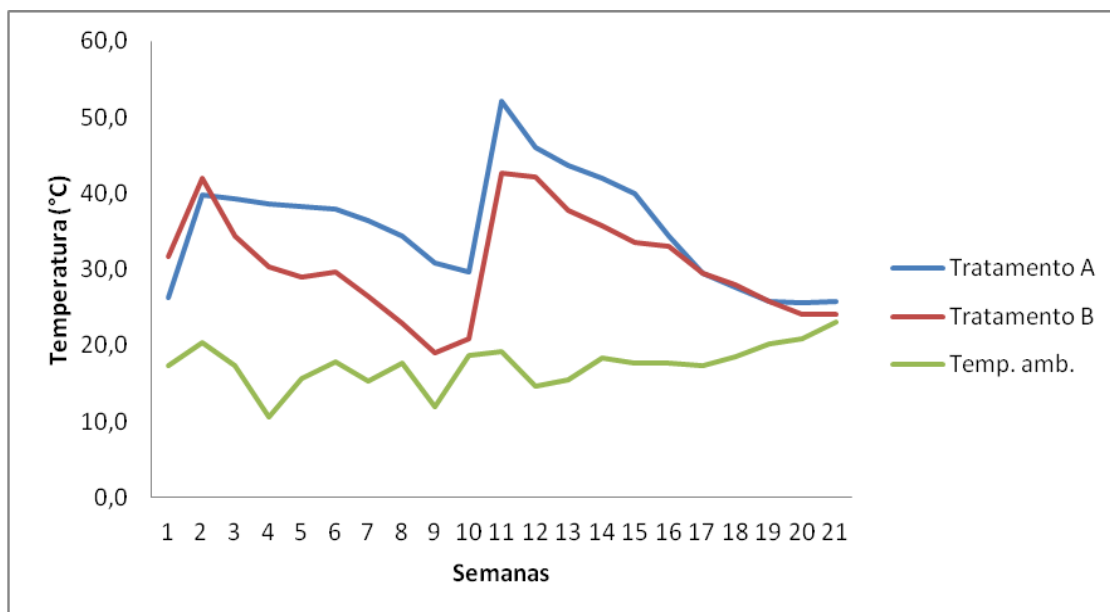


Figura 13 - Comportamento térmico da biomassa durante todo o período da compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.2 pH

Na tab. 5 pode ser observado que entre os tratamentos, não existe diferença significativa para os valores de pH durante os primeiros 90 dias de compostagem ($P > 0,05$). Entretanto, a partir daí verifica-se uma queda significativa nos níveis de pH para os dois tratamentos ($P < 0,05$), mantendo este comportamento até o final do período. Estes resultados corroboram com os encontrados por Haug (1993), que afirma ocorrer formação de ácidos que são liberados e acumulados, acidificando o meio à medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica, e esta redução de pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose. Posteriormente estes ácidos são decompostos até sofrerem total oxidação. No entanto, conforme Haug (1993), a escassez de oxigênio pode fazer com que o pH decresça a valores inferiores a 4,5, limitando a atividade microbiana e retardando o processo de compostagem.

Tabela 5 - Valores de pH durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPEL, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	pH		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	7,94 aA	8,61 aA	0,7616
60	7,36 aA	7,73 aB	0,4196
90	7,28 bA	7,93 aAB	0,1055
120	4,13 bB	4,55 aC	0,1291
150	3,93 aB	3,81 bD	0,0257

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Comparando-se os valores de pH durante o segundo estágio de compostagem percebe-se que, dentro do mesmo tratamento, ambos apresentaram diferença significativa para o valor de pH entre 90 e 120 dias ($P < 0,05$), indicando uma possível maturação do material neste momento. Além disso, observa-se que passados 120 dias, o material já apresentava um valor de pH muito ácido para os dois tratamentos, estando muito abaixo do valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 6,0.

Aos 90 dias de compostagem os valores de pH observados ficaram próximos da neutralidade para ambos tratamentos, dados que concordam com os encontrados por Sansford e Macleod (1998), que afirmam que o processo de humificação leva a obtenção de um produto final com pH entre 7,0 e 8,0; estando também de acordo com a Instrução Normativa nº 23/2005, como citado anteriormente. Os valores de pH observados para os dois tratamentos, aos 150 dias, encontram-se bem abaixo do valor mínimo recomendado por esta normativa. O comportamento dos dados não apresentou uma tendência específica, não permitindo um ajuste para equação de regressão (Fig. 14).

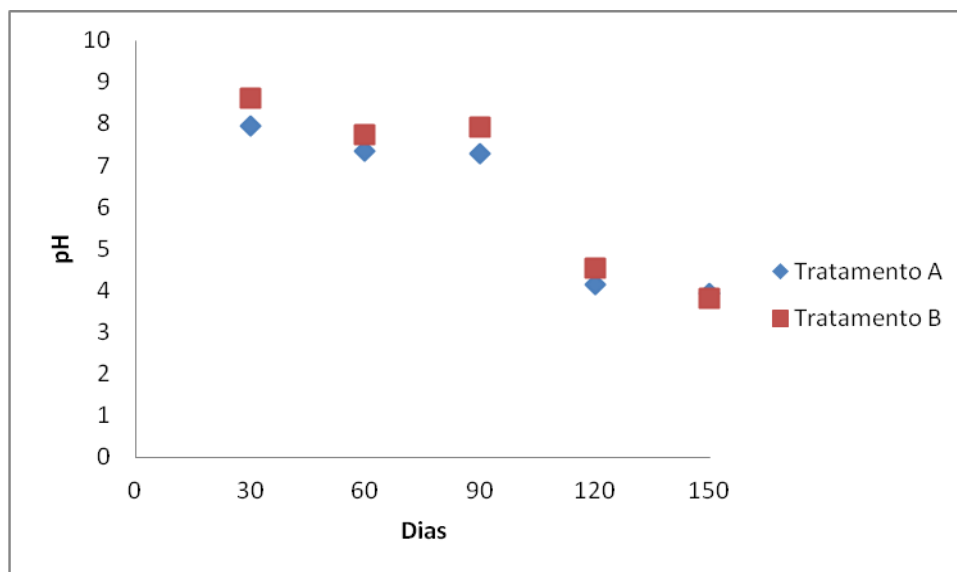


Figura 14 - Comportamento do pH durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPEL, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.3 Umidade

Na tab. 6 podem ser observados, para os dois tratamentos, uma ausência de diferença significativa até os 60 dias de compostagem ($P > 0,05$), que também é verificada entre os tratamentos. Entretanto, logo após percebe-se um aumento significativo no teor de umidade aos 90 e 120 dias para ambos os tratamentos ($P < 0,05$). Isso pode ser explicado pelas adições semanais de água que foram adotadas no manejo, a partir do momento em que se formaram as leiras no pátio de compostagem. Aos 150 dias os dois tratamentos não apresentaram diferença significativa para o teor de umidade em relação ao período anterior ($P > 0,05$). Tiquia, Tam e Rodkiss (1996), testando níveis de umidade em compostagem de cama de suínos, encontraram os melhores resultados para este parâmetro entre 50 e 60%, sendo que estes níveis permitem melhor atividade microbiana que níveis acima de 70%. Com o excesso de umidade a entrada de oxigênio fica limitada, pois a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando seus macro e microporos, afetando suas propriedades físicas e químicas (ECO-CHEM, 2011). Entre os tratamentos, não se

verifica diferença significativa no teor de umidade dentro do mesmo período ($P>0,05$), ao longo do tempo.

Tabela 6 - Teor de umidade durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Umidade (%)		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	47,67 aB	42,59 aC	3,0704
60	42,03 aBC	35,45 aC	7,4091
90	55,16 aB	62,26 aB	3,2852
120	86,26 aA	85,53 aA	1,1462
150	87,59 aA	87,06 aA	0,9873

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, diferem pelo teste LS Means a 5%.

Ao final do processo percebe-se que o teor de umidade, observado aos 150 dias, é praticamente o dobro do verificado aos 30 dias de compostagem. O comportamento dos dados permitiu o ajuste de equações, apresentadas na figura 15. Mesmo com o grande aumento ocorrido no teor de umidade durante o período, não se observou formação de chorume ou encharcamento do material em nenhum momento do processo. Os dados observados para os dois tratamentos ao final do período experimental são muito superiores aos estabelecidos pela instrução normativa nº 23/2005.

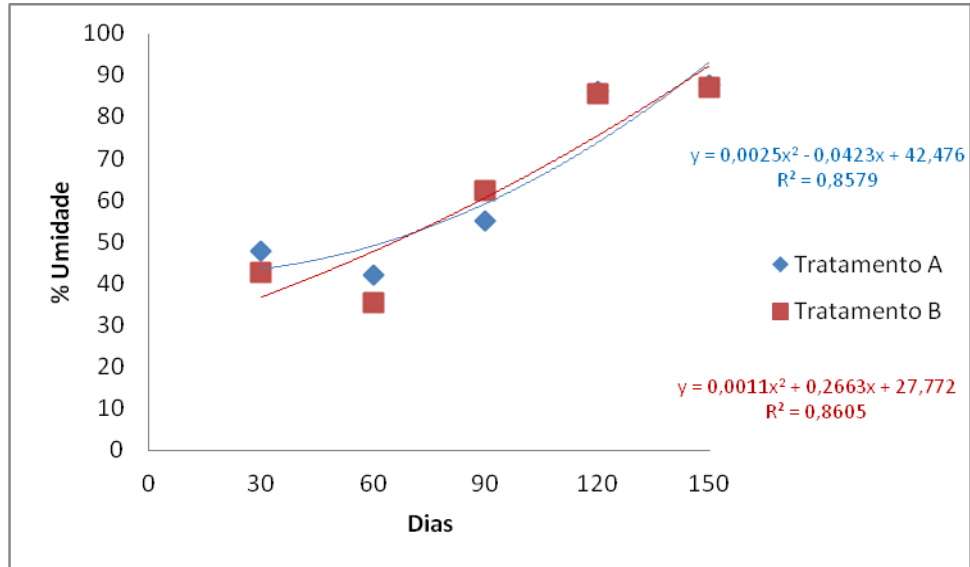


Figura 15 - Evolução do teor de umidade durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.4 Cinzas

Na tab. 7 verifica-se que os tratamentos apresentaram comportamentos ligeiramente diferentes durante o período experimental. Entretanto, não se verifica diferença significativa no teor de cinzas, entre os dois tratamentos, durante todo o período de compostagem ($P > 0,05$). Ambos os tratamentos apresentaram uma pequena variação numérica em seu teor ao longo do tempo. Segundo Carvalho et al. (2009), a medida que ocorre a humificação e mineralização dos resíduos orgânicos no decorrer do tempo, ocorre um aumento no teor de cinzas, como consequência da redução do teor de matéria orgânica.

Tabela 7 - Teor de cinzas durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Cinzas (%)		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	1,40	3,23	0,9537
60	2,39	2,54	0,8607
90	1,83	3,64	1,1312
120	2,55	2,60	0,1620
150	2,88	2,15	0,4480

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Analisando-se a Fig. 16, que ilustra o comportamento do teor de cinzas durante a compostagem, pode-se perceber que, mesmo que os tratamentos tenham apresentado comportamentos ligeiramente diferentes entre si, ocorreu uma pequena variação em seu teor durante todo o período ($P > 0,05$), não permitindo o ajuste de nenhuma equação. Este comportamento pode ser explicado pelo trabalho de Yadav e Garg (2009), onde um dos parâmetros utilizados como indicativo do grau de estabilização e mineralização de materiais orgânicos é o aumento no seu teor de cinzas, fato que pode ser observado comparando-se o material no final do período com as matérias-primas iniciais.

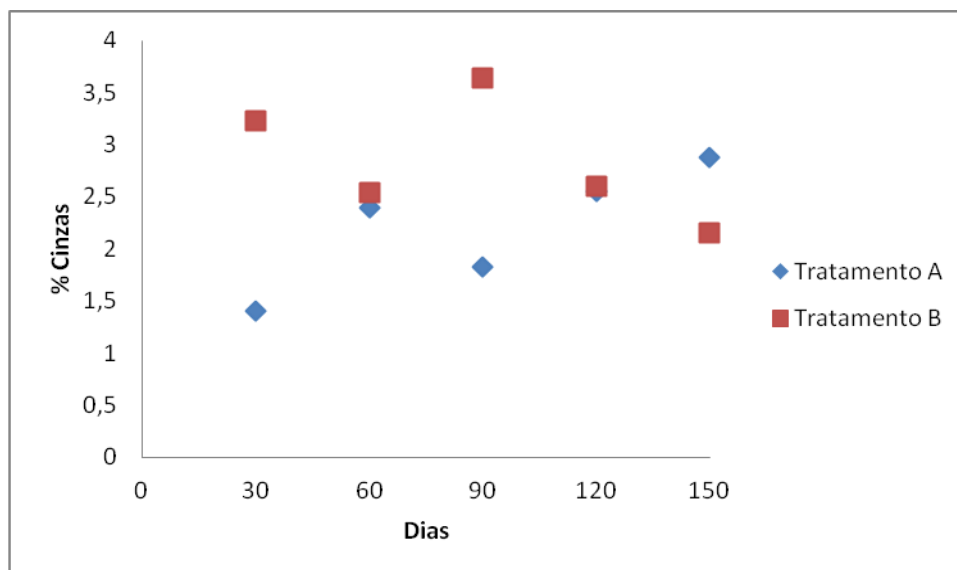


Figura 16 - Evolução do teor de cinzas durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.5 Matéria orgânica total

Pela análise dos dados da tab. 8 constata-se que não houve variação significativa no teor de matéria orgânica entre os tratamentos, durante todo o período de compostagem ($P > 0,05$). Essa ausência de diferença significativa também é observada, dentro do mesmo tratamento no decorrer dos meses ($P > 0,05$). Em termos gerais, a redução da matéria orgânica é esperada em função de sua mineralização. Percebe-se para os dois tratamentos, apenas uma pequena variação numérica deste parâmetro no decorrer do período, podendo segundo Hsu, Lo (1999); Raupp (2002) ter ocorrido em função de uma variação na mineralização da matéria orgânica.

Tabela 8 - Teor de matéria orgânica total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Matéria orgânica (%)		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	98,60	97,77	0,9537
60	97,61	97,46	0,8607
90	98,17	96,36	1,1312
120	97,45	97,40	0,1620
150	97,12	97,85	0,4480

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Na Fig. 17 pode-se observar a tendência de redução no teor de matéria orgânica total para os dois tratamentos durante o período experimental. Ainda que se perceba uma tendência, em termos práticos a concentração de matéria orgânica manteve-se constante no decorrer do período estudado. Fato que não foi observado por Khiel (1985) e Tiquia e Tam (2000a), que afirmam que a medida em que ocorre a degradação do carbono pelos microrganismos, o conteúdo de matéria orgânica é reduzido e os componentes minerais são aumentados. Ao final do período, ambos os tratamentos apresentaram teores médios de 97% para o teor de matéria orgânica total, estando muito acima do recomendado pela instrução normativa nº 23/2005.

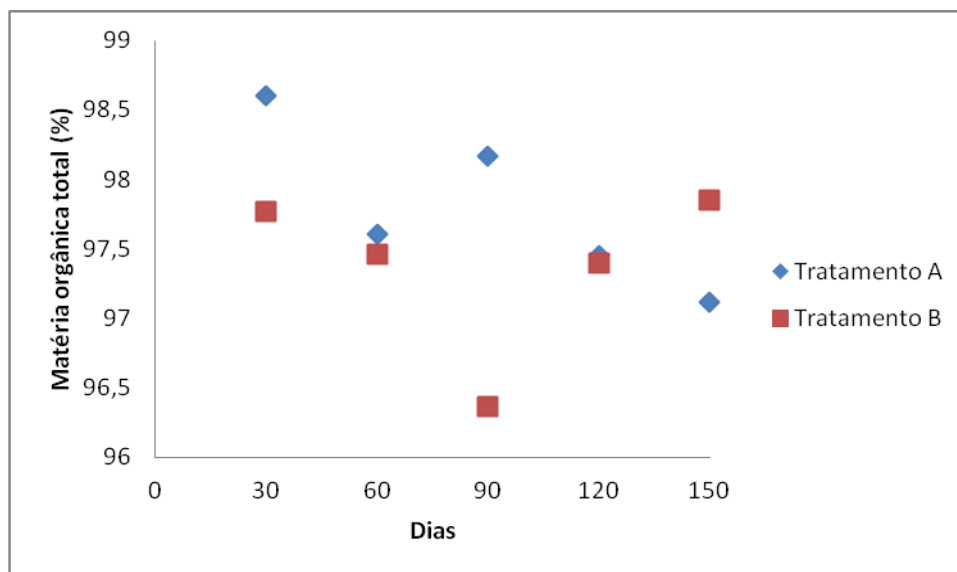


Figura 17 - Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.6 Carbono Orgânico Total

Percebe-se, pela análise da tab. 9, que não houve diferença significativa no teor de carbono orgânico total entre os dois tratamentos ($P > 0,05$) durante todo o período de compostagem. Ao longo do tempo, dentro do mesmo tratamento, verifica-se que também não ocorreu uma variação significativa deste elemento, dentro do período estudado ($P > 0,05$). Ambos apresentaram pequena variação em seu teor, ao longo do período experimental, porém não se verifica uma diferença estatística para este parâmetro em nenhum momento, durante o processo. Por se tratar da única fonte de alimentação dos microrganismos, a natureza do substrato é um importante fator que rege o processo de compostagem (HOWARD, 2007).

Tabela 9 - Teor de carbono orgânico total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Carbono (g Kg ⁻¹)		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	547,8	537,6	0,5298
60	542,3	541,4	0,4782
90	545,4	535,3	0,6293
120	541,4	541,1	0,0901
150	539,6	543,6	0,2495

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Pereira Neto (1996), afirma que a presença de macro e micronutrientes é essencial para que os microrganismos se desenvolvam e exerçam suas atividades metabólicas. Dentre estes nutrientes, o carbono e o nitrogênio são considerados os de maior importância, cujas concentrações e disponibilidade biológica afetam o desenvolvimento do processo, concordando com Russo (2003), que afirma ser o carbono a maior fonte de energia para os microrganismos, apesar de sua eficiência não ser de 100% e a demanda de carbono ser maior que a do nitrogênio. O autor comenta que mesmo com a grande diferença de demandas, a carência de nitrogênio é limitante no processo, por ser essencial para o crescimento e reprodução celular dos microrganismos. De acordo com Santos e Grisi (1979), os carboidratos são os elementos utilizados preferencialmente como fonte de carbono pelos microrganismos heterotróficos, reduzindo seus teores de celulose e hemicelulose já nos primeiros meses de decomposição. Este fato foi observado numericamente para os dois tratamentos estudados, porém os teores de carbono, em termos práticos, apresentaram pouca variação durante todo o período. Essa redução apenas numérica do teor de carbono total pode ser explicada em função da diferença na atividade respiratória dos microrganismos no decorrer do período (MELO; MELO; MELO, 2007).

Na Fig. 18 verifica-se o comportamento do carbono ao longo do tempo, ilustrando a pequena variação numérica apresentada durante o período de

compostagem, fato que não permitiu o ajuste de qualquer equação modelo. Além disso, verifica-se para os dois tratamentos que, ao final do processo, o teor de carbono orgânico total foi muito superior ao teor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005.

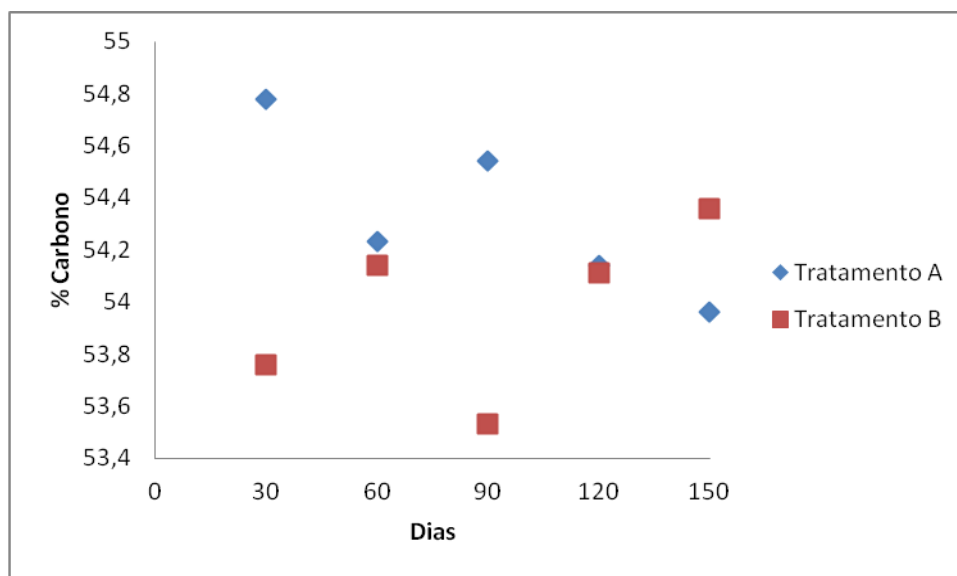


Figura 18 - Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.7 Nitrogênio total

Na tab. 10 verifica-se que o comportamento do nitrogênio durante o processo foi semelhante para ambos os tratamentos, mostrando uma redução aos 60 dias, voltando a subir logo após, mantendo-se em ascensão até o final do período. Entre os tratamentos, somente é percebida diferença significativa no teor de nitrogênio aos 120 dias de compostagem ($P < 0,05$), sendo a diferença no restante do período, apenas numérica. O tratamento A apresentou um aumento significativo na concentração de nitrogênio total entre 90 e 120 dias ($P < 0,05$), fato que, para o tratamento B foi observado entre 120 e 150 dias ($P < 0,05$).

Tabela 10 - Teor de nitrogênio total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Nitrogênio (g Kg ⁻¹)		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	36,53 aA	37,99 aA	7,8568
60	24,32 aA	26,34 aA	1,9148
90	26,56 aA	26,63 aAB	1,5568
120	33,00 aAB	27,55 bAB	0,8804
150	33,29 aAB	30,78 aA	1,3436

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Aos 60 dias, ambos os tratamentos tiveram seu teor de nitrogênio total reduzido numericamente, porém sem apresentar diferença significativa ($P > 0,05$), podendo ser explicado pela volatilização de amônia, possivelmente ocorrida devido à baixa relação C/N das matérias-primas iniciais (tab. 2). Os dados corroboram com os encontrados por Costa et al. (2005), que verificaram uma redução do teor de nitrogênio total ao final do processo de compostagem de carcaças de aves. Entretanto, a partir da formação das leiras no pátio de compostagem, aos 60 dias, ocorreu um ligeiro incremento na concentração deste elemento até o final do segundo estágio.

Ao final do período pode-se notar que não houve diferença significativa no teor de nitrogênio total entre o início e o final do processo ($P > 0,05$), percebendo-se apenas uma pequena variação numérica em seu valor. Estes resultados discordam dos encontrados por Kiehl (2004), que afirma que o teor de nitrogênio é sempre maior no final do processo quando comparado ao seu conteúdo inicial, devido possivelmente a bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico no composto.

A Fig. 19 ilustra o comportamento do nitrogênio total durante o período experimental. Percebe-se para dois tratamentos um comportamento quadrático, conforme as respectivas equações apresentadas na mesma. Com estes resultados percebe-se que, aos 150 dias, o teor de nitrogênio total encontrado está muito acima do valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005.

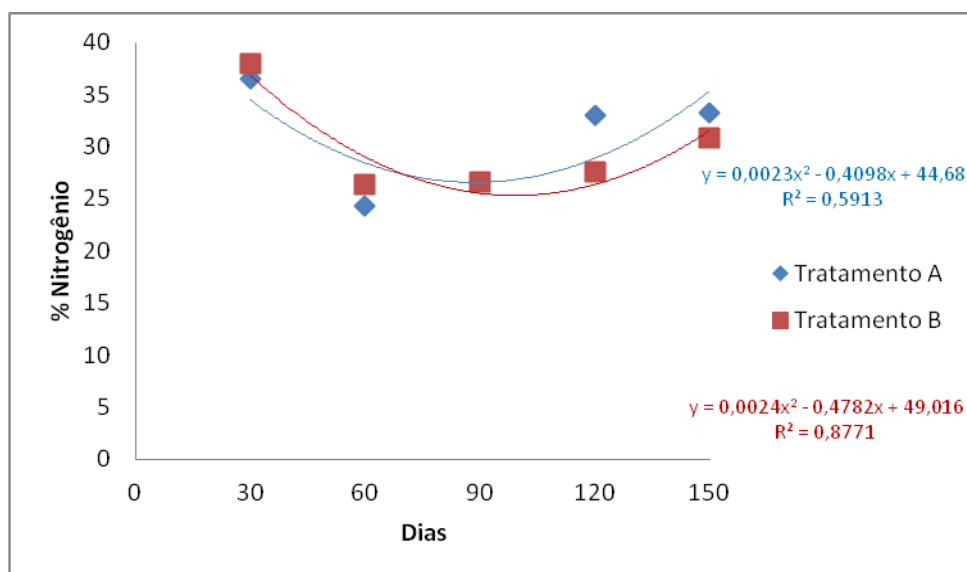


Figura 19 - Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.8 Relação C/N

As mudanças ocorridas na relação C/N, durante o período de compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos, podem ser observadas na tab. 11 e na Fig. 20. Os dados revelam que só existe diferença significativa entre os tratamentos aos 120 dias de compostagem ($P < 0,05$). O tratamento A apresentou uma redução significativa no valor da relação C/N aos 120 dias ($P < 0,05$), quando confrontado com valores observados para 60 e 90 dias. A partir de 120 dias, percebe-se apenas uma redução numérica em seu valor, sem apresentar diferença significativa até o final do período ($P > 0,05$). Para o tratamento B verifica-se uma diferença significativa para este parâmetro entre 30 e 120 dias de compostagem ($P < 0,05$) e, também entre 90 e 150 dias ($P < 0,05$). A baixa relação C/N apresentada pelas matérias-primas iniciais (tab. 2) pode ter influenciado a mineralização da matéria orgânica em decomposição. Sharma et al. (1997) afirmam que a relação C/N é um índice de avaliação para o crescimento biológico, já que a atividade dos microrganismos depende do conteúdo de carbono e nitrogênio (HAMMOUD; ADAMS, 1989).

Tabela 11 - Relação C/N durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Relação C/N		Erro Padrão
	Tratamento A	Tratamento B	
30	16,33 aA	14,94 aB	2,5437
60	22,61 aAB	20,72 aA	1,6924
90	20,72 aAB	20,21 aA	1,2844
120	16,42 bA	19,69 aA	0,5768
150	16,22 aA	17,79 aAB	0,8011

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

O comportamento da relação C/N foi semelhante para os dois tratamentos durante todo o período experimental, permitindo o ajuste de equações quadráticas para ambos (Fig. 20). Percebe-se um aumento em seu valor aos 60 dias de compostagem, com pouca variação até os 90 dias, declinando daí, até o final do período.

Ao final do processo os tratamentos não alcançaram uma relação C/N final na faixa entre 10 e 15, condizente com o enunciado por Kiehl (2004) e Muniz (2001). Entretanto, os valores finais para este parâmetro ficaram muito próximos ao recomendado pela instrução normativa nº 23/2005, que é de 18/1.

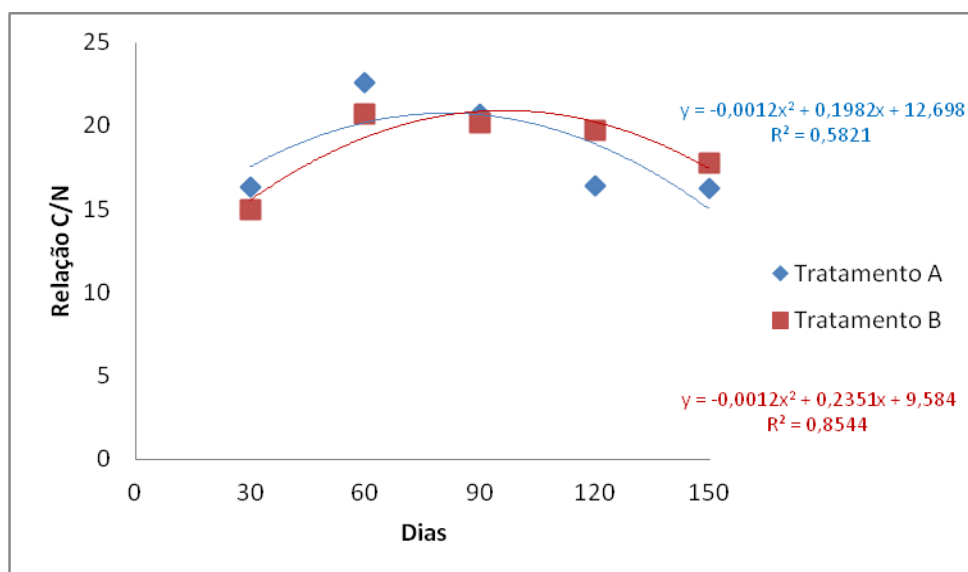


Figura 20 - Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.9 Fósforo Total

Analisando a tab. 12 percebe-se que os valores de fósforo apresentaram pouca variação em sua concentração até os 90 dias, comparando-se com as matérias-primas iniciais. A partir daí, a avaliação do comportamento deste nutriente ficou comprometida por problemas de natureza desconhecida referentes à sua análise.

Tabela 12 - Teor de fósforo durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Fósforo (g kg^{-1})	
	Tratamento A	Tratamento B
30	1,64	2,51
60	1,75	2,91
90	1,66	3,06
120	0,00	0,00
150	0,00	0,00

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

Percebe-se que até os 90 dias de compostagem, quando a concentração de fósforo total foi de 1,66 g kg⁻¹ e 3,06 g kg⁻¹ para os tratamentos A e B, respectivamente, os valores mantiveram-se dentro do máximo tolerado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10 % para teores entre 5 e 40%.

Pela análise da Fig. 21, percebe-se um ligeiro aumento numérico durante o processo, podendo ser explicado pela intensa atividade biológica durante a compostagem, concordando com He, Logan e Traina (1995) que afirma que o fósforo estimula a reprodução dos microrganismos, proporcionando um incremento na mineralização da matéria orgânica e uma maior concentração de minerais. Marschner (1995), afirma que a liberação do fósforo está intimamente associada ao processo de decomposição pelos microrganismos, corroborando os resultados encontrados.

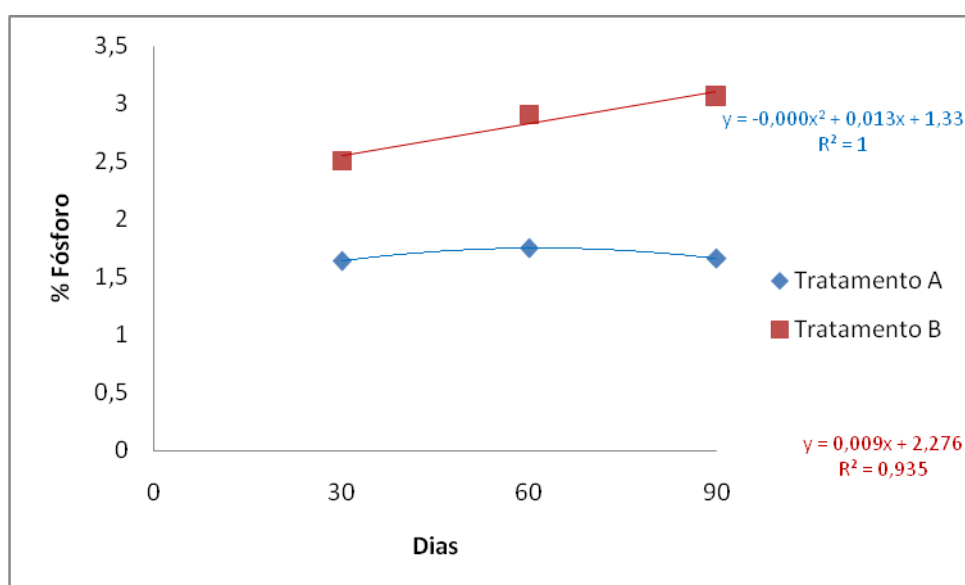


Figura 21 - Evolução do teor de fósforo durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPEL, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.10 Magnésio

As mudanças ocorridas no teor de magnésio durante o período de compostagem podem ser observadas na tab. 13 e na Fig. 22. Não se percebe

alteração significativa para o teor de magnésio durante os primeiros 30 dias de compostagem, para os dois tratamentos ($P>0,05$). Ambos apresentaram apenas uma pequena variação numérica do seu valor durante esse período. Entretanto, percebe-se que os dois tratamentos apresentaram uma redução significativa no teor do mineral aos 60 dias de compostagem ($P<0,05$). Isso pode ter tido influência do alto teor de carbono apresentado pelo material durante todo o processo de compostagem, concordando com Mathews e Sollenberger (1996, apud VALENTE, 2008) que afirmam que a liberação do cálcio e do magnésio é fortemente influenciada pelas concentrações de lignina e fenólicos solúveis, já que a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica tem sua origem nas cargas negativas oriundas dos grupos carboxílicos e fenólicos (KIEHL, 1985). Entre os tratamentos estudados, não houve diferença significativa em seu teor em nenhum momento do período experimental ($P>0,05$).

Tabela 13 - Teor de magnésio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Magnésio (g kg^{-1})	
	Tratamento A	Tratamento B
30	4,48	4,56
60	0,29	0,27
90	0,18	0,58
120	0,00	0,00
150	0,00	0,00

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

Aos 120 dias o comportamento deste nutriente teve sua avaliação comprometida por problemas de natureza desconhecida referentes à sua análise. Mesmo assim, comparando-se o período estudado com as matérias-primas iniciais, observa-se uma tendência à redução no teor deste elemento. O comportamento dos dados não permitiu o ajuste de nenhuma equação modelo, como mostra a Fig. 22. Além disso, pode ser observado que aos 90 dias, a concentração de magnésio total no composto foi de $0,18 \text{ gkg}^{-1}$ e $0,58 \text{ gkg}^{-1}$ para os tratamentos A e B,

respectivamente, estando dentro do valor máximo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10% para teores entre 5% e 40%.

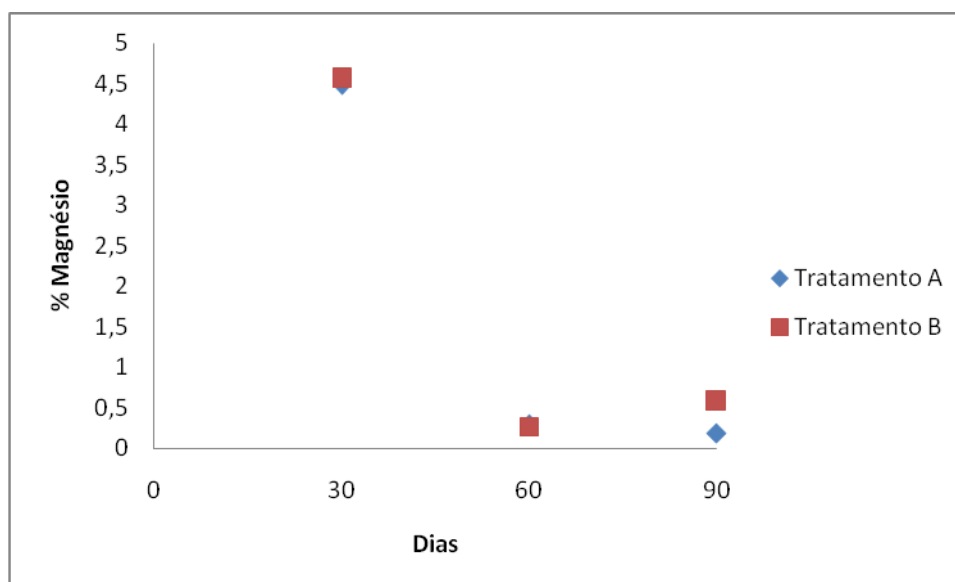


Figura 22 - Evolução do teor de magnésio durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

4.11 Potássio

As mudanças ocorridas no teor de potássio, durante o período de compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos, podem ser observadas na tab. 14 e na Fig. 23. Pela análise dos dados percebe-se que não houve diferença significativa para os teores desse elemento, entre os tratamentos, durante todo o período experimental ($P > 0,05$). Entretanto, aos 30 dias, para ambos os tratamentos, o teor de potássio foi significativamente maior do que em qualquer outra data de coleta ($P < 0,05$). Isso pode ser explicado por parte do potássio poder estar imobilizada nas células dos microrganismos. Esses resultados concordam com Hungria e Urquiaga (1992) que afirmam serem os microrganismos os responsáveis pela mineralização de aproximadamente 1/3 da quantidade total de potássio, contido nas células e ligado

aos complexos orgânicos de plantas e microrganismos, sendo que os 2/3, por estarem fracamente ligados, são imediatamente solúveis, não requerendo a intervenção de microrganismos, afirma Cardoso, Tsai e Neves (1992).

Tabela 14 - Teor médio de potássio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Potássio (g kg^{-1})	
	Tratamento A	Tratamento B
30	4,48 A	3,64 A
60	1,60 B	1,79 B
90	1,43 B	2,25 B
120	2,14 BC	2,13 C
150	1,60 B	1,74 B

TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro; as médias seguidas de letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem pelo teste LS Means a 5%, e as médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha diferem pelo teste LS Means a 5%.

Pela análise da Fig. 23, que ilustra o comportamento do teor de potássio ao longo do período de compostagem, percebe-se que aos 30 dias ocorreu um pequeno incremento em seu teor em relação às matérias-primas iniciais, havendo uma queda brusca entre 30 e 60 dias, mantendo-se mais ou menos constante a partir deste ponto, até o final do período. Observa-se também que aos 150 dias de compostagem, o teor de potássio no composto está dentro do valor máximo tolerado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10%, para teores entre 5% e 40%.

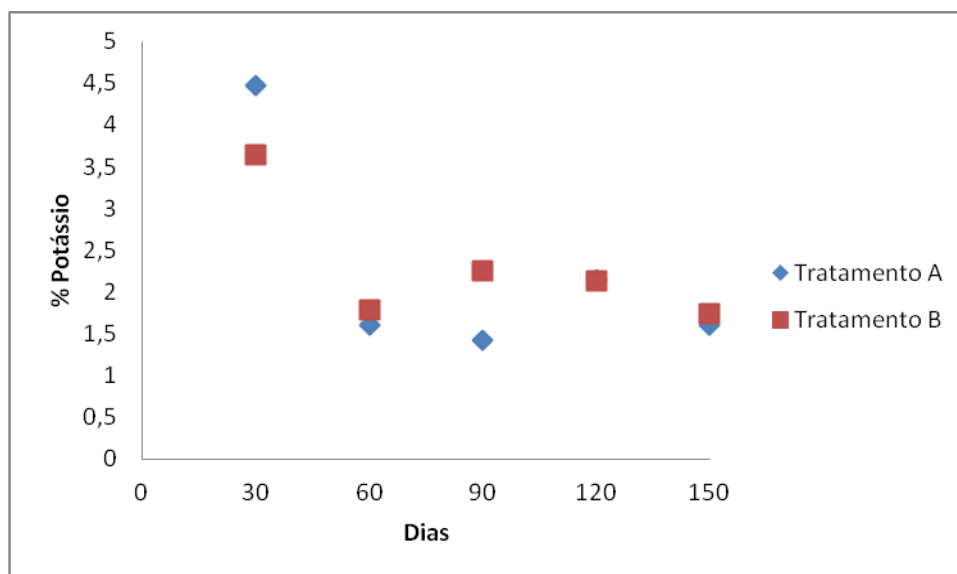


Figura 23 - Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de diferentes materiais celulósicos com resíduos de abatedouros de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011. TA: mistura 50:50 (serragem+maravalha) e resíduos de abatedouro; TB: maravalha e resíduos de abatedouro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aos 90 dias, o pH apresentou níveis ótimos para ativação da maioria das enzimas, em conformidade com os valores preconizados por Khier (1985) e pela instrução normativa nº 23 (ver apêndices, tabs. 11, 12, 13 e 14). Pela análise do pH, poder-se-ia afirmar que o composto estaria pronto aos 90 dias. Entretanto, o mesmo não foi verificado para os valores de P e K, e da relação C/N, importante parâmetro de maturação. Aos 120 dias, o pH apresentou valores inferiores a 6, e os de K continuaram altos. No entanto, a relação C/N apresentou números mais condizentes com a classificação, com valores mais baixos em relação ao período anterior. Sendo assim aos 90 dias o composto apresenta melhores condições de utilização, pois a relação C/N está bem próxima de um material bioestabilizado, o qual poderá ser utilizado no solo sem problemas, além do pH estar mais próximo do preconizado, ajudando na elevação do pH do solo.

Em caso de reprodução deste trabalho, recomenda-se o monitoramento da temperatura do material em compostagem para que, através da sua análise, sejam realizadas as devidas intervenções durante o processo. Como a temperatura é modificada em função da atividade metabólica dos microrganismos, torna-se um parâmetro indireto para o entendimento de diversos outros envolvidos. A temperatura foi aferida diariamente, às 12:00h. Em nenhum momento verificou-se uma diminuição drástica de um dia para o outro, de modo que, se a aferição tivesse sido realizada a cada dois ou três dias, o processo de compostagem não teria sido afetado e a mão de obra teria sido menor. De modo semelhante, os revolvimentos e as regas no segundo estágio foram realizados com frequência de sete dias, e poderiam ser mais espaçados, em torno de dez dias, o que provavelmente refletiria em um menor teor de umidade no composto ao final do processo.

A realização da compostagem em dois estágios é fundamental para o êxito do processo. A temperatura define a classe de microrganismos que está atuando no material e apresenta um comportamento mais ou menos conhecido, quando se cumprem todos os requisitos para o adequado desenvolvimento destes microrganismos. No primeiro estágio, a temperatura do material em compostagem começou próxima à ambiente, aumentando nos primeiros dias, alcançando temperaturas mesófilas e termófilas. Após algum tempo, começou a diminuir, indicando que não havia mais condições para o desenvolvimento de microrganismos termófilos. Entretanto, é necessário mais um período sob a atuação desta classe de microrganismos para dar continuidade à degradação de componentes mais complexos presentes no material, e também por seu metabolismo gerar calor e este ser um importante fator sanitizante do material em processo de compostagem.

O material proveniente da primeira fase foi levado ao pátio de compostagem após sua temperatura encontrar-se próxima à ambiente. Com a formação das leiras, seguido de revolvimentos e regas, promoveu-se um incremento no teor de umidade e oxigênio no material, favorecendo a atuação dos microrganismos termófilos, o que foi percebido pelo aumento da temperatura. Com isso, o material passou por um novo período sob altas temperaturas, contribuindo para a eliminação de possíveis patógenos.

Pequenos abatedouros e frigoríficos muitas vezes deixam de fazer um adequado processo de tratamento de resíduos por esbarrarem em elevados custos de implantação e manutenção exigidos pela maioria dos sistemas de tratamento. A compostagem alia baixo custo de implantação e manejo, com eficiência técnica e ambiental, apresentando ao final do processo um material com boas características agrônômicas, diferente daquele que lhe deu origem.

O presente trabalho é útil tanto para pequenos abatedouros como para pequenos produtores, pois muitas vezes, por não possuírem um conhecimento adequado dos métodos de transformação de resíduos orgânicos, os descartam de forma inadequada no ambiente. Nesse ponto, pode-se dizer que o produtor rural perde de duas formas: por contaminar e empobrecer o solo de sua propriedade, e também por contaminar o lençol freático, prejudicando comunidades distantes do local onde o resíduo foi gerado e; por desperdiçar nutrientes presentes nos resíduos que, se tratados adequadamente, podem retornar ao solo, completando a ciclagem

de nutrientes. Há, portanto, a chance de diminuir a dependência externa de insumos e melhorar a fertilidade do solo em longo prazo.

6 CONCLUSÕES

A compostagem é uma alternativa econômica e ambientalmente viável para o tratamento de resíduos orgânicos gerados por pequenos abatedouros de bovinos, incluindo vísceras, fetos e todo tipo de órgão destinado ao descarte ou condenado pela inspeção sanitária, contribuindo para a permanência da atividade no longo prazo, e permitindo que as agroindústrias fiquem em conformidade com as normas vigentes sem que, para isso, tenham que dispor de grandes recursos financeiros.

A compostagem dos resíduos altera a lógica de descarte adotada em muitas agroindústrias, promove um ganho ambiental expressivo e transforma um material inicial altamente contaminante em um produto bioestabilizado, possibilitando uma adequada utilização.

O sistema gera um menor passivo ambiental, o que contribui para a manutenção e visibilidade do empreendimento, e também melhora a qualidade de vida das comunidades circunvizinhas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, N. Abatedouros de Bovinos e suínos. CTP - **Revista Tecnologia e Treinamento Agropecuário**, 2002. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/revista/mattec/0165.asp>>. Acesso em: 08 abr. 2002.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467p.
- ANUALPEC 2009. ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. São Paulo: Angra FNP Pesquisas, 2009. 360p.
- ARAÚJO, E. N. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p. 466-470, 2007.
- AVILA, V. S. et al. **Comunicado Técnico 465**, Embrapa suínos e aves, Concórdia/SC, 2007.
- BARACHO Jr., J. A. O. O licenciamento e controle ambiental da atividade de suinocultura. In: I SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1995, Ponte Nova, MG, 1995. **Anais...** Viçosa: EPAMIG, 1995, p.1-7.
- BARCELLOS, J. O. J. et al. Bovinocultura de Corte frente a Agriculturização no Sul do Brasil. In: XI CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA, 11., Lages, 2004. **Anais...** Lages : Centro Agroveterinário de Lages, 2004.
- BENITO, M. et al. Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and maturity of pruning waste compost. **Biol. Fertil. Soils**, v.37, p.184-189, 2003.

BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 91-99, 1998.

BLAKE, J. P.; DONALD, J. O. Alternatives for the disposal of poultry carcasses. **Poultry Science**, Champaign, v.71, n.7, p.1130-1135, 1992.

BRASIL. Constituição: República Federativa do Brasil, Brasília, Câmara dos Deputados, 1988, 160p.

BRITO, M. **Manual de compostagem**. ESAPL – Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 2003. Disponível em: <<http://www.esapl.pt/web/compostagem/ESAPL%20Compostagem.htm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

CAMPOS, L. S.; SANTOS, J. Q.; REIS, A. C. Benefícios ambientais da compostagem na utilização de bagaço de uva como fertilizante. **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**. Universidade de Aveiro. Ed. CCRC, pp. 775-784, 1988.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. 360p.

CARVALHO, N. L. C. et al. Utilização de diferentes resíduos no processo de vermicompostagem e estudo da humificação. In: Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. **Anais...** Vitória-ES, Brasil, 2009.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.73-90.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resoluções do Conama, 1984/91**. 4. ed. Brasília, IBAMA, 1992, 245p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 237** de 19 dez. 1997.

COSTA, L. A. de. M. **Adubação orgânica na cultura do milho**: parâmetros fitométricos e químicos. 2005, 121p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COSTA, M. S. S. de. 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.

DAI PRÁ, M. A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 127f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

DICK, W. A., McCOY, E. L. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: HOITINK e KEENER (edit.). **Science and Engineering of Composting**: design, environmental, microbial and utilization aspects. Wooster (Ohio): The Ohio State University; p. 622-644. 1993.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Boletim informativo de coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. EMATER-RS e EMBRAPA-CNPSA, 2002.

ECOCEM. **Composting process**, p. 32; 2010. Disponível em: <http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html>. Acesso em: 17 ago. 2011.

EMERSON, D. Single stream vs. source separated recycling. **Biocycle**, v.5, n.3, p.22, 2004.

EPSTEIN, E. **The science of composting**. Boca Raton, FL: CRC Press, 487pag 1997.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; PARCHEN, C. A. P.; SELBACH, P. A. Bactérias enteropatogênicas em composto domiciliar, solo e planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.17, 1993, p.365-369.

FARAVET FILHO, P.; PAULA, S. R. L. de. Cadeia de carne bovina: o novo ambiente competitivo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.6, p.97-116, set. 1997.

FIGUEROA, E. A. **Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em culturas de grãos**. 2008. 129f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

FINOTTI, A. R. et al. Uso energético de resíduos de madeira na cadeia produtiva de madeira/móveis e possibilidades de geração de créditos de carbono. In: SCHNEIDER, V. E.; NEHME, M. C.; BEN. F. (Orgs.). **Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha - Sistemas de gerenciamento ambiental na indústria moveleira**. Educus, 2006, p. 191-230.

GORGATI, C. Q. **Resíduos sólidos urbanos em áreas de proteção aos mananciais – município de São Lourenço da Serra – SP: compostagem e impacto ambiental**. Brasil. 2001. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

GOTAAS, H. B. **Compostage et assainissement**. Organization Mondiale de la Santé. Genève, 1959. p.13-34

HAMMOUD, G. H. H.; ADAMS, W. A. The decomposition, humification and fate of nitrogen during the composting of some plant residues. In: BERTOLDI, M. de; FERRANTI, M. P.; L'HERMITE, P.; ZUCCONI, F. **Compost: production, quality and use**. London: Elsevier Applied Science, 1989, p.245-253.

HARDOIM, P. C.; DICESAR, A.; GONÇALVES, M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL – AGRENER, set., 2000. **Anais...**, Campinas, 2000, p.70.

HAUG, R. T. Compost engineering. Principles and practice. **Ann Arbor Science Publishers**, Inc.. Lancaster, Pennsylvania, 1980. p.1-9

HAUG, R. T. **Practical handbook of compost engineering**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993, 717p.

HE, X. T.; LOGAN, T. J.; TRAINA, S. J. Physical and chemical characteristics of selected U. S. municipal solid waste composts. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p. 543-552, 1995.

HILLIG, E. et al. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Outubro de 2006, 7p.

HOWARD, A. S. **Um testamento agrícola**. São Paulo: Expressão Popular, 2007. 360p.

HSU, J. H.; LO, S. L. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during of pig manure. **Environmental Pollution**, v.10, n.2, p.189-196, 1999.

HUANG, G. F. A. et al. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. **Waste Management**, v.24, p.805-813, 2004.

HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S. Transformações microbianas de outros elementos (Potássio, micronutrientes e metais pesados). In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.329-340.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade 1980-2050: Revisão 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/projeção_da_população/2008/projeção.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2010.

IGUE, K.; PAVAN, M. A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984. Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 1984. p.383-418.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (Brasília, DF). **O Brasil na virada do milênio: trajetória do crescimento e desafios do desenvolvimento**. Brasília: IPEA, 1997. 2v.

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

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4. ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

KLAMER, M.; BAATH, E. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. **Microbiology Ecology**, v.27, n.1, p.9-20, 1998.

KOENIG, A.; YIU, W. C. Waste management in Hong Kong abattoirs. **Water Science and Technology**, v.40, n.1, p.379-387, 1999.

LANDGRAF, M. D.; MESSIAS, R. A.; REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental da vermicompostagem**: vantagens e aplicações. São Carlos: RIMA, 2005, 106p.

LEUCENA, M. V, CHERNICHARO, C. A. L.. Avaliação Experimental da compostagem de RSU submetidos a etapa prévia de tratamento anaeróbio. In: 23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. **Anais...** Campo Grande/MS. 2005. 09p.

LOPEZ-REAL, J. M. Composting through the ages. In: **Down to Earth Composting**. 5p. 1994.

LUCAS JR., J. Biodigestores para o meio rural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. **Palestras...** 1995.

LYNCH, J. M. Lignocellulose in composts. In: BERTOLDI, E. M.; ZUCCONI, F. **Proceedings compost: production, quality and use**. Elsevier Applied Science, p.178-189, 1985.

LYNCH, J. M.; WOOD, D. A. Controlled microbial degradation of lignocellulose: the basis for existing and novel approaches to composting. In: GASSER, J. K. R. **Composting of agricultural and other wastes**. London: Elsevier Applied Science, 1985, p.183-193.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**, 4. ed. São Paulo, Malheiros, 1992, 606p.

Instrução Normativa nº. 23, de 31 de agosto de 2005. MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Diário Oficial**, Seção 1, p.12.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: **MINERAL nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1995, p. 229-312.

MATHEWS, B. W.; SOLLENBERGER, L. E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE SYSTEMS, 1996, Columbia, **Proceedings...** JOOST, R. E.; ROBERTS, C. A. (eds.). Columbia: University of Missouri, 1996, p.213-229.

MEES, J. B. R. et al. Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using Eichhornia crassipes and evaluation of the generated biomass composting. **Engenharia Agrícola**, v.29, p.466-473, 2009.

MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. **Compostagem**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007, 10p.

MERILLOT, J. M. Perspectives and state of the art of composting in France. In: BERTOLDI, M. de et al. **Science of Composting Part 2**. England: Chapman & Hall (Edit), pp.684-690. 1996.

MILLER, F. C. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F. B. **Soil Microbial Ecology**, v.18, p.515-543, 1992.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A.; CAVALERI, P. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas, 1983. 138p.

MORSELLI, T. B. G. A. **Resíduos Orgânicos em Sistemas Agrícolas**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária da UFPEL, 2009, 230p.

MUNIZ, A. C. S. et al. Eficiência da transformação de carbono total e nutrientes no processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21.; FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 4., João Pessoa, 16-21 set. 2001. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001.

MURPHY, D. W. Dead bird disposal methods still high research priority. **Poultry Digest, Mount Morris**, v.50, n.1, p.34-8, 1991.

MUSTIN, M. **Le compost. Gestion de la matière organique**. Editions François Dubusc. Paris, 1987. pp. 17-185; 379-608; 653-883

NAKAGAWA, J. Compostagem: obtenção e uso. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Champion Papel e Celulose Ltda., 1992. p.159-88.

NAMKOONG, W. et al. A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. **Compost Science and Utilization**, v.7, n.2, p.55-62. 1999.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003, 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

OLIVEIRA, P. A. V.; SILVA, A. P. Edificações para a produção de suínos enfocando os aspectos ambientais. In: TECNOLOGIAS PARA O MANEJO DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS PNMA II – Gestão integrada de ativos ambientais, **Anais...** Santa Catarina, 2004.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2006. 85p. (1 CD): il. ; 30 cm. - (Série P + L).

PAGANINI, Fábio José. Manejo da cama. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de. A.; MACARI, M. **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004, 356p.

PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I. Strategies for improving soil productivity in developing countries with organic wastes. In: FOURTH INTERNACIONAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVIMENTS. Cambridge, Mass, 1982.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina: IAPAR, 1988. 46p.

PEREIRA NETO, J. T. **On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting - a low technology approach**. 1987. 376p. Ph.D. Tesis... (Doutorado em Engenharia Sanitária Ambiental), University of Leeds, UK.

PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E. I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista de Biologia**, Uberlândia, v.1, n.1, p.1-6, 1992.

PEREIRA NETO, J. T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. p.61-74.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: UFV, 2007. 81p.

PREZOTTO, M. E. M. Química ambiental e agronomia. Simpósio – O solo como meio de descarte e degradação de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, Piracicaba, 1992. 21p.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1981. 535p.

RAUPP, J. Monitoring nutrient turnover during composting has to be on a constant reference parameter. Is total ash content really a good choice? In: IFOAM ORGANIC WORLD CONGRESS, 14. **Proceedings** ... Victoria, Canada, 66p., 2002.

RITTER, W. F.; CHIRNSIDE, A. E. M. Impact of dead bird disposal pits on groundwater quality on the Delmarva Peninsula. **Bioresource Technology**, v.53, n.2, p.105-111, 1995.

RIVERA-ROSARIO, R. A. Determinación de indicadores de madurez en La producción de composta. 2003. 127f. Dissertação (Mestrado em) - Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.

RODRIGUES, M. S. et al. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria.** Botucatu: FEPAF, 2006, p.63-94.

RODRIGUES, M. S. **Composted societal organic wastes for sustainable wheat (*Triticum aestivum*) production.** 1996. Wye; [Tese para obtenção do título de PhD - Wye College/ University of London].

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos.** Coimbra: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. 2003. 196p.

SANSFORD, C.; MACLEOD, A. **Assessing compostings as na effective means of sanitizing agricultural and horticultural waste.** London: MAFF Press, 1998.

SANTOS, O. M.; GRISI, B. M. Decomposição de celulose e do folheto em solo de floresta no sul da Bahia: estudo comparativo de áreas queimadas e não queimadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.149-153, 1979.

SAVAGE, G. M. The importance of waste characteristics and processing in the production of quality compost. In: BERTOLDI, M. de et al. **Science of Composting Part 2**. England: Chapman & Hall (Edit), p.784-791. 1996.

SEIFFERT, N. F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...**, 2000, p.1-20.

SENESI, N. Composted materials as organic fertilizers. **The sci of the total envir.** N.81/82, p.521-542, 1989.

SEVERO, C. M.; MIGUEL, L. A.; A Sustentabilidade dos Sistemas de Produção de Bovinocultura de Corte do Estado do Rio Grande do Sul. In: **REDES, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)**, v.11, n.3, p.213-234, set./dez. 2006.

SHARMA, V. K. et al. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **energy conversion and management**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.

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

SILVA, F. A. de M. Qualidade de compostos orgânicos produzidos com resíduos do processamento de plantas medicinais. 2005. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu/SP.

SILVA, M. S. et al. Desenvolvimento de metodologia para compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 1998, v.1, p.52-54.

SILVA, T. O. da et al. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*: I – produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, 2007.

SPADOTTO, Anselmo José. Gestão de resíduos na produção animal. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006, p.276-301.

TANG, J. C., KANAMORI, T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochemistry**, v.39, n.2, p.1999-2006, 2004.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 172p.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 2. ed., São Paulo: Nobel, 1983. 220p.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration. **Bioresource Technology**, v.72, p.1-7, 2000a.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Microbial activities during composting of spent pigmanure sawdust litter at different moisture contents. **Bioresource Technology**, v.55, p.201-206, 1996.

TRITT, W. P.; SCHUCHARDT, F. Materials flow and possibilities of treating liquid and solid wastes from slaughterhouses in Germany. A review. **Bioresource Technology**, v.41, n.3, p.235-45, 1992.

.

TUOMELA, M., M. VIKMAN & A. HATAKKA. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v.72, n.169-183, 2000.

VALENTE, B. S. Tratamento de carcaças avícolas através da compostagem. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). 2008. 154p. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

VIDIGAL, S. M. et al. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I - Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.80-88, 1995.

VIDIGAL, S. M. et al. Produção de alface cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.35-39, 1997.

VILAS BOAS, E. V. de B. et al. **Manejo de resíduos da agroindústria**. Lavras: Gráfica Universitária UFLA/FAEPE, 2001.

VINNERAS, B.; JONSSON, H. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method – Laboratory scale and Pilot-scale studies. **Bioresource Technology**, v. 84, n.3, p.275-282, 2002.

YADAV, A.; GARG, V. K. Feasibility of nutrient recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. **Journal of Hazardous Materials**, v.168, p.262-268, 2009.

ZEN, S. de. Produtor e frigorífico: a simbiose necessária. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 25, n.6, p. 35-36, 2005.

ZUCCONI F & BERTOLDI M. Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In: BERTOLDI, M. de et al. (eds). **Compost: production, quality and use**, Elsevier Applied Science, London, p.30-50, 1987.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Specification for sold waste compost. In: EMMAUS, J. G. **The biocycle guide to the art & science of composting**. Press, 1991, p.200-205.

APÊNDICES

Tabela 1 - Valores médios de pH durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	pH	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	7,44	8,73
	2	6,84	8,06
	3	6,56	8,24
	4	8,23	9,15
	5	10,65	8,86
60	1	6,70	7,63
	2	6,92	7,16
	3	6,77	7,48
	4	7,93	8,45
	5	8,48	7,95
90	1	7,28	7,67
	2	7,24	7,97
	3	7,36	7,74
	4	7,31	8,04
	5	7,2	4,23
120	1	4,08	4,52
	2	4,22	4,88
	3	4,02	4,20
	4	4,03	4,45
	5	4,32	4,70
150	1	3,93	3,83
	2	3,92	3,74
	3	3,89	3,78
	4	3,95	3,85
	5	3,98	3,84

Tabela 2 - Percentual médio de umidade durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Umidade (%)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	48,17	46,18
	2	46,02	32,94
	3	43,44	46,88
	4	48,07	46,38
	5	52,64	40,58
60	1	37,10	33,40
	2	47,75	32,40
	3	17,73	32,35
	4	59,88	44,20
	5	47,67	34,92
90	1	56,60	57,40
	2	53,36	58,15
	3	47,62	70,97
	4	58,85	60,66
	5	59,36	64,13
120	1	88,10	81,63
	2	85,29	87,04
	3	86,41	87,10
	4	86,20	85,37
	5	85,28	86,52
150	1	87,30	89,78
	2	86,07	87,88
	3	87,50	86,85
	4	88,29	84,53
	5	88,80	86,27

Tabela 3 - Percentual médio de cinzas durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Cinzas (%)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	1,55	4,58
	2	1,78	2,22
	3	0,65	5,93
	4	1,57	0,55
	5	1,43	2,89
60	1	1,85	5,13
	2	1,36	1,04
	3	1,67	2,10
	4	3,94	2,80
	5	3,12	1,65
90	1	0,98	2,94
	2	1,89	7,94
	3	2,52	2,96
	4	2,02	1,60
	5	1,73	2,78
120	1	2,12	2,73
	2	2,72	2,43
	3	2,68	2,97
	4	2,64	2,28
	5	2,57	2,58
150	1	2,17	1,82
	2	4,43	1,92
	3	3,05	2,23
	4	2,10	2,64
	5	2,63	2,15

Tabela 4 - Teores de matéria orgânica total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Matéria orgânica (%)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	98,45	95,42
	2	98,22	97,78
	3	99,35	94,07
	4	98,43	99,45
	5	98,57	97,11
60	1	98,15	94,87
	2	98,64	98,96
	3	98,33	97,90
	4	96,06	97,20
	5	96,88	98,35
90	1	99,02	97,06
	2	98,11	92,06
	3	97,48	97,04
	4	97,98	98,40
	5	98,27	97,22
120	1	97,88	97,27
	2	97,28	97,57
	3	97,32	97,03
	4	97,36	97,72
	5	97,43	97,42
150	1	97,83	98,18
	2	95,57	98,08
	3	96,95	97,77
	4	97,90	97,36
	5	97,37	97,85

Tabela 5 - Percentual médio de carbono orgânico total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Carbono (%)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	54,69	53,01
	2	54,57	54,32
	3	55,19	52,26
	4	54,68	55,25
	5	54,76	53,95
60	1	54,53	52,71
	2	54,80	54,98
	3	54,64	54,39
	4	53,37	54,00
	5	53,82	54,64
90	1	55,01	53,92
	2	54,51	51,14
	3	54,16	53,91
	4	54,43	54,67
	5	54,59	54,01
120	1	54,38	54,04
	2	54,04	54,21
	3	54,07	53,91
	4	54,09	54,29
	5	54,13	54,12
150	1	54,35	54,54
	2	53,09	54,49
	3	53,86	54,32
	4	54,39	54,09
	5	54,09	54,36

Tabela 6 - Percentual médio de nitrogênio total durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Nitrogênio (%)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	30,34	52,03
	2	27,91	43,65
	3	62,21	27,73
	4	30,16	29,89
	5	32,05	36,64
60	1	23,76	25,38
	2	28,62	27,46
	3	19,98	30,46
	4	23,04	25,29
	5	26,19	23,13
90	1	26,83	25,56
	2	28,72	26,83
	3	21,96	23,67
	4	26,92	29,53
	5	28,36	27,55
120	1	33,31	26,74
	2	33,40	28,81
	3	30,79	28,72
	4	34,03	28,17
	5	33,49	25,30
150	1	32,77	31,06
	2	33,85	29,70
	3	34,93	26,83
	4	32,41	34,44
	5	32,50	31,87

Tabela 7 - Valores médios para relação C/N durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	C/N	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	18,03	10,19
	2	19,55	12,44
	3	8,87	18,85
	4	18,13	18,48
	5	17,09	14,72
60	1	22,95	20,77
	2	19,05	20,02
	3	27,35	17,86
	4	23,16	21,35
	5	20,55	23,62
90	1	20,50	21,10
	2	18,98	19,06
	3	24,66	22,78
	4	20,22	18,51
	5	19,25	19,60
120	1	16,33	20,21
	2	16,18	18,82
	3	17,56	18,77
	4	15,89	19,27
	5	16,16	21,39
150	1	16,59	17,56
	2	15,68	18,35
	3	15,42	20,25
	4	16,78	15,71
	5	16,64	17,06

Tabela 8 - Teores médios de fósforo durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Fósforo (g.Kg ⁻¹)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	1,41	2,64
	2	1,29	2,23
	3	1,36	3,04
	4	2,14	1,92
	5	2,00	2,74
60	1	1,40	5,32
	2	1,66	2,14
	3	1,68	3,21
	4	1,41	1,70
	5	2,61	2,20
90	1	1,50	3,64
	2	1,70	5,67
	3	1,90	2,18
	4	1,39	1,83
	5	1,84	1,98
120	1	<0,06	<0,06
	2	<0,06	<0,06
	3	<0,06	<0,06
	4	<0,06	<0,06
	5	<0,06	<0,06
150	1	<0,06	<0,06
	2	<0,06	<0,06
	3	<0,06	<0,06
	4	<0,06	<0,06
	5	<0,06	<0,06

Tabela 9 - Teores médios de magnésio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Magnésio (g.Kg ⁻¹)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	4,73	5,15
	2	5,03	4,04
	3	3,84	4,89
	4	3,96	4,11
	5	4,82	4,62
60	1	0,10	0,44
	2	0,32	0,11
	3	0,18	0,32
	4	0,37	0,24
	5	0,48	0,22
90	1	0,24	0,75
	2	0,25	1,24
	3	0,21	0,44
	4	0,08	0,17
	5	0,11	0,29
120	1	<0,01	<0,01
	2	<0,01	<0,01
	3	<0,01	<0,01
	4	<0,01	<0,01
	5	<0,01	<0,01
150	1	<0,01	<0,01
	2	<0,01	<0,01
	3	<0,01	<0,01
	4	<0,01	<0,01
	5	<0,01	<0,01

Tabela 10 - Teores médios de potássio durante a compostagem de diferentes materiais celulósicos com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos, em meses. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Período (dias)	Coletas	Potássio (g.Kg ⁻¹)	
		Tratamento A	Tratamento B
30	1	6,88	3,85
	2	4,48	4,68
	3	3,25	4,02
	4	2,86	2,78
	5	4,95	2,89
60	1	1,28	2,99
	2	1,57	1,14
	3	1,99	2,13
	4	1,57	1,43
	5	1,57	1,28
90	1	1,28	2,56
	2	1,57	4,12
	3	1,57	1,57
	4	1,57	1,42
	5	1,14	1,57
120	1	1,85	1,99
	2	2,27	2,42
	3	2,28	2,13
	4	2,14	2,42
	5	2,14	1,71
150	1	1,57	1,85
	2	1,28	1,57
	3	1,57	1,99
	4	1,57	1,85
	5	1,99	1,42

Tabela 11 - Análise físico-química aos 90 dias de compostagem da mistura de material celulósico com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Tratamento	pH	Umidade (%)	-----g kg ⁻¹ -----						
			MOt	COt	Nt	P	K	Mg	C/N
A	7,28	55,16	981,7	545,0	26,56	16,6	14,3	1,8	20,72
	O	A			O	A	M		I
B	7,93	62,26	963,6	535,3	26,63	30,6	22,5	5,8	20,21
	O	A			O	A	A		I

Legenda: O = ótimo, M = médio, A = alto, I = indesejável, B = baixo, MOt = matéria orgânica total, COt = carbono orgânico total, Nt = nitrogênio total, P = fósforo, K = potássio, Mg = magnésio, C/N = relação carbono/nitrogênio.

Tabela 12 - Análise físico-química aos 120 dias de compostagem da mistura de material celulósico com resíduos orgânicos de abatedouro de bovinos. UFPel, Pelotas, RS, 2011.

Tratamento	pH	Umidade (%)	-----g kg ⁻¹ -----						
			MOt	COt	Nt	P	K	Mg	C/N
A	4,13	86,26	974,5	541,4	33,00	0	21,4	0	16,42
	I	A			O	B	A		B
B	4,55	85,53	974,0	541,1	27,55	0	21,3	0	19,69
	I	A			O	B	A		I

Legenda: O = ótimo, M = médio, A = alto, I = indesejável, B = baixo, MOt = matéria orgânica total, COt = carbono orgânico total, Nt = nitrogênio total, P = fósforo, K = potássio, Mg = magnésio, C/N = relação carbono/nitrogênio.

Tabela 13 - Valores admitidos pela inspeção normativa nº 23/2005.

Garantia	Composto (Classe A)
Umidade máxima (%)	50
Nitrogênio total mínima (%)	1
Carbono orgânico mínimo (15%)	15
pH (mínimo)	6,0
Relação C/N (máxima)	18

Fonte: Adaptado de IN 23/2005.

Tabela 14 - Quadro para interpretação de dados de análise de húmus.

Elemento	Teores (%)		
	Baixo	Médio	Alto
Fósforo (P ₂ O ₅)	<0,5	Entre 0,5 e 1,5	>1,5
Potássio (K ₂ O)	<0,5	Entre 0,5 e 1,5	>1,5
Cálcio (CaO)	<2,0	Entre 2,0 e 4,0	>4,0
Magnésio (MgO)	<1,0	Entre 1,0 e 2,0	>2,0
Enxofre (S)	<2,0	Entre 0,2 e 0,5	>0,5
Indicativo de:	Indesejável	Bom	Ótimo
Índice pH	<6,0	Entre 6,0 e 7,5	>7,5
Relação C/N	>18/1	De 12/1 a 18/1	De 8/1 a 12/1
Teor de umidade (%)	Excessivo >35	Bom Entre 25 e 35	Ótimo <25
Teor de Nitrogênio (%)	Deverá estar em torno de 1,7 ou apresentar no máximo de 4 a 5		

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

Célula A		
Camadas		
18	15 cm	Maravalha 44 Kg
17	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
16	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
15	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
14	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
13	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
12	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
11	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
10	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
9	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
8	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
7	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
6	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
5	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
4	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
3	10 cm	Serragem + Maravalha $43,95 + 14,65 = 58,6$ Kg
2	10 cm	Resíduos de abate 42,8 Kg
1	15 cm	Maravalha 44 Kg

Figura 1 - Esquema representativo de preenchimento da célula A.

		Célula B	
Camadas			
18	15 cm	Maravalha	44 Kg
17	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
16	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
15	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
14	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
13	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
12	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
11	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
10	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
9	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
8	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
7	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
6	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
5	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
4	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
3	10 cm	Maravalha	29,3 Kg
2	10 cm	Resíduos de abate	42,8 Kg
1	15 cm	Maravalha	44 Kg

Figura 2 - Esquema representativo de preenchimento da célula B.