

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Tratamento de carcaças avícolas através da compostagem**

**Beatriz Simões Valente**

Pelotas, 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Beatriz Simões Valente**

## **Tratamento de carcaças avícolas através da compostagem**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (Produção Animal).

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Xavier.

Co-Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli

Pelotas, 2008

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Xavier – UFPEL

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli – UFPEL

---

Dr. Gustavo Schiedeck – EMBRAPA – CPACT – Pelotas/RS

---

Prof. Dr. Jerri Teixeira Janusso - UFPEL



*“Se vocês quiserem saber como foi o começo de tudo, perguntem ao nosso irmão mais velho, o fogo; se quiserem entender onde mora a alegria, perguntem à água cristalina, pois ela vem da fonte da alegria; querendo saber notícias dos espíritos, questionem o irmão vento, pois ele vem de longe; se querem saber qual foi o som da criação. Perguntem à Mãe-Terra, pois ela gerou tudo”*

**Apolinário**

**Aos meus pais,  
Fernando Schoroeder Valente (*in memoriam*)  
e Dilma Simões Valente pela oportunidade  
de chegar até este momento.**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Eduardo Gonçalves Xavier, pela grande oportunidade, pela confiança, pelo apoio e incentivo oferecidos desde o primeiro momento, sem os quais não haveria sido possível a realização deste trabalho.

A Dr.<sup>a</sup> Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli pela sincera amizade, pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis, concedidas quando ainda era uma estudante do curso de Medicina Veterinária e, também pela co-orientação, que foi de extrema importância na realização deste trabalho. Devo muito a ti e jamais esquecerei!

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Agradecimento especial aos integrantes do Grupo *NEMA PEL*, Naiana Manzke, Dênnis Jahnke, Bruno Cabrera, Teófilo Ortiz, Tiago Farofa, Gabriel de Almeida, Priscila Moraes, Karina Beux e Otávio Corrêa, que não mediram esforços para que esse e outros estudos fossem realizados. Agradeço também pela amizade, pela compreensão e pela paciência nos momentos de estresse pelos quais passei. Trabalhamos ..., construímos um conhecimento ..., sorrimos ..., brigamos ..., festejamos ..., e nos divertimos ...! Construímos uma amizade!

Homenagem especial ao amigo e companheiro, Berilo de Souza Brum Jr., pela ajuda, pela atenção, pelo carinho, pelo respeito e, principalmente, pela fidelidade em todos os momentos compartilhados. Desejo que a nossa relação seja eterna porque simplesmente te amo muito!

Agradeço aos funcionários do DZ/FAEM/UFPEL, André, Ana, Vera e Roger pela colaboração e pela amizade. Agradecimento especial ao funcionário Juca, funcionário do Aviário Experimental, que com suas “engenharias” e sua extrema dedicação, jamais mediu esforços para nos ajudar.

A Débora Lopes pelo apoio fornecido nos momentos finais da minha dissertação. Muito Obrigada!

A todos os demais colegas de curso por compartilharam desta importante etapa da minha vida.

## RESUMO

VALENTE, Beatriz Simões. 2008. 153f. **Tratamento de carcaças avícolas através da compostagem.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O presente trabalho teve como objetivo o estudo da compostagem como tratamento de carcaças avícolas, através do monitoramento de transformações físicas e químicas em função do tempo de compostagem, como alternativa para reduzir o impacto ambiental deste segmento da produção animal. O sistema de compostagem consistiu de dois estágios, onde o primeiro caracterizou-se por uma estrutura em alvenaria, denominada de célula de compostagem e o segundo estágio compreendeu a formação das leiras. Para o estudo foi realizado dois experimentos: E1 – composteira formada por cama de aviário e cortes nobres de frangos de corte (CA) e E2 – composteira formada por cama de aviário e carcaças de frangos de corte. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamentos, que foram as 17 semanas para o primeiro estágio e para o segundo estágio, as nove semanas. A amostragem para as análises físico-químicas da biomassa foi realizada aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de compostagem. A temperatura da biomassa foi aferida diariamente, em dois períodos do dia, durante o período experimental. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância com o auxílio de um pacote estatístico, sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5%. No experimento 1, houve diferença significativa para os teores de matéria seca, nitrogênio total, temperatura da biomassa e pH no decorrer do processo de compostagem ( $P < 0,05$ ). No experimento 2, houve diferença significativa para os teores de matéria seca, de matéria orgânica total, de carbono orgânico total, de fósforo total, de potássio e de magnésio total, além da temperatura da biomassa e pH durante a compostagem ( $P < 0,05$ ). Para ambos os experimentos, verificou-se que, aparentemente, a temperatura ambiente do ar não teve influência na temperatura da biomassa durante a compostagem. Conclui-se que a compostagem pode ser utilizada como alternativa para a disposição ecologicamente correta das carcaças avícolas, tanto pela indústria como pelo produtor rural, possibilitando-os um produto passível de ser aplicado no solo como fertilizante orgânico por apresentar macronutrientes dentro da faixa recomendada para a adubação.

**Palavras-chave:** Avicultura, cama de aviário, composto, meio ambiente, sustentabilidade.

## ABSTRACT

VALENTE, Beatriz Simões. 2008. 153f. **Treatment of avian carcasses through composting.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A research was conducted to study composting as a technique for treating avian carcasses. Physical and chemical transformations were closely monitored during composting process. The main purpose was to study an alternative for reducing environmental impact of poultry production. Composting was conducted in two stages: the first one was carried out in a brick structure, so called composting cell; the second stage was conducted in piles. Two experiments were conducted: E1 – a mixture of used litter from floor pens of broilers and cuts of poultry carcasses; E2 – a mixture of used litter from floor pens of broilers and whole poultry carcasses. A completely randomized design was used. For the first stage, 17 treatments (weeks) were studied and, for the second stage, nine treatments (weeks) were studied. In each stage, five replications per treatment were used. A sampling for physical and chemical analysis was conducted at 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days of composting. During the whole experimental period biomass temperature was measured twice a day, in the morning and in the afternoon. ANOVA was used for data analysis and the averages were compared by Tukey test at 5%. In the first experiment, a difference was obtained for dry matter content, total nitrogen, biomass temperature and pH ( $P < 0.05$ ). For the other variables, no difference was observed ( $P > 0.05$ ). In the second experiment, a significant difference was observed for dry matter content, total organic matter, biomass temperature and pH ( $P < 0.05$ ). Apparently, air environmental temperature did not influence biomass temperature during composting process. In conclusion, composting might be used as an alternative for the proper ecological disposal of poultry carcasses, for both industry and producer. Additionally, since the resulting product contains macronutrients in such amounts recommended for soil fertilization, it might be added to the soil as an organic fertilizer.

**Key words:** avian production, poultry litter, composting, environment, sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Células de compostagem utilizadas no primeiro estágio dos experimentos .....	53
Figura 2	Estrutura telada utilizada como proteção e portas móveis .....	54
Figura 3	Vista geral do galpão utilizado no segundo estágio de compostagem para ambos os experimentos... ..	54
Figura 4	Pesagens de cama de aviário, de cortes nobres e de carcaças de frangos de corte.....	56
Figura 5	Disposição da primeira camada no sistema de compostagem.....	57
Figura 6	Distância de 10cm entre os materiais dispostos sobre a cama de aviário.....	57
Figura 7	Cortes nobres de frangos agrupados, simulando o formato de carcaças .....	58
Figura 8	Adição de água durante o primeiro estágio de compostagem .....	58
Figura 9	Tubos de PVC fechados na extremidade e perfurados a 20cm de altura .....	59
Figura 10	Segundo estágio de compostagem (leiras) .....	59
Figura 11	Tubo de PVC utilizado na coleta de amostras .....	61
Figura 12	Biomassa coletada .....	61
Figura 13	Aferição da temperatura da biomassa no ponto 1 .....	62
Figura 14	Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	68
Figura 15	Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	72
Figura 16	Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	74

Figura 17	Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	75
Figura 18	Evolução do percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	77
Figura 19	Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	78
Figura 20	Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.	79
Figura 21	Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.....	81
Figura 22	Evolução do pH durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	84
Figura 23	Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	84
Figura 24	Evolução do teor de fósforo total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	87
Figura 25	Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	88
Figura 26	Evolução do teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	90
Figura 27	Cortes nobres de frangos de corte aos 30 dias de compostagem.....	91
Figura 28	Cortes nobres de frangos de corte aos 60 dias de compostagem ....	91
Figura 29	Cortes nobres de frangos de corte aos 180 dias de compostagem...	92
Figura 30	Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	94
Figura 31	Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	96
Figura 32	Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.....	97

Figura 33	Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.....	99
Figura 34	Evolução do percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	100
Figura 35	Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	102
Figura 36	Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	104
Figura 37	Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.....	106
Figura 38	Evolução do pH durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	107
Figura 39	Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	109
Figura 40	Evolução do teor de fósforo total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	111
Figura 41	Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	113
Figura 42	Evolução do teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização físico-química das matérias-primas utilizadas no processo de compostagem .....	60
Tabela 2	Análise de variância para o modelo estatístico utilizado .....	65
Tabela 3	Temperaturas médias semanais, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	67
Tabela 4	Temperaturas médias semanais, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	70
Tabela 5	Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	73
Tabela 6	Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário..	74
Tabela 7	Percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	76
Tabela 8	Teor de matéria orgânica total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	77
Tabela 9	Teor de carbono orgânico total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.....	79
Tabela 10	Teor de nitrogênio total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	80
Tabela 11	Valores de pH durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	83
Tabela 12	Valores de relação C/N durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	85
Tabela 13	Concentração média de fósforo total, em g.kg <sup>-1</sup> , durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	86



Tabela 14	Concentração média de potássio, em $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário .....	88
Tabela 15	Concentração média de magnésio total, em $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de cortes nobres e cama de aviário.....	89
Tabela 16	Temperaturas médias semanais, em $^{\circ}\text{C}$ , durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	93
Tabela 17	Temperaturas médias semanais, em $^{\circ}\text{C}$ , durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	95
Tabela 18	Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em $^{\circ}\text{C}$ , durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.....	97
Tabela 19	Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em $^{\circ}\text{C}$ , durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.....	98
Tabela 20	Percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	100
Tabela 21	Teor de matéria orgânica total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	101
Tabela 22	Teor de carbono orgânico total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	103
Tabela 23	Teor de nitrogênio total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	105
Tabela 24	Valores de pH durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	106
Tabela 25	Valores de relação C/N durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	108
Tabela 26	Concentração média de fósforo total, em $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	110
Tabela 27	Concentração média de potássio, em $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	112

Tabela 28	Concentração média de magnésio total, em $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário .....	113
-----------	--	-----

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b> .....	17
<b>2 Revisão de Literatura</b> .....	20
2.1 Resíduos orgânicos gerados pela avicultura .....	20
2.2 Matéria orgânica .....	23
2.3 Compostagem .....	25
2.3.1 Fatores que afetam a compostagem .....	28
2.3.1.1 Microrganismos .....	28
2.3.1.2 Umidade .....	30
2.3.1.3 Oxigênio .....	32
2.3.1.4 Relação C/N .....	34
2.3.1.5 pH .....	41
2.3.1.6 Temperatura .....	43
2.3.1.7 Granulometria .....	47
2.3.1.8 Dimensões das leiras .....	48
2.4 Maturação e qualidade do composto .....	48
<b>3 Material e métodos</b> .....	<b>51</b>
3.1 Experimentos .....	51
3.1.1 Local e duração dos experimentos .....	51
3.1.2 Material experimental .....	51
3.1.2.1 Resíduos orgânicos de origem vegetal .....	51
3.1.2.1.1 Maravalha .....	51
3.1.2.1.2 Cama de aviário .....	52
3.1.2.2 Resíduos orgânicos de origem animal.....	52
3.1.2.2.1 Animais .....	52
3.1.3 Tecnologia de transformação dos resíduos orgânicos.....	52
3.1.4 Manejo dos resíduos orgânicos .....	55
3.1.4.1 Coleta das amostras .....	60
3.1.5 Variáveis analisadas .....	62

3.1.5.1 Temperatura ambiente do ar e umidade relativa do ar .....	62
3.1.5.2 Temperatura da biomassa .....	62
3.1.5.3 Análises físico-químicas .....	63
3.1.5.3.1 pH .....	63
3.1.5.3.2 Umidade .....	63
3.1.5.3.3 Cinzas .....	63
3.1.5.3.4 Matéria orgânica total .....	63
3.1.5.3.5 Carbono orgânico total .....	64
3.1.5.3.6 Nitrogênio total.....	64
3.1.5.3.7 Relação C/N .....	64
3.1.5.3.8 Fósforo total.....	64
3.1.5.3.9 Magnésio total .....	64
3.1.5.3.10 Potássio .....	64
3.1.6 Análise estatística .....	65
<b>4 Resultados e discussão .....</b>	<b>66</b>
4.1 Experimento 1 .....	66
4.1.1 Variáveis físico-químicas .....	66
4.1.1.1 Temperatura da biomassa .....	66
4.1.1.2 Temperatura ambiente do ar e temperatura da biomassa .....	72
4.1.1.3 Matéria seca .....	75
4.1.1.4 Matéria orgânica total .....	77
4.1.1.5 Carbono orgânico total .....	78
4.1.1.6 Nitrogênio total .....	80
4.1.1.7 pH .....	82
4.1.1.8 Relação C/N .....	84
4.1.1.9 Fósforo total .....	86
4.1.1.10 Potássio .....	87
4.1.1.11 Magnésio total .....	89
4.1.2 Avaliações das adaptações realizadas na metodologia .....	90
4.2 Experimento 2 .....	92
4.2.1 Variáveis físico-químicas .....	92
4.2.1.1 Temperatura da biomassa .....	92
4.2.1.2 Temperatura ambiente do ar e temperatura da biomassa .....	96

4.2.1.3 Matéria seca .....	99
4.2.1.4 Matéria orgânica total .....	101
4.2.1.5 Carbono orgânico total .....	103
4.2.1.6 Nitrogênio total .....	105
4.2.1.7 pH .....	106
4.2.1.8 Relação C/N .....	108
4.2.1.9 Fósforo total .....	110
4.2.1.10 Potássio .....	112
4.2.1.11 Magnésio total .....	113
<b>5 Conclusões .....</b>	<b>115</b>
<b>6 Referências .....</b>	<b>116</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>136</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura é a atividade da produção animal que mais progrediu nos últimos 50 anos, graças ao desenvolvimento de tecnologias e pesquisas nas áreas de nutrição, sanidade, ambiência, genética e manejo das aves. Recentes trabalhos na área de ambiência e a tomada de medidas preventivas de controle de enfermidades, com a adoção de normas de biossegurança, tornaram-na ainda mais produtiva (LOPES, 2007). Conforme Miragliotta et al. (2002), nas condições brasileiras são produzidos, em média, 12 frangos por metro quadrado, que são abatidos ao redor de 45 dias de idade com peso aproximado de 2,30kg. Desta forma, segundo os mesmos autores, a criação de frangos em alta densidade, alojando de 16 a 20 frangos por metro quadrado, visa a um rendimento produtivo superior a 30kg de carne por metro quadrado, o que possibilita uma melhor relação custo/benefício para o produtor. Entretanto, o tipo de criação intensiva de frangos de corte, buscando o aumento da produtividade, também tem elevado o número de condenações no abatedouro (ROSSI, 2007), que se encontra entre 5% e 7% (MENDES, 2001; LEESON; SUMMERS, 2005). Além disso, há um aumento da produção de cama que, segundo Santos e Lucas Junior (2003), é de 1,75kg por frango de corte.

Com a globalização do mercado, a possibilidade de exportar produtos de origem animal tem levado a um crescimento das unidades de criação intensiva, principalmente nos países em desenvolvimento. Limitados por área física e pelo excesso de nutrientes no solo, os países europeus têm aumentado as importações de produtos animais, porém com ressalvas no que se refere ao impacto ambiental causado nas diferentes etapas de transformação da matéria-prima (SEIFFERT, 2000).

Segundo ANUALPEC (2007), a produção brasileira em 2006 foi de 9.354 milhões de toneladas de frangos, sendo que 6.768 milhões de toneladas foram destinadas ao mercado interno e 2.586 milhões de toneladas foram exportadas para vários países, colocando o Brasil em posição de destaque.

No entanto, a avicultura ainda enfrenta alguns desafios, entre os quais está o grande volume de resíduos gerados por este sistema de produção, demonstrando que práticas adequadas de manejo dos resíduos são essenciais para que a indústria avícola cresça e se desenvolva sob as condições de restrições legais atualmente existentes (SEIFFERT, 2000). O plano de manejo de resíduos é constituído por cinco itens, ou seja, pelo zoneamento das instalações, pelo manejo das excretas, pelo manejo das aves mortas, pelo emprego das excretas na fertilização do solo e pelo controle de vetores de doenças (SEIFFERT, 2000).

A legislação ambiental brasileira sofreu expressiva evolução a partir da Constituição de 1988 e prevê regulamentações para a prevenção da poluição atmosférica, da poluição hídrica, e ainda, para a proteção dos mananciais, para o manejo adequado de resíduos e para o controle do uso de agrotóxicos (BRASIL, 1988; CONAMA, 1992; MACHADO, 1992). 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).

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).

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).

O presente trabalho teve como objetivo o estudo da compostagem como tratamento de carcaças avícolas, através do monitoramento de transformações físicas e químicas em função do tempo de compostagem, como alternativa para reduzir o impacto ambiental deste segmento da produção animal.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos orgânicos gerados pela avicultura

O manejo imposto e a intensificação da produção de frangos de corte favorecem a geração de maiores quantidades de resíduos, como a cama e as aves mortas (LUCAS JUNIOR; SANTOS, 2003). A cama de aviário é constituída pelas excretas, pelos restos de ração e pelas penas (ÁVILA; MAZZUCO; FIGUEIREDO, 1992; SPADOTTO, 2006). Santos e Lucas Júnior (2003) afirmam que a produção média de cama é de 1,75kg por frango de corte. No entanto, Santos (1997) verificou que há diminuição significativa na produção de resíduos na granja quando se reutiliza a cama. Segundo o autor, a produção de cama na qual se criou um lote foi de 0,521kg de matéria seca (MS) de cama  $\text{kg}^{-1}$  de peso vivo de ave e, para dois lotes, 0,439kg de MS de cama  $\text{kg}^{-1}$  de peso vivo de ave, indicando que uma reutilização pode diminuir o coeficiente de resíduo (produção de cama) em aproximadamente 16%. Além disso, Underhay e Dickinson (1978, citado por OMALIKO, 1984) demonstraram que durante a decomposição de fezes houve uma diminuição na matéria seca, a qual resultou em aumentos nas concentrações de cálcio, magnésio e ferro.

Também, segundo Kelley et al. (1995), a reutilização de cama além de reduzir os custos com aquisição de cama nova, reduz a degradação ambiental. Ainda, Santos (2005) ressalta que a prática de reutilização de cama tem demonstrado efeitos benéficos para os plantéis, como menor mortalidade e maiores ganhos de peso.

Em relação aos tipos de materiais usados como cama de aviário, a maravalha é um material proveniente do beneficiamento da madeira, apresentando partículas de tamanho aproximado de 3cm, com um bom poder de absorção, sendo o material mais utilizado na avicultura (NEME et al., 2000).

Segundo Paganini (2004), a microbiota da cama é extremamente diversificada, em consequência do contínuo aporte de material fecal, secreções e descamações das aves durante o ciclo de criação e também devido à presença de

fungos e de bactérias do ambiente. Ivos et al. (1966, apud PAGANINI, 2004), avaliaram o crescimento microbiano em cama à base de maravalha e observaram que a população de coliformes cresce rapidamente a partir do 17º dia após o alojamento, atingindo o pico entre o 24º e o 40º dia, sendo que após, decresce rapidamente. Esta redução foi creditada ao equilíbrio microbiológico que se estabelece, decorrente da limitação dos substratos do meio e da liberação de produtos do seu metabolismo. Os autores também observaram correlação positiva entre a população bacteriana e variáveis ambientais, como a temperatura e a umidade.

Conforme Miele e Milan (1983), a cama de aviário é rica em matéria orgânica, sendo um importante condicionador do solo, promovendo o aumento da estabilidade de agregados e da porosidade e ainda, aumentando a capacidade das trocas catiônicas e a capacidade tampão do solo. Ávila, Mazzuco e Figueiredo (1992), analisando as propriedades químicas da cama de aves com três lotes criados, verificaram uma concentração média de 3,3% de nitrogênio (N), 3,5% de fósforo (P), 2,5% de potássio (K) e 70% de matéria seca (MS).

Kiehl (1985) afirma que as raízes das plantas absorvem o N na forma amoniacal ou nítrica, o P nas formas de radicais iônicos e o K na forma catiônica. Para que a matéria orgânica possa fornecer nutrientes às plantas, necessita sofrer um processo de mineralização dos seus constituintes orgânicos. Conforme Marschner (1995), a maior parte do P encontra-se na planta, associada a componentes orgânicos do tecido vegetal, sendo que a sua liberação está intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos. Mengel e Kirky (1987) afirmam que a planta absorve o P nas formas dissociadas do ácido fosfórico, principalmente o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e, em menor proporção, o  $\text{HPO}_4^{2-}$ , dependendo do pH do meio. Kiehl (1985) afirma que há um maior acúmulo de P orgânico quando o pH é ácido e uma maior disponibilidade de P inorgânico em pH alcalinos.

Lucas Junior e Santos (2003) ressaltam que o manejo nutricional interfere diretamente na composição das excretas, determinando uma maior ou menor quantidade de elementos impactantes no meio ambiente. Desta forma, Marschner (1986) comenta que em grãos e sementes, a maior parte do P presente está na forma de fitato (MENGEL e KIRKBY, 1987), que é praticamente indigestível para os animais não-ruminantes, devido à deficiência da enzima fitase para a sua degradação, sendo eliminado nas fezes (PERDOMO; LIMA, 1998). Deste modo,

Sloan et al. (1995) afirmam que os níveis de N e P da excretas podem ser reduzidos através da adoção de novos regimes alimentares, que permitem menores quantidades de elementos impactantes, diminuindo o risco de poluição dos solo e consequentemente das águas subterrâneas e de superfície.

Dai Prá (2006) avaliando as características químicas de dejetos de suínos incorporados a diferentes materiais celulósicos (maravalha, serragem e cama de aviário) e que foram compostados por um período de 105 dias, verificou que o teor de P foi maior no tratamento formado por cama de aviário e dejetos de suínos, devido à presença de excretas de aves. Ainda, Tiquia e Tam (1998) utilizando material proveniente de compostagem de cama de suínos, que recebeu a adição de dejetos líquidos, observou que a fitotoxicidade do material para a germinação de sementes é significativamente afetada pelo tempo de compostagem. No primeiro dia de compostagem, devido à alta toxicidade do material, praticamente não ocorreu germinação das sementes e, no 49º dia de compostagem, a germinação chegou a valores de 80% e 100%, similares ao controle. Este aumento no percentual de germinação se deve ao fato do processo de compostagem eliminar os fatores fitotóxicos, à medida que ocorre a maturação do material.

Porém, cabe ressaltar que o uso da cama de aviário na adubação de pastagem, ou até mesmo na alimentação de bovinos, foi uma prática muito difundida e incentivada no país, até a sua proibição em 2001 pela Instrução Normativa nº. 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como uma das medidas preventivas para se evitar no país os riscos potenciais da encefalopatia espongiforme bovina (MAPA, 2001). No entanto, as inexpressivas ações de educação sanitária e as dificuldades operacionais na fiscalização pelos órgãos oficiais não asseguram a sua exclusão pelos produtores (DUTRA; DÖBEREINER; SOUZA, 2005).

Por outro lado, a mortalidade natural de um ciclo de produção de frangos de corte está em torno de 3% a 5% (APA, 2000), o que representa aproximadamente 0,1% de mortalidade por dia, sendo que a maior mortalidade ocorre na fase inicial da criação, salvo quando as aves passam por condições ambientais adversas, como calor extremo, nas fases de engorda e acabamento, onde pode então chegar a 0,25% por dia (BARTON; BENZ, 1990). Segundo Santos (2001), em um galpão da granja comercial, onde são criadas em média, 15.220 aves, com um índice de mortalidade de 4,42%, foram produzidos ao final de um ciclo de 47 dias, 671,60 kg

de aves mortas, ou 14,30kg de aves mortas por dia. Santos e Lucas Júnior (2003) afirmam que as aves mortas constituem uma considerável proporção dos resíduos gerados na produção de frangos, representando um problema em potencial para os produtores, pois ao contrário da cama de frango, que pode ser reutilizada, as aves mortas constituem um resíduo que permanece na propriedade, o que exige um manejo mais elaborado.

Desta forma, os mesmos autores comentam que os resíduos gerados na avicultura de corte podem, ao mesmo tempo, representar um potencial de poluição ou uma alternativa energética e fertilizante. O direcionamento para cada uma dessas situações depende, exclusivamente, do manejo adotado que, quando bem conduzido, permite o aproveitamento quase que integral dos resíduos produzidos, dentro das condições estabelecidas em cada propriedade.

## **2.2 Matéria orgânica**

Para Kiehl (2005), a expressão “matéria orgânica” refere-se aos materiais de origem vegetal e animal, como os encontrados no lixo domiciliar, nos restos de culturas, bem como de beneficiamento de produtos agroindustriais, podendo estar no estado *in natura* ou em diferentes estágios de degradação. Ainda, Landgraf, Messias e Rezende (2005) afirmam que matéria orgânica é constituída basicamente de substâncias não húmicas, como os aminoácidos, as proteínas, os carboidratos e os ácidos orgânicos e, também, por substâncias húmicas, que são produtos da degradação química e microbiológica de resíduos de animais e plantas. Além disso, Kiehl (1985) ressalta que a fração húmica age sobre as propriedades físicas e físico-químicas do solo, enquanto que a fração não húmica, que está em decomposição, é a principal fonte de nutrientes para as plantas. Neste sentido, Pereira Neto (2007) acrescenta que o húmus é um produto estabilizado biologicamente, rico em nutrientes mineralizados, com alto teor de material coloidal, sendo este resultante da transformação biológica da lignina e de proteínas, que se associam produzindo os ácidos húmicos. Além disso, à medida que o húmus se forma, ocorre aumento da capacidade de troca de cátions do resíduo orgânico, ou seja, há uma maior adsorção de cátions pelas micelas coloidais (KIEHL, 2004). Desta forma, Kiehl (1985) afirma que a água presente no meio cede hidrogênios para o húmus, que os adsorve, liberando o cálcio, o magnésio e o potássio, os quais serão assimilados

pelas raízes. Conforme Veras e Povinelli (2004), resíduos com um maior conteúdo de matéria orgânica apresentam um maior teor de potássio, porque este mineral encontra-se adsorvido eletrostaticamente à matéria orgânica. De outra forma, Haynes (1986, apud MATHEWS; SOLLENBERGER, 1996) afirma que a liberação do cálcio e do magnésio é fortemente influenciada pelas concentrações de lignina e fenólicos solúveis, já que a capacidade de troca catiônica da matéria orgânica tem sua origem nas cargas negativas oriundas dos grupos carboxílicos e fenólicos (KIEL, 1985).

Conforme Kiehl (2004), os resíduos orgânicos a serem compostados devem ter no mínimo 40% de matéria orgânica compostável. O autor afirma ainda que nos primeiros 40 e 60 dias de compostagem ocorrem rápidas alterações na matéria-prima, sendo que aproximadamente 50% da matéria orgânica são metabolizados e convertidos, principalmente, em gás carbônico e vapor de água. Cabe destacar que a matéria orgânica, quando decomposta em condições de aerobiose, tem reação alcalina devido a formação de humatos alcalinos, que promove a elevação do pH do meio (ZAGO et al., 1977; MELLO, 1982). Lima (2006) estudando a compostagem da mistura de materiais como o bagaço de cana, a cinza de bagaço de cana e o esterco de galinha poedeira em recipientes perfurados lateralmente, com capacidade de 60L, sendo alguns enriquecidos com minerais, observou uma elevação no teor de cinzas em todos os tratamentos, sendo que os maiores aumentos foram dos tratamentos que receberam cinzas de bagaço de cana. Diversos pesquisadores afirmam que a degradação do carbono pelos microrganismos, a fim de obter energia, reduz o teor de matéria orgânica e aumenta a concentração de componentes minerais (HE; LOGAN; TRAINA, 1995; SHARMA et al., 1997; TIQUIA; TAM; HODGKISS, 1998b; TIQUIA; TAM, 2000a; TIQUIA; TAM, 2000b). O teor de cinza tende a apresentar-se mais elevado no composto maduro, em decorrência da mineralização da matéria orgânica (HSU; LO, 1999; RAUPP, 2002). Costa et al. (2005a) estudando a compostagem de carcaças avícolas, verificaram uma redução dos teores de N e C e acréscimos nos teores dos demais nutrientes, devido à disponibilização ocorrida pela ação microbiana no material (KIEHL, 1985). Tardieux-Roche (1966 apud EIRA, 1992) afirma que o P estimula a reprodução dos microrganismos, proporcionando um incremento na mineralização da matéria orgânica, bem como na síntese do húmus.

De modo semelhante, outros pesquisadores afirmam que a ação dos microrganismos sobre a decomposição e a humificação da matéria orgânica resulta como produto final o dióxido de carbono, a água, as substâncias húmicas estabilizadas, os sais inorgânicos, além de ocorrer o desprendimento de energia térmica, concentrando assim o nitrogênio no composto orgânico (BIDDLESTONE; GRAY, 1985; HAO; CHANG; LARNEY, 2004). Segundo Tiquia e Tan (2000a), o nitrogênio total, durante o processo de compostagem, tem aumentada a sua concentração devido à intensa degradação dos compostos de carbono e também, quando a perda de sólidos voláteis é maior que a perda de amônia. Entretanto, Kiehl (2004) afirma que quando se compara o teor de nitrogênio total, encontrado em um material a ser compostado, com o conteúdo no final do processo, verifica-se que o valor é sempre maior no final, devido provavelmente a presença de bactérias no composto, principalmente na fase final do processo, que podem fixar o nitrogênio do ar atmosférico. Porém, Jorge (1993) afirma que a determinação do teor de nitrogênio total não indica o quanto desse elemento está disponível às plantas, já que se refere à parte orgânica e amoniacal.

Iannotti et al. (1994) estudaram a compostagem de resíduos urbanos e verificaram que a alteração na relação C/N e no conteúdo de cinzas reflete a decomposição e a estabilização da matéria orgânica, durante o processo de compostagem. Ainda, afirmam que o rápido decréscimo da relação C/N e o incremento no conteúdo de cinzas, que ocorre no início do processo, seguido de uma fase estacionária no período intermediário e de uma fase lenta no final, seguem a mesma tendência de outros materiais orgânicos em sistemas de compostagem. Dai Prá (2006) avaliando as características químicas de dejetos de suínos incorporados à diferentes materiais celulósicos (maravalha, serragem e cama de aviário) e compostados por um período de 105 dias, verificou que o teor de matéria orgânica diminuiu ao longo do processo de compostagem. Lima (2006) afirma que a intensidade da redução da matéria orgânica varia conforme a natureza do material utilizado na compostagem.

### **2.3 Compostagem**

A compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos de reciclagem, durante o qual a matéria orgânica é transformada em fertilizante

orgânico. Além de ser uma solução para os problemas dos resíduos sólidos, o processo de compostagem proporciona o retorno da matéria orgânica e de nutrientes ao solo (HAUG, 1980).

Conforme Bidone (2001), a compostagem é um processo de decomposição aeróbia, onde a ação e a interação dos microrganismos dependem da ocorrência de condições favoráveis, como a temperatura, a umidade, a aeração, o pH, o tipo de compostos orgânicos existentes, a relação C/N, a granulometria do material e as dimensões das leiras. É importante ressaltar que esses fatores ocorrem simultaneamente e que a eficiência do processo de compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento desses fatores (PEIXOTO, 1988).

Para Kiehl (2004), a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, sendo caracterizada por uma fase inicial e rápida de fitotoxicidade. Esta fase é caracterizada por células microbianas em estado de latência, mas com uma intensa atividade metabólica, com elevada síntese de DNA e de enzimas (CORRÊA, 2003). Posteriormente, ocorre uma fase de bioestabilização, atingindo finalmente a terceira fase, onde ocorre a humificação ou maturação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, como N, P, Ca e Mg, que passam da forma orgânica para a inorgânica, ficando disponíveis às plantas (KIEHL, 1985). Entretanto, o K é normalmente o nutriente mais prontamente liberado pelos resíduos orgânicos, por ser um elemento presente nos tecidos vegetais sob a forma iônica, não integrando compostos vegetais (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Já, Hungria e Urquiaga (1992) acreditam que os microrganismos possam ser responsáveis pela mineralização de aproximadamente 1/3 da quantidade total de K, 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 dos mesmos. Além disso, Marschner (1995) ressalta que o processo de liberação do K tem pequena dependência dos processos microbianos.

Além disso, Tedesco et al. (1999) acrescentam que neste estágio, ocorrem reações complexas de condensação e polimerização que conduzem à formação das substâncias húmicas estáveis que caracterizam o composto. Landgraf, Messias e Rezende (2005) acrescentam ainda que um dos indicativos da bioestabilização da

matéria orgânica é o início da transformação do N-orgânico em suas formas minerais.

A compostagem trata-se, portanto, de um processo biológico aeróbio de transformação da matéria orgânica, apresentando como produto final um composto estabilizado e sanitizado, devido à produção de calor gerada pelos diversos microrganismos envolvidos na degradação (COSTA et al., 2005a).

O uso da compostagem para a disposição de carcaças de aves foi mencionado inicialmente por Murphy (1988), cujos trabalhos indicaram que essa técnica constitui-se em um meio econômico e biologicamente seguro de converter carcaças resultantes da mortalidade diária em um material inodoro, com características de húmus, sendo útil como condicionador do solo. Pereira Neto e Stentiford (1992) afirmam que, quando devidamente conduzido, este processo de tratamento de resíduos apresenta uma maior flexibilidade operacional, combinando baixo custo e alta eficiência, sendo considerado ambientalmente correto para a disposição de carcaças de animais mortos. Desta forma, He, Logan e Traina (1995) afirmam que no processo de compostagem há uma acentuada redução do volume e do peso específico do material bruto, que foi adicionado no início do processo. Ocorrem também reduções dos teores de N e C, em razão das perdas por volatilização e respiração (TIQUIA; TAM, 2002) e acréscimos nos teores dos demais nutrientes, devido à disponibilização ocorrida pela ação dos microrganismos no material (KIEHL, 1985). Além disso, Dai Prá et al. (1999) observaram que o material resultante da compostagem de suínos mortos não apresentou contaminação por *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, além de espécies de *Salmonella*. Da mesma forma, Escosteguy, Parchen e Selbach (1993) verificaram que, com exceção dos coliformes totais, não foram constatados organismos patogênicos no composto de resíduos domiciliares urbanos, sendo a temperatura elevada, que ocorre durante todo o processo, um indicativo da destruição destes microrganismos.

Conforme Ancona e Muñoz (1994), o processo de compostagem de carcaças de aves deve ser realizado em dois estágios. Blake e Donald (1992), afirmam que a finalidade do primeiro estágio está em 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 propriamente dito. Ainda os mesmos autores comentam que a diferença entre os dois estágios está na presença de oxigênio. Murphy (1991) ressalta que no primeiro estágio, devido à



sobreposição dos materiais, há uma compactação natural, o que provoca a expulsão do oxigênio. No segundo estágio, a realização de revolvimentos freqüentes promove a aeração mais uniforme e efetiva, o que favorece o aumento da temperatura (PEREIRA NETO, 1994).

Os principais cuidados na compostagem de carcaças de aves dizem respeito aos procedimentos e ao local onde se realiza o primeiro estágio do processo, sendo relevantes para a sua biossegurança (ZANELLA, 1999). A possibilidade de contaminação do solo, bem como das águas subterrâneas, preconiza a existência de um piso impermeável para conter a infiltração do chorume produzido durante o processo (RITTER; CHIRNSIDE, 1995). 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) havendo necessidade, portanto, da realização do processo em local coberto (SILVA et al., 1997). Outro grande impasse da compostagem de carcaças de aves reside no ataque de animais domésticos ou silvestres, visto que revolvem as leiras em busca das carcaças para alimentação, sendo grandes disseminadores de doenças (ZANELLA, 1999), havendo necessidade de proteger o local onde será realizado o primeiro estágio da compostagem, através da utilização de telas ou outros artifícios.

### **2.3.1 Fatores que afetam a compostagem**

#### **2.3.1.1 Microrganismos**

O processo de compostagem é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos envolvidos, devido às modificações nas condições do meio, sendo praticamente impossível identificar todos os organismos presentes (MILLER, 1992). Pereira Neto (2007) afirma que a intensidade da atividade dos microrganismos decompositores, nos processos de compostagem, está estritamente relacionada à diversificação e a concentração de nutrientes. McKinley e Vestal (1985 apud TIQUIA; TAM 2000a), afirmam que a microbiota do composto determina a taxa de velocidade do processo de compostagem e produz a maior parte das modificações químicas e físicas do material. 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). Alguns pesquisadores

afirmam que microrganismos como as bactérias, os fungos e os actinomicetos transformam a matéria orgânica *in natura* em húmus, alimentando-se de macronutrientes e de micronutrientes presentes na massa em compostagem (TAUK, 1990; KIEHL, 2004). Tsai e Rosseto (1992) ressaltam que as bactérias e os actinomicetos acumulam mais P, do que os fungos e as plantas.

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), que excretam enzimas e digerem o seu alimento fora da célula (PRIMAVESI, 1981). Conforme Feigl, Melillo e Cerri (1995), a biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica, sendo o agente de transformações bioquímicas (JENKINSON; LADD 1981 apud ASSIS et al., 2003). Smith e Paul (1990) ressaltam que o entendimento dos processos microbianos é importante para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica. Segundo Tsai e Rosseto (1992), esses microrganismos assimilam o fósforo orgânico, utilizando-o na formação e no desenvolvimento de suas células, sendo necessário para a síntese dos ácidos nucléicos e para os fosfolipídios componentes da membrana celular. Kiehl (2004) ressalta que o fósforo imobilizado nas células microbianas é liberado quando o microrganismo morre, estando novamente disponível às plantas.

Para digerí-los, os microrganismos liberam enzimas hidrolíticas, as quais retiram porções da matéria orgânica na forma solúvel e de baixo peso molecular, sendo necessária nesta fase, a presença de oxigênio, para que a matéria orgânica já absorvida seja metabolizada (KIEHL, 2004). Além disso, o tempo necessário para que se processe a decomposição e a mineralização é, em grande parte, determinado pela concentração de N da matéria orgânica (PEREIRA NETO, 2007).

Durante a decomposição, os microrganismos absorvem carbono e N da matéria orgânica na relação 30/1, sendo que das 30 partes de carbono assimiladas, 2/3 são eliminadas na atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> e 1/3 é imobilizado, ou seja, convertido da forma mineral para a orgânica, sendo incorporado ao protoplasma celular, vindo posteriormente a constituir o húmus (HOWARTH, CHURCHILL, 1995; ELLIOTT; SHARMA et al., 1997; AQUINO; OLIVEIRA; LOUREIRO, 2005a). Assim, em toda mineralização há um componente de imobilização, uma renovação da matéria orgânica e uma assimilação de nutrientes minerais, que promovem o crescimento e a manutenção da biomassa (AQUINO et al., 2005b). Adicionalmente,

de acordo com Pereira Neto (1996), os microrganismos regulam automaticamente os valores extremos de pH dos substratos, por meio da degradação de compostos que produzem subprodutos ácidos ou básicos, em função da necessidade do meio.

No início da decomposição dos resíduos orgânicos, na fase mesófila, predominam bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, promovendo a liberação de calor na massa em compostagem (CORRÊA et al., 1982). Nesta fase, ocorre também a atuação de fungos, que são seres heterotróficos, pois utilizam a matéria orgânica sintetizada pelas bactérias e outros microrganismos, como fonte de energia (PEREIRA NETO, 2007). Esses microrganismos são produtores de ácidos, que degradam as proteínas, os amidos e os açúcares (TURNER, 2002). Com o aumento da temperatura devido à liberação de calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos (PEIXOTO, 1988), havendo a multiplicação de actinomicetos, das bactérias e dos fungos termófilos (RIFFALDI et al., 1986). Os microrganismos mesófilos decompõem-se rapidamente, incorporando nitrogênio na forma inorgânica à massa de compostagem (BARLEY, 1965). Nesta fase as bactérias degradam os lipídeos e frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (KIEHL, 1985). Esses microrganismos têm a capacidade de utilizar a celulose como fonte de carbono e energia (MELO, 2000), que é o mais abundante polímero encontrado na matéria orgânica vegetal (TAUK, 1990). A lignina é extremamente resistente ao ataque de microrganismos, sendo o último material a ser degradado na compostagem (KIRK; FARRELL, 1987).

Kiehl (2004) afirma que durante todo o processo, ocorre produção de calor, desprendimento de CO<sub>2</sub> e de vapor de água, sendo estas características relacionadas ao metabolismo exotérmico dos microrganismos, à respiração dos mesmos e à evaporação de água, que é favorecida pelo aumento da temperatura gerada no interior da massa em compostagem (ZUCCONI; BERTOLDI, 1991).

### **2.3.1.2 Umidade**

Conforme Rodrigues et al. (2006), a umidade considerada ideal para a compostagem varia de 50 a 60%, sendo indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos (STENTIFORD, 1996 apud TIQUIA; TAM; HODKISS, 1998b). Richard et al. (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a

atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. Miele e Milan (1983) acrescentam que o manejo adotado influencia na umidade da cama de aviário, que pode variar de 26,5 a 67,8%.

O excesso de umidade 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 (ECOCEM, 2004) e afetando as propriedades físicas e químicas do composto (ANGHINONI, 1985; TIQUIA, TAM; HODKISS, 1998c). 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).

Barrington et al. (2003) estudaram o efeito da aeração passiva e ativa na compostagem de dejetos de suínos com três substratos diferentes (maravalha, palha e feno) e com níveis de 60%, 65% e 70% de umidade. Os pesquisadores concluíram que a umidade é um fator determinante nos padrões de temperatura alcançados durante a compostagem, principalmente no caso dos substratos maravalha e palha. Ainda, verificaram que, no caso da maravalha, a umidade de 65% influenciou no aumento da temperatura nos regimes de aeração adotados. Já, no caso da palha, a umidade de 70% proporcionou as temperaturas mais altas para os regimes de aeração. No entanto, os mesmos pesquisadores concluíram que o fator umidade teve efeito sob a temperatura apenas entre o 2º e o 6º dia.

Tiquia, Tam e Hodkiss (1996) realizaram um experimento com o objetivo de avaliar a influência de três níveis de umidade (50, 60 e 70%) na atividade microbiana em compostagem de cama de suínos. Os resultados indicaram um efeito significativo do percentual de umidade 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. Sivakumar et al. (2007) estudaram a compostagem de carcaças de frangos, de excretas de frangos e de palha e verificaram que o teor de umidade entre 40 e 65% estimulou a atividade microbiana.

Larney et al. (2000) verificaram que o teor de umidade na massa em compostagem no inverno foi significativamente menor do que no verão. Isto pode

ocorrer devido à ação do vento no local, que faz com que a leira perca mais água do que em dias ensolarados sem vento (KIEHL, 2004).

### **2.3.1.3 Oxigênio**

Conforme Dai Prá (2006), a compostagem pode ser classificada como aeróbia e anaeróbia. Na compostagem 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, havendo a liberação de gás carbônico e água (KIEHL, 2004). Em contrapartida, a compostagem anaeróbia é realizada por bactérias quimioheterotróficas e metanogênicas, sendo caracterizada pela baixa temperatura, pelo maior tempo de cura em relação ao processo aeróbio e pelas reações de redução química de produtos intermediários, que ocorrem na massa em fermentação, produzindo metano e gás carbônico (SPEECE, 1983 citado por LUCAS JR, 1995).

Peixoto (1988) afirma que a aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica. Da mesma forma, Pereira Neto (1994) comenta que a aeração é o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação do material orgânico e de diminuir a emissão de odores. De acordo com Peixoto (1988 apud Goulart 1997), 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).

Para alguns pesquisadores as leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais, fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão em decomposição mais adiantada (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1994; VITORINO; PEREIRA NETO, 1994; SILVA et al., 2001). Segundo Kiehl (2004), revolvimentos freqüentes permitem a redução do excesso de umidade de um material em processo de compostagem. De outra forma, Pereira Neto et al. (1988)

afirmam que a temperatura ambiente elevada e a baixa umidade relativa do ar, favorecem sensivelmente a evaporação da água contida nos materiais compostados. Entretanto, Kiehl (2004) ressalta que o excesso de aeração pode secar demais a leira, acarretando a formação de canais preferenciais para a passagem do ar, prejudicando a distribuição uniforme do oxigênio por toda a massa. Lau et al. (1992) afirmam que um suprimento excessivo de ar pode fazer com que a perda de calor seja mais intensa do que a produção de calor microbiano. Além disso, Costa et al. (2005b) acrescentam que a intensificação dos revolvimentos nas leiras em compostagem diminui o tempo de compostagem, porém pode representar aumento nos custos com mão-de-obra.

Dai Prá (2006) trabalhando na transformação de dejetos líquidos em sólidos por meio da compostagem, observou um aumento da temperatura da massa em compostagem, após o revolvimento a cada três dias, em todos os tratamentos avaliados.

Tiquia, Tam e Hodgkiss (1997), em experimento testando diferentes frequências de aeração na compostagem de cama, oriunda do sistema de criação de suínos, com umidade corrigida para 50% no início do período experimental, sugerem que revolver a pilha a cada 2 ou 4 dias é mais adequado ao processo de compostagem quando comparado à frequência de 7 dias. Costa et al. (2006) avaliaram os efeitos dos revolvimentos realizados a cada 7 dias, durante o segundo estágio da compostagem de carcaças de aves e constataram um aumento da temperatura. Em trabalho realizado no Canadá, Fernandes e Zhan (1994) estudaram a distribuição e a variação da temperatura em pilhas aeradas de composto de esterco de frango e obtiveram temperatura de 45°C em 2 dias. A aeração foi feita com o uso de tubos plásticos colocados sob a leira e os resultados indicaram que a difusão e a convecção são importantes mecanismos de aeração passiva. No entanto, Taiganides (1977) afirma que quando o estágio termofílico é completado, a taxa de aeração deve ser diminuída de forma a prevenir o resfriamento rápido da leira de compostagem. Em experimento mais recente, Costa et al. (2005a) avaliaram o efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaças de aves e concluíram que houve semelhança no comportamento da temperatura, tanto no sistema com aeração como no sem aeração.

#### 2.3.1.4 Relação C/N

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). O conhecimento desta relação permite avaliar o grau de fertilidade do material, pois dos muitos elementos necessários para que os microrganismos se desenvolvam o C e o N são considerados os mais importantes (HAMMOUDA; ADAMS, 1989; LANDGRAF; MESSIAS; REZENDE, 2005). É consenso entre vários pesquisadores que quando a relação C/N está em torno de 18/1, o composto atingiu a fase de bioestabilização e a relação C/N em torno de 10/1 configura um composto humificado (KIEHL, 1985; NAMKOONG et al. 1999; BENITO et al. 2003; HUANG et al. 2004). Ainda, Morrel et al. (1985) salientam que a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes, bem como no produto final, para efeito de qualidade do composto. Contudo, para Brito (2003), a relação C/N não pode ser considerada um indicador absoluto do estado de maturação de um composto, devendo ser interpretada sempre de acordo com as características iniciais dos materiais orgânicos. Para Sharma et al. (1997), a relação C/N é um índice utilizado para avaliar os efeitos significativos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende do conteúdo de C e também do conteúdo de N.

O C é uma fonte energética para o metabolismo, sendo o material básico para a construção de células microbianas, perfazendo cerca de 50% da sua massa total (RODRIGUES et al, 2006). Conforme Cerri, Andreux e Eduardo (1992), o C é o elemento predominante nos resíduos vegetais, encontrando-se em menor proporção nos tecidos animais. Tauk (1990) afirma que entre 50 e 80% da matéria seca dos vegetais é carboidrato, enquanto os microrganismos contêm até 60% do C orgânico. Entretanto, este C pode estar retido na forma de compostos altamente resistentes à degradação microbiológica (RODRIGUES et al., 2006). A celulose, por apresentar uma estrutura simples, necessita de um número pequeno de enzimas para a sua degradação pelos microrganismos. No entanto, a lignina é um polímero mais complexo, o que faz com que a sua degradação pelos microrganismos seja bastante dificultada (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986). Conforme Costa (2005), a qualidade do C, a ser digerido, também interfere na velocidade e na quantidade de carbono que será

transformado em  $\text{CO}_2$  durante a compostagem. Quanto mais recalcitrante for o C (maravalha, por exemplo), menor será a velocidade de decomposição e menor a porcentagem de redução final em peso num mesmo período de tempo. Canabarro et al. (2004) em trabalho abordando a cinética de mineralização do C, contidos em cama sobreposta, que foi aplicada no solo, observaram que a mineralização do C foi mais lenta desde o início do processo de decomposição.

Já, o N é o elemento crucial na formação de proteínas, de ácidos nucléicos, de aminoácidos, de enzimas e de co-enzimas necessários para o crescimento e funcionamento celular (ALEXANDER, 1977; RODRIGUES et al., 2006). Camargo et al. (1999) ressaltam que o nitrogênio da maioria dos aminoácidos é removido como amônio ( $\text{NH}_4$ ), que é a forma assimilada pelos microrganismos, antes de ocorrer a decomposição significativa da parte da molécula contendo o C. Entretanto, através do processo de compostagem, o N orgânico passa, primeiramente, para a forma amídica ( $\text{NH}_2$ ) (VICTORIA; PICCOLO; VARGAS, 1992; KIEHL, 2004) e, posteriormente, através do processo de amonificação, transforma-se em N amoniacal.

Vários autores concordam que a relação C/N ideal, para iniciar o processo de compostagem, deve estar entre 25/1 e 35/1 (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986; HAUG, 1993; LOPEZ-REAL, 1994; PEREIRA NETO, 1996; FONG; WONG; WONG, 1999; KIEHL, 2004). Isto se deve ao fato de que durante a decomposição, os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30/1, conforme anteriormente apresentado, sendo que das 30 partes de carbono assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular (HOWARTH; ELLIOTT; CHURCHILL, 1995; GORGATI, 2001; KIEHL, 2004). Porém, Peixoto (1988) afirma que a quantidade de N exigida por unidade de C varia com os tipos de microrganismos envolvidos no processo. No entanto, Zhu (2007) trabalhando com compostagem de esterco de suínos e palha de arroz verificou que a relação inicial de 20/1 foi benéfica ao processo de compostagem. Entretanto, Lopez-Real (1994) comenta que baixos valores de C/N induzem a perdas de N na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ), em particular a altas temperaturas e em condições de aeração forçada, reduzindo o teor do elemento no produto acabado. Kiehl (2004) afirma que na fase de bioestabilização é encontrado um maior teor de N amoniacal, enquanto que na fase de maturação o N está na forma de nitrato. Porém, cabe ressaltar que os percentuais de N também



são afetados por outros fatores, como a umidade, o pH, a quantidade e a natureza do material orgânico (THOMPSON; PAIN; REES, 1990; CAMARGO et al., 1999). Além disso, Sommer e Olsen (1991) afirmam que os resíduos orgânicos com maiores teores de matéria seca favorecem as perdas de N por volatilização.

Pagans et al. (2006) comentam que quando a temperatura ultrapassa a faixa entre 25°C e 30°C, há um desequilíbrio entre a mineralização e a imobilização, intensificando assim o primeiro processo, havendo a liberação de uma quantidade maior de N na forma orgânica. De outra forma, cabe evidenciar que a formação de N mineral, assimilável pelas plantas, é sempre acompanhada pelo processo reverso, ou seja, a imobilização em formas orgânicas, que é decorrente do metabolismo celular de microrganismos (VICTORIA; PICCOLO; VARGAS, 1992). No entanto, Sanchez-Monedero et al. (2001) afirmam que o amônio produzido é oxidado a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), quando a temperatura da mistura está acima dos 40°C e também quando há condições favoráveis de aeração. Entretanto, Grunditz e Dalhammar (2001) afirmam que o aumento da temperatura inibe o processo de nitrificação. Neste sentido, Beck-Friis et al. (2001) observaram que a emissão de amônia inicia quando ocorrem temperaturas maiores que 45°C e também, quando o pH está em torno de 9,0, sendo que as perdas iniciais de N total variaram entre 24% e 33%. Porém, Tsai, Baraibar e Romani (1992) comentam que o processo de nitrificação pode ocorrer também em baixas temperaturas. Ainda, os mesmos autores salientam que a temperatura de atividade mínima é menor para as Nitrossomonas do que para as Nitrobacter, sendo que esta última fica inativa em extremos menores que 5°C e maiores que 40°C. No entanto, diferentemente do processo de amonificação, as bactérias nitrificantes diminuem o pH do meio, devido a liberação de íons hidrogênio.

Um estudo realizado por Basso et al. (2004), com o objetivo de determinar as perdas de N por volatilização de amônia, através da aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo do município de Santa Maria/RS, concluiu que o alto percentual médio de perdas de N por volatilização de amônia (33%), no mês de dezembro, foi favorecido pelas altas temperaturas máximas e mínimas, pelo maior percentual de N mineral em relação ao nitrogênio total e pelo maior teor de matéria seca, que foi de 8,85%. No entanto, na avaliação feita em outubro, as perdas de N por volatilização foram inferiores, mesmo o dejetos possuindo maior teor de matéria seca, sendo este fato associado ao menor pH do dejetos (6,6).

Segundo Haug (1993), valores mais elevados de relação C/N significam que não há N suficiente para um ótimo crescimento das populações microbianas, havendo consumo de N do solo pelos microrganismos, prejudicando assim a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos, que será reduzida. Kiehl (1985) ressalta que quando o excesso de C for eliminado, a matéria orgânica húmica estará sendo mineralizada. Desta forma, resíduos orgânicos que possuem uma elevada relação C/N, apresentam uma redução do teor de N, que afeta o crescimento das populações microbianas, o que provoca uma redução da mineralização do P (EIRA, 1992; HAUG, 1993).

Rivera-Rosário (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. Benito et al. (2006) trabalhando com compostagem de resíduos de podas, verificaram que a relação C/N variou entre 22/1 e 48/1. Contrariando os autores, Chanyasak e Kubota (1981) realizaram estudos sobre as mudanças na relação C/N de diferentes resíduos e constataram que os valores permaneceram constantes entre 5/1 e 6/1, sem importar o tipo de material utilizado na compostagem. Entretanto, sendo estes valores próximos à relação C/N da composição celular dos microrganismos, a relação pode ser mascarada pela presença de compostos orgânicos de composição similar que não tenham sido degradados (Chanyasak, 1980, 1981, 1982), como fibras de celulose e lignina (RODRIGUES et al., 2006).

Pesquisa conduzida por Silva (2005), que avaliou a compostagem de diferentes combinações de resíduos do processamento de plantas medicinais com esterco bovino, demonstrou que houve reduções significativas nas concentrações de C total nos primeiros 30 dias de compostagem, para os compostos C2 (resíduos de cascara sagrada + esterco bovino), C3 (resíduos de ipê roxo + esterco bovino) e o C4 (resíduos de boldo + esterco bovino), sendo que para o composto C1 (resíduos de unha de gato + esterco bovino) a redução foi menor, devido ao maior teor de lignina. Neste sentido, Lima (2006) estudando a compostagem da mistura de diversos materiais, como o bagaço de cana, a cinza de bagaço de cana e o esterco de galinha poedeira (CS) e ainda, enriquecidos com minerais, em recipientes perfurados lateralmente, com capacidade de 60L, observou que o teor de lignina se elevou rapidamente nos primeiros 90 dias, seguindo de uma redução até o final do processo. Os microrganismos heterotróficos utilizam preferencialmente os

carboidratos como fonte de C, devido à lenta biodegradação da lignina, que se apresenta bastante resistente ao ataque enzimático, reduzindo assim o teor de celulose e hemicelulose nos primeiros 90 dias de decomposição (SANTOS; GRISI, 1979; DINEL; MEHUYS; LÉVESQUE, 1991; PEREZ; JEFFERIES, 1993). O mesmo pesquisador verificou que as magnitudes das perdas de C dos compostos orgânicos variaram de acordo com o tratamento, sendo que a maior perda foi registrada no tratamento SM (CS + pó de rocha serpentinito + micaxisto) na ordem de 81,05% e a menor, no tratamento M+G (bagaço de cana + farelo de mamona + pó de gnaise) com 19,66%, indicando que tanto a natureza dos materiais utilizados na compostagem quanto o enriquecimento mineral, afetam a mineralização do C e a sua conseqüente perda. Outros pesquisadores verificaram que a natureza do material e a condução da compostagem afetam fortemente a concentração de C total durante o processo de compostagem (LEITA; DE NOBILLI, 1991; IMBAR; HADAR; CHEN, 1993; SILVA, 2005). Além disso, Carneiro (1995) afirma que em meio mais ácido a população de bactérias e actinomicetos se restringe consideravelmente, e a formação de moléculas simples como a água e o CO<sub>2</sub>, resultantes da mineralização primária do composto são reduzidas, contribuindo assim para a redução das perdas de C. Desta forma, diversos pesquisadores afirmam que a redução do C total, que ocorre no processo de compostagem, pode ser atribuída à atividade respiratória dos microrganismos (TIQUIA; TAM, 2002a; TRIPATHI; BHARDWAJ, 2004; MELO; MELO; MELO, 2007).

Loureiro et al. (2007) avaliaram a compostagem de resíduos domiciliares com e sem adição de esterco bovino e observaram uma redução no teor de C total, ao longo de 27 dias de compostagem. Já, Costa et al. (2006) compostaram carcaças avícolas e cama de aviário por um período de 180 dias e constataram que houve uma redução nos teores de carbono total durante o primeiro e segundo estágios. Conforme Golueke e Diaz (1991), é possível que a presença de inoculantes, como o esterco de galinha, contribua para elevar o pH, o que pode possibilitar, segundo Iyengar e Bhave (2005), maiores perdas de C, como conseqüência de uma maior atividade microbiana no meio.

Zhang e He (2006) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a evolução das características físico-químicas ao longo do processo de compostagem com diferentes teores de dejetos sólidos de suínos e de material celulósico (serragem de pinus, folhas de chá e resíduos vegetais) e verificaram que o carbono

é decomposto continuamente, até dióxido de C ou incorporado na biomassa durante a fase termófila, enquanto que a decomposição do N e do P ocorre principalmente na fase mesófila.

Amorim, Lucas Júnior e Resende (2005) trabalharam com compostagem de dejetos de caprinos em diferentes estações do ano no município de Jaboticabal/SP e observaram que houve efeito das estações do ano no declínio da relação C/N ao longo do período de compostagem. Segundo os mesmos autores, este fato pode estar relacionado à sazonalidade na produção de alimentos, visto que, durante o período da seca, que compreende a estação de inverno e parte da primavera, há menor incidência de chuvas e, portanto, maior dificuldade na produção de forragens, ocorrendo perdas de qualidade e quantidade, levando à redução da digestibilidade dos alimentos e conseqüentemente do enriquecimento das fezes.

Imbar, Che e Hadar (1990) observaram que a relação C/N diminuiu rapidamente de 27/1 para 10/1 durante os primeiros 60 dias de compostagem de resíduos das indústrias de alimentos. A relação C/N e o tempo de compostagem tiveram uma alta correlação ( $r^2=0,99$ ). Corrêa (1998) avaliando diferentes tipos de camas na criação de suínos, como casca de arroz, maravalha, sabugo de milho e serragem, verificou que no alojamento dos animais, no primeiro lote, os materiais apresentaram, respectivamente, os seguintes valores para a relação C/N: 85/1; 513/1; 87/1 e 179/1, sendo que ao final de três lotes criados sobre estas camas, os valores reduziram para 14/1; 15/1; 12/1 e 20/1, respectivamente. Isto ocorre porque, cada vez que compostos orgânicos são consumidos pelos microrganismos, 2/3 do C é liberado na forma de dióxido de carbono para a atmosfera e apenas 1/3 é incorporado às células microbianas juntamente com o N (HOWARTH; ELLIOTT; CHURCHILL, 1995). Ainda, Dai Prá (2006) trabalhando na transformação de dejetos líquidos de suínos em sólidos, através da incorporação à diferentes materiais celulósicos, que foram compostados por um período de 105 dias, observou que à medida que foram adicionados os dejetos aos substratos maravalha (212/1) e serragem (217/1), a relação C/N reduziu em ambos os tratamentos, sendo 21/1 e 20/1, respectivamente. No entanto, a relação C/N aumentou no tratamento cama de aviário, passando de 5/1 para 15/1, indicando que os dejetos atuaram como fonte de C. Neste contexto, Alexander (1977) afirma que, durante o processo de mineralização, os aminoácidos liberados pelas proteases são utilizados como fonte de C e de N por um número considerável de microrganismos heterotróficos. Kelleher

et al. (2002) ressaltam que a baixa relação C/N dos resíduos orgânicos provenientes da avicultura, contribuem para a maior perda de amônia. Ainda, Malavolta, Romero e Liem (1979) afirmam que durante o processo de fermentação do esterco perde-se até 60% do N na forma de amônia em um período de quatro meses.

Por sua vez, Gorgati (2001) estudando a compostagem com a fração orgânica do lixo urbano do município de São Lourenço do Sul/SP verificou que independente das relações C/N iniciais dos materiais coletados na primavera, no verão, no outono e no inverno serem, respectivamente, 10/1, 13/1, 17/1 e 14/1, a relação C/N média foi de 11/1 para as leiras descobertas e de 6/1 para as que permaneceram cobertas, indicando uma estabilização do material orgânico ao longo do período. Cravo, Muraoka e Giné (1998) estudaram compostos de lixo urbano, que foram obtidos em várias usinas de compostagem e encontraram valores médios de relação C/N que variaram entre 11/1 e 13/1. Assim como Queiroz, Lima e Fernandes (1998) obtiveram valores de 11/1 e 18/1, respectivamente, para composto a partir de lixo não selecionado e selecionado.

Lima (2006), estudando a compostagem da mistura de diversos materiais como o bagaço de cana, a cinza de bagaço de cana e o esterco de galinha poedeira (CS) em recipientes perfurados lateralmente, com capacidade de 60L, sendo que alguns tratamentos foram enriquecidos com minerais, verificou que ao final de 120 dias de compostagem, os tratamentos SA (CS + sulfato de amônio), TF (CS + torta de filtro), M+G (bagaço de cana + farelo de mamona + pó de gnaïsse) e M-G (bagaço de cano + farelo de mamona), apresentaram relações C/N que variaram entre 11/1 e 14/1.

Outro importante fator a ser considerado e que tem influência direta na relação C/N é a proporção utilizada entre o material a ser compostado e o material celulósico. Tiquia e Tam (2000a) trabalhando com compostagem de dejetos de suínos, utilizaram a proporção de 2:1, ou seja, duas partes de cama de aviário para uma parte destes dejetos, com aeração forçada, por um período de 77 dias. Porém, Lau et al. (1992) estudando a taxa e a frequência de aeração em sistemas de compostagem de dejetos de suínos, recomendam a proporção de 5:1, isto é, cinco partes de cama de aviário para uma parte de dejetos. Costa et al. (2006) estudando o processo de compostagem de carcaças avícolas, utilizaram a proporção de 3:1, ou seja, para cada 3kg quilos de cama de aviário foram adicionados 1kg de carcaças de aves mortas. No entanto, Sivakumar et al. (2007) utilizaram na compostagem de

carcaças de aves, a proporção de 3:1:1,75; ou seja, para cada 3kg de excretas de aves foram adicionados 1 kg de carcaça e 1,75 kg de palha. Ainda, Curci et al. (2007) utilizaram, no processo de compostagem de carcaças de bovinos, a maravalha como material carbonáceo, na proporção de 11:1, isto é, para cada 11L de maravalha foi adicionado 1kg de carcaça.

### 2.3.1.5 pH

A faixa de pH entre 5,5 e 8,5 é considerada ótima para os microrganismos responsáveis pela compostagem, devido a maioria das enzimas estarem ativas nesta faixa de pH (PRIMAVESI, 1981; TIQUIA; TAM; HODGKISS, 1998c; RODRIGUES et al., 2006). Porém, Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, sendo que 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. Porém, Primavesi (1981) afirma que as alterações do pH podem ativar ou quase inativar as enzimas presentes nos microrganismos. Gorgati (2001) ressalta que o pH alcalino no início do processo de compostagem acarreta perdas de N pela volatilização de amônia. Victoria, Piccolo e Vargas (1992) afirmam que a hidrólise da amônia ( $\text{NH}_3$ ) acarreta um aumento do pH, devido à produção de hidroxilas, transformando-se em amônio ( $\text{NH}_4$ ). Entretanto, a amonificação é muito menos sensível à mudanças do pH, devido a heterogeneidade de microrganismos envolvidos neste processo (TSAI; BARAIBAR; ROMANI, 1992). Terzich (1997) comenta que a liberação de amônia é menor quando o pH da cama está abaixo de 7,0, mas é maior quando está acima de 8,0, porque uma das principais bactérias ureolíticas, o *Bacillus pasteurii*, não consegue crescer em pH neutro, mas se desenvolve na cama com pH acima de 8,5.

Ainda, Rodrigues et al. (2006) acrescentam que inicialmente as bactérias e os fungos digerem a matéria orgânica, produzindo compostos fitotóxicos, devido à liberação de ácidos orgânicos, que tornam o meio mais ácido do que a própria matéria-prima original. Carneiro (1995) ressalta que em meios ácidos, a população de bactérias e actinomicetos se restringe consideravelmente. Ainda, Lima (2006) afirma que a formação de moléculas simples como a água e o gás carbônico, que são resultantes da mineralização primária do composto, são reduzidos, contribuindo

assim para a redução das perdas de C. Entretanto, Kiehl (2004) afirma que esses ácidos orgânicos, bem como os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases, que são liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Além disso, cabe evidenciar que situações anaeróbias podem favorecer o acúmulo de ácidos orgânicos, acarretando queda no pH e limitando a atividade microbiana, que poderá ser controlada através de revolvimentos, a fim de permitir a penetração do oxigênio na massa em compostagem (ROGRIGUES et al., 2006). Sundberg, Smars e Jönsson (2004) concluíram que, durante a fase inicial do processo de compostagem de restos de restaurantes, temperaturas próximas de 46°C e pH abaixo de 6,0 inibem a atividade de microrganismos. MacKenzie, De Luca e Sala (2006) afirmam que o pH é responsável pelo equilíbrio entre o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e a amônia ( $\text{NH}_3$ ), sendo que quando a amônia é perdida por volatilização, ocorre uma dissociação do íon  $\text{NH}_4^+$ , diminuindo assim o pH. Kiehl (1985) acrescenta que o pH das leiras em compostagem varia em função do material empregado na sua confecção. Lima (2006), estudando a compostagem da mistura de diversos materiais, como o bagaço de cana, a cinza de bagaço de cana e o esterco de galinha poedeira (CS) em recipientes perfurados lateralmente, com capacidade de 60L, verificou que nos tratamentos SA (CS + sulfato de amônio), TF (CS + torta de filtro), M+G (bagaço de cana + farelo de mamona + pó de gnaisse) e M-G (bagaço de cana + farelo de mamona), o pH manteve-se ácido durante todo o processo. O que faz sentido, pois conforme alguns pesquisadores, a oxidação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) libera  $2\text{H}^+$ , reduzindo o pH do meio (SANCHEZ-MONEDERO et al., 2001; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Entretanto, Deon et al. (2007) estudaram a compostagem da mistura de resíduos alimentares com restos de jardim e concluíram que o pH do composto, ao longo do período, permaneceu constante, em torno de 7,8. Além disso, Teixeira (2002), avaliando as características químicas de compostos orgânicos produzidos com lixo urbano, cama de frango e esterco bovino, encontraram valores de pH que variaram entre 6,0 e 7,5. Manhães (1993), utilizando bagaço de cana, torta de filtro e cama de curral como mistura, também obteve valores semelhantes.

Porém, pesquisa realizada por Jahnel, Melloni e Cardoso (1999) com compostagem de lixo urbano, demonstrou que no início do processo, a massa em compostagem apresentou-se ácida (pH em torno de 5) e após 52 dias, atingiu valores próximos a 8,5. Dai Prá (2006) trabalhando na transformação de dejetos

líquidos de suínos em sólidos, através da incorporação a diferentes materiais celulósicos, que foram compostados por um período de 105 dias, observou que o tratamento formado por cama de aviário apresentou um pH alcalino, o que foi atribuído à presença de excretas dos animais e à ação microbiana no substrato. Outros trabalhos em que se utilizaram diferentes tipos de resíduos também apresentaram valores de pH na faixa alcalina (GEORGACAKIS et al., 1996; BERNAL et al., 1998; VILLAS BÔAS et al., 1999; TEJADA et al., 2001). Ainda, Silva (2005) com o intuito de estudar a compostagem da mistura de resíduos de plantas medicinais com esterco bovino, verificou que os valores de pH obtidos ao longo do processo situaram-se dentro da faixa considerada adequada (6,0 e 8,0) para um processo de compostagem bem conduzido.

#### **2.3.1.6 Temperatura**

Durante o processo de compostagem, a temperatura varia dependendo da atividade metabólica dos microrganismos, que está intimamente relacionada com a taxa de oxigenação (PEREIRA NETO, 1988). Para Imbeah (1998 apud LI; ZHANG; PANG, 2008), a temperatura é o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem. De acordo com Kiehl (2004), as leiras apresentam diferentes temperaturas nas suas diversas regiões, devido às diferentes porcentagens de oxigênio (KIEHL, 1985). Miyatake e Iwabuchi (2006) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a relação entre a temperatura e a atividade microbiana na compostagem de esterco de bovinos leiteiros, em função da taxa de oxigênio. Os resultados indicaram que durante o período de elevação da temperatura de 20°C para 70°C, houve um pico no consumo de oxigênio entre 43°C e 60°C, que foi atribuído ao aumento do número de microrganismos mesófilos quando a temperatura atingiu 40°C e a elevação da população de microrganismos termófilos a 60°C.

Delgado (1989 apud SILVA 2005) acrescenta que o desenvolvimento da temperatura está também relacionado com a relação C/N, com a umidade, com a granulometria do material que será compostado e com as dimensões das leiras. Poincelot (1975) afirma que a concentração de oxigênio na camada mais externa da leira pode chegar a 18% em uma profundidade de 30 a 40cm, sendo que entre 40 a 70cm o teor é bem menor, de 5 a 10%, enquanto que na base é de 1 a 2%.



Segundo Rodrigues et al. (2006), a decomposição inicial é conduzida por microrganismos mesófilos, que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Desta forma, 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). Esses microrganismos apresentam uma fermentação ácida e o pH torna-se mais baixo, sendo favorável à retenção de amônio (LOPEZ-REAL; FOSTER, 1985). O amônio é considerado um subproduto do metabolismo microbiano, que é liberado quando a sua quantidade excede a demanda das células (PARÉ et al., 1988).

Quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (TURNER, 2002; TIQUIA, 2005). Na fase termófila ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos (PEIXOTO, 1988; SNELL, 1991). No entanto, Golueke (1976) afirma que na fase mesófila as bactérias são mais eficientes do que na termófila, decompondo mais rapidamente o composto. Porém, pela lei de Van't Hoff, um aumento de 10°C de temperatura duplica a velocidade das reações de natureza biológica (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Na medida em que os estoques de C são exauridos, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente (VINNERAS; JONSSON, 2002). Nesta fase, surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação do composto (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986; KAPUINEN, 2001), promovendo a mineralização do N (KIEHL, 1985). Fungos e principalmente os actinomicetos tornam-se os grupos mais dominantes, prosseguindo com a degradação de substâncias mais resistentes, como a celulose e a lignina (SOMMER; DAHL, 1999). Também ocorrem complexas reações enzimáticas, levando à mineralização de húmus, principalmente, através da condensação entre ligninas e proteínas (KLAMER; BAATH, 1998; TIQUIA, 2005). O processo de humificação leva a obtenção de um produto final com pH que varia entre 7,0 e 8,0 (SANSFORD; MACLEOD, 1998).

Temperaturas acima de 60°C proporcionam condições desfavoráveis para a sobrevivência e para o desenvolvimento dos microrganismos patogênicos, que geralmente são mesofílicos (FINSTEIN et al., 1987). Além da inativação pelo calor,

os microrganismos patogênicos são destruídos ou controlados por competição com outros microrganismos, por efeitos antagônicos e pela presença ou produção de substâncias inibidoras como, por exemplo, a amônia produzida durante o processo (HAUG, 1993). Tiquia, Tam e Hodgkiss (1998b) trabalhando com compostagem de cama de suínos, observaram que temperaturas na faixa de 64-67°C durante 2 a 3 semanas, eliminaram a presença de *Salmonellas spp.*, na biomassa. Curci et al. (2007) verificaram a viabilidade do *Clostridium botulinum* e suas toxinas, após o processo de compostagem das carcaças de bovinos acometidos por botulismo, onde as temperaturas oscilaram entre 40,5° e 52,4°C, e constataram que das 200 amostras examinadas, apenas em duas foram detectados esporos de *C. botulinum* tipo C, sendo que todas as amostras foram negativas para a toxina botulínica. Porém, as altas temperaturas que ocorrem durante o processo de compostagem, não são capazes de destruir a estabilidade das aflatoxinas, como foi demonstrado por Mann et al. (1967), citado por LOPES (2007), que ao tentar detoxificar farelo de algodão a 60°C ou 80°C, não conseguiu reduzir a concentração de aflatoxinas.

Kiehl (1985) comenta que temperaturas acima de 70°C, por longos períodos, são consideradas desaconselháveis porque restringem o número de microrganismos na massa de compostagem, podendo ocasionar a insolubilização de proteínas hidrossolúveis e o desprendimento de amônia, principalmente quando o material possui baixa relação C/N, sendo um caso típico da compostagem de esterco de frangos, que apresenta relação C/N abaixo de 10/1 (KIEHL, 2004). Keener et al. (2000 apud SIVAKUMAR et al. 2007), verificaram que quando a temperatura das leiras atingia valores acima de 66°C, a atividade microbiana declinava rapidamente.

Conforme Peixoto (1988), a compostagem realizada em leiras, sofre a influência da temperatura ambiente. Porém, pesquisas realizadas por diferentes autores, mostram o contrário, concluindo que a temperatura ambiente não influencia na temperatura da massa de compostagem (SILVA, 2005; VESPA, 2005). Amorim, Lucas Júnior e Resende (2005) avaliaram a influência das estações do ano no processo de compostagem de dejetos de caprinos e observaram que com aproximadamente 30 dias de formação das leiras, nas estações de verão e outono, as temperaturas atingiram valores inferiores a 30°C, comportamento não observado nas leiras de inverno e de primavera, que apresentaram temperaturas superiores. No entanto, Klamer e Baath (1998) afirmam que o calor produzido pela atividade

metabólica fica parcialmente retido devido às características térmicas dos materiais compostados. Kiehl (1985) comenta que mesmo nos dias frios de inverno, a massa permanece aquecida, desprendendo vapor de água e calor, sendo este proporcional às dimensões da leira. Hermes et al. (2005) verificaram que em leiras muito pequenas, com aproximadamente  $1,2\text{m}^3$ , o declínio da temperatura do ar induziu uma diminuição drástica das temperaturas da massa em compostagem. Os mesmos pesquisadores afirmam que em leiras formadas por um maior volume de substrato, este declínio na temperatura provavelmente seria menor. De acordo com Joshua, Macauley e Mitchell (1998), a parte externa da pilha funciona como uma massa protetora que permite a retenção de calor.

Pesquisa conduzida por Silva (2005), que avaliou a compostagem de diferentes combinações de resíduos oriundos do processamento de plantas medicinais com esterco bovino, demonstrou que, em todas as pilhas, a temperatura aumentou rapidamente nos primeiros dias, indicando que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente, sendo que já na primeira semana todos os materiais alcançaram temperaturas entre  $50^\circ$  e  $60^\circ\text{C}$ , permanecendo até os 40 dias, quando a temperatura começou a cair, voltando à fase mesófila. Avaliando a compostagem de mistura obtida a partir dos resíduos de extração de óleo de palma e dejetos de caprinos, Thambirajah, Zulkali e Hashim (1995) obtiveram temperaturas abaixo de  $40^\circ\text{C}$  após os primeiros 25 dias de compostagem, e o pico de temperatura ocorreu com quatro dias de enleiramento, sendo de  $70^\circ\text{C}$ . De modo semelhante, em experimento realizado por Hanajima, Kuroda e Hafga (2001), a temperatura máxima observada foi de  $65,9^\circ\text{C}$ , usando esterco bovino como substrato para a formação das leiras.

Vespa (2005) em estudo para avaliar a compostagem de lixo urbano produzido no município de São José do Rio Preto/SP, observou que durante os primeiros 30 dias de compostagem ocorreram temperaturas acima de  $40^\circ\text{C}$  no interior das leiras, que apresentavam dimensões de 1m de altura, 1,5m de largura e comprimento dependente da quantidade da material. Ainda, verificou que a partir da quarta semana de compostagem ocorreram temperaturas abaixo de  $40^\circ\text{C}$ . No entanto, após dez semanas da instalação do experimento, houve novo aumento da temperatura no interior das pilhas. Para Kiehl (1985), a queda abrupta da temperatura durante as fases mesófilas e termófilas pode ser atribuída à morte dos microrganismos. Estudo conduzido por Zhu (2007), com o intuito de investigar o

efeito da relação C/N no processo de compostagem de esterco de suínos com palha de arroz através da avaliação de vários parâmetros físicos e químicos, verificou que a diminuição da temperatura nas leiras foi o resultado da redução da matéria orgânica.

### **2.3.1.7 Granulometria**

Segundo Kiehl (1985), a decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, acelerando o processo de decomposição. Ainda, a granulometria determina o movimento de líquidos e gases na leira, sendo que materiais grosseiros, por possuírem mais macroporos, proporcionam um maior fluxo de oxigênio, que ficará retido nos poros, o que proporcionará a multiplicação de microrganismos e com isso o aumento da temperatura (PEIXOTO, 1988; KIEHL, 2004). Conforme Rodrigues et al. (2006), materiais com granulação muito fina geram poucos espaços porosos, dificultando a difusão de oxigênio no interior da leira, favorecendo o surgimento de condições anaeróbias.

Richard et al. (2002) afirmam que partículas com dimensões maiores, como aparas de madeira, ajudam a manter a aeração da leira mas fornecem menos carbono disponível por massa de material, afetando a atividade dos microrganismos. Mesmo que quantidades iguais de carbono estejam contidas em massas idênticas de aparas de madeira e serragem, a maior superfície da serragem fará com que o carbono nela contido seja mais disponível aos microrganismos (LYNCH; WOOD, 1985).

De acordo com Pereira Neto (1996), o tamanho ideal das partículas a serem compostadas é de 20 a 80mm. Contudo, Benito et al. (2006) avaliaram a compostagem de resíduos de podas de árvores e constataram que o melhor substrato foi aquele que apresentou partículas grosseiras entre 0,25 e 2,5mm, porque permitiu uma melhor taxa de umidade e uma adequada aeração. Por outro lado, Handreck (1983) estudou o tamanho das partículas e as propriedades físicas, concluindo que frações menores que 0,5mm e, em particular, entre 0,1 e 0,25mm, tiveram maior influência na aeração e na retenção de água.

### **2.3.1.8 Dimensões das leiras**

Conforme Rodrigues et al. (2006), uma leira de compostagem deve ter um tamanho suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade, e ser pequena o suficiente para permitir uma boa circulação de ar. Kiehl (1985, 2004) afirma que a altura do material deve estar entre 1,5m e 1,8m. O mesmo autor argumenta que em leiras muito altas pode haver compactação ou um aumento excessivo da temperatura, o que poderá levar a morte de microrganismos.

Nunes (2003) verificou que em leiras com dimensões de 2,60m de comprimento, 2,00m de largura e 1,00m de altura, as temperaturas mantiveram-se entre 40°C e 55°C por um longo período, sendo registradas elevações médias de 10°C, imediatamente após a incorporação de dejetos aos substratos maravalha e serragem.

Costa et al. (2006), em experimento com o objetivo de avaliar a compostagem de carcaças de aves com e sem aeração, onde as composteiras foram preenchidas com os materiais até a altura de 1,80m, observaram que as temperaturas mantiveram-se entre 40°C e 70°C, para ambos os sistemas.

Estudando diferentes profundidades de camas de suínos, Corrêa (2007) observou que as temperaturas variaram entre 19,1°C e 30,6°C para camas com 0,25 m de profundidade e 22,4°C e 29,1°C para as camas com 0,50m de profundidade.

## **2.4 Maturação e qualidade do composto**

Para Kiehl (2004), a maturidade é o resultado de uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica, originando nutrientes na forma inorgânica e húmus. No entanto, o autor ressalta que um composto de qualidade, além de ter uma perfeita maturidade, deve apresentar características e propriedades que não torne o produto inadequado para o uso agrícola. Neste contexto, Miller (1992) define que um composto maduro é aquele que não produz efeitos inibitórios ou fitotóxicos. Por outro lado, Negro et al. (2000) afirmam que é difícil avaliar a maturação de um composto a partir de um único parâmetro químico, bioquímico e toxicológico, já que o processo de compostagem é microbiológico e muito complexo. Ainda, Chanyasak et al. (1983) ressaltam que a avaliação da maturidade de compostos orgânicos tem sido reconhecida como um dos mais importantes problemas relacionados ao

processo de compostagem e de utilização agrícola. Além disso, Garcia, Hernandez e Costa (1991) acrescentam que o desafio tem sido a utilização de métodos precisos para avaliar a maturidade desses compostos. Contudo, Silva (2005) afirma que, até o momento, não existe consenso sobre um método único, aceito por pesquisadores da área para determinar o grau de maturação de um composto.

Neste contexto, Lopez-Real (1994) comenta que, muitas vezes, o insucesso da comercialização do composto é absolutamente dependente da qualidade da matéria-prima básica, seja ela de origem agropecuária, urbana ou industrial. Emerson (2004) afirma que a qualidade dos resíduos agrícolas é, quase sempre, mais do que aceitável para a produção de um composto; o problema concentra-se nos de origem urbana e industrial, que geralmente são contaminados por produtos químicos ou constituem-se em materiais grosseiros. Porém, Kiehl (2004) argumenta que fertilizantes orgânicos com uma leve contaminação por metais pesados, inadequados para a adubação de plantas ou de seus produtos comestíveis, podem ser empregados na adubação de plantas ornamentais e de plantas destinadas à contenção de erosão.

Neste sentido, Bresin (1995) estudou os efeitos do composto de lixo urbano adicionado à produção comercial de grama. Os resultados mostraram que o aumento do conteúdo de metais pesados no solo concentrou-se na camada de 0-5 cm, sendo que abaixo desta camada o conteúdo de metais pesados no solo foi semelhante à testemunha. Por outro lado, Businelli, Gigliotti e Giusquiani (1996) estudaram por um período de seis anos o processo de acumulação de metais pesados no solo e concluíram que apenas o cobre, o zinco e o chumbo tiveram suas concentrações aumentadas nas plantas, sendo que somente o primeiro alcançou altas concentrações nos grãos, mas não causou fitotoxicidade visível às plantas. Da mesma forma, Schumann et al. (1993) utilizando um composto não estabilizado sobre grama já estabelecida, não constataram qualquer efeito fitotóxico.

Porém, Pereira Neto (2007) afirma que o uso de adubo não maturado poderá ocasionar vários outros efeitos nocivos ao plantio, como a liberação de amônia no solo, que poderá 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. Por outro lado, a estabilização completa não é desejável, porque o valor do composto orgânico como adubo depende, em parte, do seu conteúdo orgânico (HAUG, 1993). Neste aspecto, a utilização dos compostos, gerados pelos processos

microbiológicos de reciclagem de nutrientes proporciona, de maneira geral, melhorias nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo com reflexo direto na produtividade das culturas (ESTRELA, 1984; KIEHL, 1985; NAKAGAWA, 1992; OLIVEIRA; PASCHOAL, 1996).

Diante dessa situação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA publicou, em 14 de janeiro de 2004, o decreto nº. 4.954, que regulamenta a lei nº. 6.894, de 16 de dezembro de 1980, e dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção, bem como do comércio de fertilizantes orgânicos, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2004). Segundo Beltrane et al. (2006), esse decreto representou um grande salto qualitativo porque passou a contemplar produtos e matérias-primas, que o decreto anterior, nº. 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, não reconhecia, além de embasar a publicação das instruções normativas para cada segmento do setor produtivo. Além disso, foi publicada a instrução normativa nº. 23, de 31 de agosto de 2005, onde são apresentadas as classes e os padrões de qualidade específicos para os fertilizantes orgânicos, que estão diretamente vinculados a origens das matérias-primas utilizadas em sua produção. Neste contexto, o fertilizante orgânico deve apresentar as seguintes garantias para ser comercializado: matéria orgânica total (mínimo de 40%), nitrogênio total (mínimo de 1%), pH (mínimo de 6,0), relação C/N (máximo de 18/1) e umidade (máximo de 50%).

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Experimentos**

O estudo consistiu de dois experimentos: E1 – composteira constituída por cama de aviário e cortes nobres (CA) e E2 – composteira constituída por cama de aviário e carcaças inteiras (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.

#### **3.1.1 Local e duração dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos durante o período de janeiro a julho de 2007, no Aviário Experimental 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.

#### **3.1.2 Material experimental**

##### **3.1.2.1 Resíduos orgânicos de origem vegetal**

###### **3.1.2.1.1 Maravalha**

Foi utilizada maravalha constituída por partículas de madeira, produzidas pelo beneficiamento e plainagem de tábuas de pinus (*Pinus spp.*), com granulometria média de 2,40mm. A maravalha foi utilizada apenas como última camada, sendo retirada após o término do primeiro estágio.



### **3.1.2.1.2 Cama de aviário**

A cama utilizada no presente experimento era constituída por maravalha de pinus (*Pinus spp*), que recebeu excreções, os restos de ração e as penas de frangos de corte, apresentando granulometria média de 2,20mm. Foi utilizado cama de dois lotes de 35 dias, de fêmeas de frangos de corte da linhagem Cobb. A cama encontrava-se contaminada com cascudinho (*Alphitobius diaperinus*).

### **3.1.2.2 Resíduos orgânicos de origem animal**

#### **3.1.2.2.1 Animais**

Foram utilizadas carcaças inteiras (penas e vísceras) e cortes nobres (peito, asa, coxa, sobrecoxa e dorso) de fêmeas de frangos de corte da linhagem Cobb. Os cortes nobres foram utilizados como matéria-prima no processo de compostagem porque as aves, oriundas de outro experimento, tinham recebido dietas contendo dois tipos de milho (fungado e não fungado), bem como aflatoxinas, durante o período de 35 dias, o que inviabilizou o seu consumo. A mortalidade das aves foi programada, ocorrendo aos 7 dias, aos 14 dias, aos 21 dias, aos 28 dias, sendo que aos 35 dias de idade todos os animais foram abatidos. Durante estes períodos, as aves mortas foram sendo acondicionadas em embalagens plásticas e, conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas para congelamento até que se tivesse a quantidade necessária de material experimental para montar as composteiras.

### **3.1.3 Tecnologia de transformação dos resíduos orgânicos**

Os resíduos orgânicos de origem vegetal e animal foram tratados através do sistema de compostagem, que consistiu de dois estágios. O primeiro estágio caracterizou-se por duas estruturas em alvenaria, impermeabilizadas, nas dimensões de 2,20m x 1,70m x 1,20m, com pé direito de 2,50m, denominadas de células de compostagem ou composteiras, estando representadas na Fig. 1. A parte superior das composteiras era aberta e protegida com uma estrutura telada,

permitindo total ventilação e proteção contra a entrada de animais. A parte frontal, ao invés de porta, apresentava tábuas móveis para facilitar o seu preenchimento com as camadas de resíduos orgânicos, submetidos ao processo de compostagem por 120 dias (Fig. 2). O segundo estágio foi realizado em um galpão com piso impermeabilizado com uma lona plástica, e sem paredes laterais, sendo o local fechado somente por uma tela (Fig. 3). Foi formada uma leira de cada experimento do primeiro estágio, nas dimensões de 3m x 1,60m x 1m. Este estágio teve duração de 60 dias.



**Figura 1** – Células de compostagem utilizadas no primeiro estágio dos experimentos.





**Figura 2** – Estrutura telada utilizada como proteção e portas móveis.



**Figura 3** – Vista geral do galpão utilizado no segundo estágio de compostagem, para ambos os experimentos.

### 3.1.4 Manejo dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos de origem animal, ou seja, as carcaças inteiras e os cortes nobres das fêmeas de frangos de corte foram descongelados à temperatura ambiente, por um período de 24h, antes de sua utilização no experimento.

No primeiro estágio, a montagem dos experimentos foi realizada conforme metodologia descrita por Paiva et al. (2004). A altura utilizada para a primeira camada de cama de aviário foi de 15cm, sendo determinada através de pesagens realizadas com o auxílio de uma balança, que foi a mesma utilizada para pesar os cortes nobres e as carcaças (Fig. 4). A altura do material, após ser espalhado no interior das composteiras (Fig. 5), foi sendo definida através de medições com o auxílio de uma fita métrica. A massa de cama de aviário para a primeira camada foi de 109kg. Para as camadas restantes foram estipulados 10cm de altura, calculando-se a quantidade necessária de cama de aviário através de regra de três simples, que assumiu o valor de 72kg por camada.

A proporção entre os resíduos orgânicos foi de 3:1, ou seja, para cada 3kg de cama de aviário foram adicionados 1kg de carcaça ou de cortes nobres, estando de acordo com a metodologia proposta por Costa et al. (2005a). Porém, foi feita uma adaptação da referida metodologia, mantendo-se assim a mesma quantidade de carcaças ou de cortes nobres da primeira camada, nas camadas restantes. A disposição do material foi realizada de forma intercalada, ou seja, inicialmente colocou-se uma camada de cama de aviário e, posteriormente, uma camada de cortes nobres na composteira CA (E1) e de carcaças na composteira CB (E2), respeitando-se a distância de 10cm entre elas, das paredes e da parte frontal da composteira (Fig. 6). Certas quantidades de cortes nobres foram agrupadas, simulando, desta maneira, o formato de uma carcaça (Fig. 7). No interior das composteiras foram colocados, no total, 1.189kg de material para ser decomposto, correspondendo a uma altura de 1m. A água foi adicionada com o auxílio de um regador (Fig. 8), na proporção de 30% do peso da camada de cama de aviário (COSTA et al., 2005a). Para o cálculo do volume de água foi levado em consideração a massa da camada de 10cm, adaptando-se assim a referente metodologia. Foram adicionados 22L de água por camada. A primeira camada não foi umedecida porque a tendência do líquido é de se acumular na parte inferior da composteira, podendo acarretar anaerobiose. A última camada foi constituída de



maravalha nova para evitar a ovoposição de moscas, sendo retirada após o término do primeiro estágio.

Foram colocadas estacas de madeira numeradas, a uma distância de 20cm entre elas e a lateral da parede da composteira, para demarcar cada ponto de coleta e de aferição. Em cada ponto, foi introduzido um tubo de PVC com diâmetro de 20mm, medindo 1m de comprimento, fechado em uma das extremidades para que a cama de aviário não penetrasse no seu interior (BRUM JR, 2007 comunicação pessoal). Os tubos foram parcialmente perfurados a uma altura de 20cm para que o calor produzido durante a decomposição dos resíduos pudesse penetrar no seu interior, facilitando assim as avaliações da temperatura da massa em compostagem (Fig. 9). Os mesmos receberam uma tampa de PVC, a fim de impedir a dissipação do calor para o meio externo.

Ao final do período de 120 dias de compostagem, a massa em compostagem foi retirada e pesada para posterior cálculo da quantidade de água a ser adicionada durante o segundo estágio (Fig. 10). Para este estágio, a quantidade de água foi calculada com base na mesma metodologia utilizada para o primeiro estágio, bem como a colocação das estacas e dos tubos de PVC. A água foi adicionada de modo uniforme durante o revolvimento das leiras, que foi realizado a cada 18 dias durante os 60 dias de maturação do composto, com o auxílio do regador, utilizado no primeiro estágio. Adicionou-se 285L a cada revolvimento.



**Figura 4** – Pesagens da cama de aviário, de cortes nobres e de carcaças de frangos de corte.



**Figura 5** – Disposição da primeira camada no sistema de compostagem.



**Figura 6** – Distância de 10cm entre os materiais dispostos sobre a cama de aviário.





**Figura 7** – Cortes nobres de frangos de corte agrupados, simulando o formato de carcaças.



**Figura 8** – Adição de água durante o primeiro estágio de compostagem.





**Figura 9** – Tubos de PVC fechados na extremidade e perfurados a 20cm de altura.



**Figura 10** – Segundo estágio de compostagem (leiras).



### 3.1.4.1 Coleta das amostras

Foram realizadas sete coletas, sendo que a primeira amostragem correspondeu às matérias-primas iniciais (cama de aviário, cortes nobres e carcaças inteiras). A caracterização físico-química das matérias-primas é apresentada na tab. 1. As demais coletas foram realizadas nos pontos demarcados, nos seguintes períodos: aos 30 dias, aos 60 dias, aos 90 dias e aos 120 dias do primeiro estágio e aos 150 dias e 180 dias, compreendendo o segundo estágio da compostagem. As coletas foram realizadas após a aferição da manhã. Para isso, foi introduzido um tubo de PVC com diâmetro de 55mm em cada ponto de aferição, o que proporcionou a coleta de toda a coluna da biomassa pertencente a cada ponto (Fig. 11). Todas as amostras coletadas (Fig. 12) 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).

**Tabela 1** - Caracterização físico-química das matérias-primas utilizadas no processo de compostagem. Pelotas, RS.

Características	Matérias-primas		
	Cama de aviário	Cortes nobres	Carcaças inteiras
pH	8,2	-	-
MS (%)	90,27	95,81	96,08
Umidade (%)	9,73	4,19	3,92
MO (%)	89,06	96,55	93,90
CZ (%)	10,94	3,45	6,10
N (%)	2,37	6,41	7,86
C (%)	49,48	53,64	52,17
C/N	20,88	8,37	6,64
P (g kg <sup>-1</sup> )	3,12	6,01	4,87
K (g kg <sup>-1</sup> )	21,58	5,19	6,84
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	4,66	0,35	0,00

Legenda:

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



**Figura 11** – Tubo de PVC utilizado na coleta de amostras.



**Figura 12** – Biomassa coletada.



### 3.1.5 Variáveis analisadas

#### 3.1.5.1 Temperatura ambiente do ar 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 na região sul do Rio Grande do Sul, no município de Capão do Leão/RS.

#### 3.1.5.2 Temperatura da biomassa

As avaliações da temperatura da biomassa foram realizadas com o auxílio de um termohigrômetro digital da marca INCOTERM, com precisão de 0,1°C e 0,1% UR, em dois períodos do dia, às 9:00 e às 16:00h para o T1 e, às 9:30 e às 16:30h, no caso do T2. A temperatura da biomassa foi mensurada a 20cm da base da composteira, com a sonda metálica do mesmo termohigrômetro, que foi fixado a uma vara 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 aferições (Fig. 13).



**Figura 13** – Aferição da temperatura da biomassa no ponto 1.

### 3.1.5.3 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:

#### 3.1.5.3.1 pH

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

#### 3.1.5.3.2 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; Queiroz (2004).

#### 3.1.5.3.3 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; Queiroz (2004).

#### 3.1.5.3.4 Matéria orgânica total

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

### **3.1.5.3.5 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).

### **3.1.5.3.6 Nitrogênio total**

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

### **3.1.5.3.7 Relação C/N**

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

### **3.1.5.3.8 Fósforo total**

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

### **3.1.5.3.9 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).

### **3.1.5.3.10 Potássio**

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

### 3.1.6 Análise estatística

Para a análise dos experimentos foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, onde cada tratamento teve cinco repetições, que foram os pontos de coletas. O modelo estatístico utilizado pode ser descrito pela equação:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = representa a observação da j-ésima unidade experimental do tratamento i;

$\mu$  = representa a constante comum a todas as observações (média geral);

$t_i$  = representa o efeito fixo do tratamento i (i = 1, 2, 3, 4, 5);

$e_{ij}$  = representa o erro experimental.

Os erros foram considerados normalmente e independentemente distribuídos, com um valor esperado de 0 (zero) e variância  $s^2$  para todas as populações (tratamentos). A análise de variância para o modelo é apresentada na tab. 2 e foi realizada com o uso do programa SAS (1998), sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5%.

**Tabela 2** - Análise de variância para o modelo estatístico utilizado.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	t - 1
Erro experimental	t (r - 1)
Total	tr - 1

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nos experimentos, para as variáveis analisadas, são apresentados e discutidos a seguir.

### **4.1 Experimento 1**

#### **4.1.1 Variáveis físico-químicas**

##### **4.1.1.1 Temperatura da biomassa**

Na tab. 3 são apresentadas as médias semanais obtidas para a temperatura da biomassa, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Verifica-se que no primeiro estágio, não houve diferença significativa na temperatura da biomassa nas primeiras cinco semanas de compostagem ( $P > 0,05$ ). Entretanto, observa-se que a temperatura aumentou rapidamente em relação à média da temperatura no primeiro dia de compostagem, indicando que certos fatores como a relação C/N, o teor de umidade, a granulometria do material, o tipo de composto orgânico existente e as dimensões do material no interior das células estavam satisfatórios para um desenvolvimento adequado do processo, o que foi atribuído à atividade metabólica dos microrganismos termófilos, que também foi favorecida pela maior superfície específica dos cortes nobres, concordando com Kiehl (1985), que afirma que a intensidade da atividade microbiológica está relacionada ao menor tamanho das partículas do material a ser compostado, o que acelera o processo de decomposição e, também, com diversos pesquisadores, que afirmam que 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).

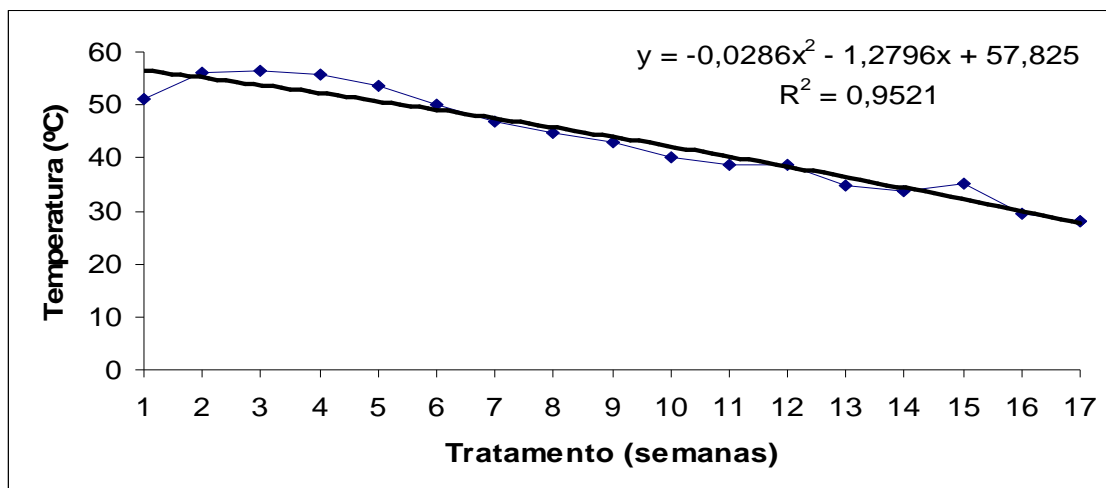
**Tabela 3** - Temperaturas médias semanais, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Tratamentos (Semanas)	Experimento 1 Primeiro estágio
1	50,99 <sup>ABC</sup>
2	56,15 <sup>A</sup>
3	56,27 <sup>A</sup>
4	55,58 <sup>AB</sup>
5	53,46 <sup>AB</sup>
6	49,96 <sup>CD</sup>
7	46,98 <sup>CDE</sup>
8	44,80 <sup>DEF</sup>
9	42,84 <sup>EFG</sup>
10	40,06 <sup>FGH</sup>
11	38,68 <sup>GHI</sup>
12	38,77 <sup>FGHI</sup>
13	34,93 <sup>HIJ</sup>
14	33,57 <sup>JK</sup>
15	34,98 <sup>HIJ</sup>
16	29,64 <sup>JK</sup>
17	28,17 <sup>K</sup>

De modo semelhante, concorda com Nunes (2003), que verificou que em leiras com dimensões de 2,60m de comprimento, 2,00m de largura e 1,00m de altura, as temperaturas mantiveram-se entre 40°C e 55°C por um longo período. Entretanto, discorda de Kiehl (2004) que afirma que a altura do material deve estar entre 1,50m e 1,80m. Verifica-se também que entre a segunda e a terceira semana não houve diferença significativa na temperatura da biomassa (56,15°C vs. 56,27°C), porém foram significativamente mais elevadas do que as temperaturas da sexta semana (49,96°C) e da sétima semana (46,98°C), o que persistiu nas semanas subseqüentes, até o final do primeiro estágio ( $P < 0,05$ ), conforme observado na Fig. 14, onde o comportamento térmico da temperatura da biomassa pode ser explicado através de equação quadrática, 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 14** - Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Além disso, verifica-se que a partir da quinta semana (53,46°C) houve decréscimos progressivos da temperatura da biomassa, mantendo-se em declínio até o final do primeiro estágio de compostagem (28,17°C). Estes resultados concordam com Silva (2005), que avaliou a compostagem de diferentes combinações de resíduos oriundos do processamento de plantas medicinais com esterco bovino e verificou que a temperatura aumentou rapidamente nos primeiros dias, indicando que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente, sendo que já na primeira semana todos os materiais alcançaram temperaturas entre 50°C e 60°C, permanecendo até os 40 dias, quando a temperatura começou a cair, voltando à fase mesófila. No entanto, discordam de Thambirajah, Zulkali e Hashim (1995) que avaliaram a compostagem da mistura obtida a partir dos resíduos de extração de óleo de palma e dejetos de caprinos e obtiveram temperaturas abaixo de 40°C após os primeiros 25 dias de compostagem, sendo que o pico de temperatura (70°C) ocorreu com quatro dias de enleiramento. Do mesmo modo, pode ser observado que a temperatura da biomassa na sétima semana (46,98°C) foi significativamente superior ( $P < 0,05$ ) à temperatura da biomassa na décima semana (40,06°C). Este fato indica a transição da fase termófila para a mesófila, sendo caracterizada pela morte de microrganismos termófilos e pela intensa atividade microbiana mesofílica, o que foi confirmado pelas temperaturas abaixo de 40°C que ocorreram até o final do primeiro estágio, concordando com Vinneras e Jonsson (2002) que afirmam que na medida em que os estoques de carbono são exauridos, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à

temperatura ambiente. Pode ser observado que não houve diferença significativa na temperatura da biomassa entre a 11<sup>a</sup> (38,68°C) e a 15<sup>a</sup> (34,98°C) semana de compostagem ( $P>0,05$ ). Entretanto, verifica-se que ao longo deste período, houve uma redução gradual da temperatura, o que indica uma diminuição da atividade de microrganismos mesófilos, que pode ser explicado pela baixa relação C/N das matérias-primas compostadas (tab. 1), já que os microrganismos utilizam o carbono como fonte de energia (RODRIGUES et al., 2006) e o nitrogênio para o crescimento e funcionamento celular (ALEXANDER, 1977; RODRIGUES et al., 2006). Sharma et al. (1997) afirmam que a relação C/N é um índice utilizado para avaliar os efeitos significativos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos depende do conteúdo de carbono e também do conteúdo de nitrogênio e, ainda, Kelleher et al. (2002) afirmam que a baixa relação C/N dos resíduos orgânicos provenientes da avicultura contribuem para a maior perda de amônia, o que faz com que reduza o teor do nitrogênio na biomassa (LOPEZ-REAL, 1994). Além disso, a redução da temperatura da biomassa também pode ter ocorrido possivelmente pela falta de oxigênio no seu interior devido ao consumo pelos microrganismos, concordando com Murphy (1991) que ressalta que no primeiro estágio, devido à sobreposição dos materiais, há uma compactação natural, o que provoca a expulsão do oxigênio e, ainda, com Miyatake e Iwabuchi (2006), que estudaram a relação entre a temperatura e a atividade microbiológica na compostagem de esterco de bovinos leiteiros, em função da taxa de oxigênio. Os resultados indicaram que durante o período de elevação da temperatura de 20°C para 70°C, houve um pico no consumo de oxigênio entre 43°C e 60°C, que foi atribuído ao aumento do número de microrganismos mesófilos quando a temperatura atingiu 40°C e à elevação da população de microrganismos termófilos a 60°C.

Também, pode ser observado que não houve diferença significativa na temperatura da biomassa entre a 16<sup>a</sup> (29,64°C) e 17<sup>a</sup> (28,17°C) semana ( $P>0,05$ ), porém verifica-se um decréscimo progressivo na temperatura da massa em compostagem até a 17<sup>a</sup> semana. Este fato possivelmente pode ter ocorrido devido à redução do teor de umidade disponível aos microrganismos, estando abaixo de 30%, o que prejudicou a sua atividade metabólica, o que concorda com Richard et al. (2002) que afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana e com Tiquia, Tam e Hodkiss (1996), que afirmam que os resultados

obtidos com a compostagem de cama de suínos indicaram um efeito significativo do percentual de umidade sobre a atividade microbiana e, conseqüentemente, sobre a temperatura da massa em compostagem. Entretanto, discordam de Barrington et al. (2003), que estudando a compostagem de dejetos de suínos com três substratos diferentes (maravalha, palha e feno) e com níveis de 60%, 65% e 70% de umidade, verificaram que o fator umidade teve efeito sob a temperatura apenas entre o 2º e o 6º dia.

Na tab. 4 são apresentadas as médias semanais obtidas para a temperatura da biomassa, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 4** - Temperaturas médias semanais, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

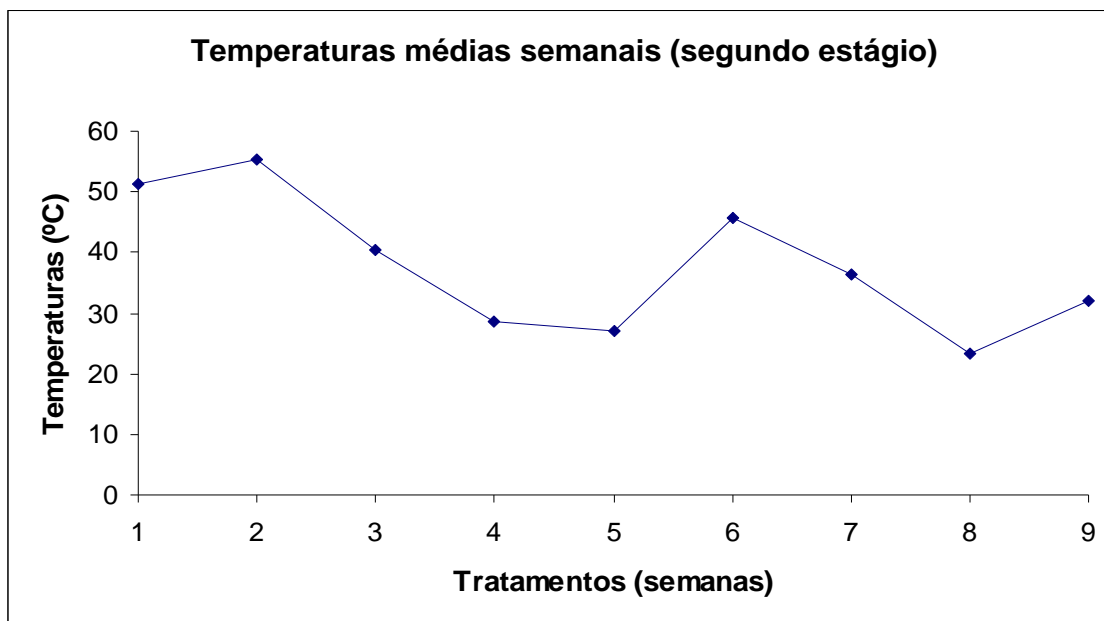
Tratamentos (Semanas)	Experimento 1 Segundo estágio
1	51,29 <sup>AB</sup>
2	55,18 <sup>A</sup>
3	40,49 <sup>CD</sup>
4	28,68 <sup>FG</sup>
5	28,68 <sup>FG</sup>
6	45,81 <sup>BC</sup>
7	36,35 <sup>DE</sup>
8	23,42 <sup>G</sup>
9	31,88 <sup>EF</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Verifica-se que a temperatura da biomassa não diferiu significativamente nas primeiras duas semanas ( $P>0,05$ ), porém foram as maiores temperaturas do período, indicando uma intensa multiplicação de microrganismos termófilos, que foram favorecidos pela adição de água, o que permitiu elevar a umidade do ambiente microbiano e, também, pelo revolvimento, que favoreceu a incorporação de oxigênio à massa em compostagem. Estes resultados concordam com Peixoto (1988 apud Goulart 1997) que afirma que um suprimento de ar adequado ao material a ser compostado é essencial para liberar o gás carbônico produzido pela respiração dos microrganismos, já que uma maior concentração deste elemento poderá levar à anaerobiose (KIEHL, 2004). Além disso, Dai Prá (2006) pesquisando

a transformação de dejetos líquidos em sólidos por meio da compostagem, observou um aumento da temperatura da massa em compostagem, após o revolvimento a cada três dias, em todos os tratamentos avaliados.

Pode ser observado que a temperatura da biomassa na terceira semana foi significativamente superior à temperatura da massa na quarta e quinta semana ( $P < 0,05$ ), estando estas próximas à temperatura ambiente. Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as temperaturas da biomassa na terceira e na sexta semana, sendo esta última significativamente superior às semanas finais do segundo estágio do processo de compostagem, indicando a presença de microrganismos mesófilos na massa em compostagem. Ainda, observa-se na Fig. 15, que não houve uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equação de regressão. Isto pode ser explicado pela adição de água e pelo revolvimento a cada 18 dias, o que inicialmente ocasiona um resfriamento da massa em compostagem e, posteriormente, uma elevação da temperatura, devido a um maior teor de umidade e à penetração de oxigênio na biomassa, favorecendo a multiplicação de microrganismos mesófilos, sendo confirmado pela elevação da temperatura na sexta semana, concordando com Fernandes e Zhan (1994) que estudaram a distribuição e a variação da temperatura em pilhas aeradas de composto de esterco de frango e obtiveram temperatura de 45°C em 2 dias e, ainda, com Pereira Neto (1994) que afirma que a realização de revolvimentos freqüentes no segundo estágio de compostagem promove a aeração mais uniforme e efetiva, o que favorece o aumento da temperatura.



**Figura 15** - Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Pode ser verificado também que houve diferença significativa na temperatura da biomassa entre a oitava e a nona semana, porém aproximando-se da temperatura ambiente, o que pode ser explicado pela baixa relação C/N da biomassa, já que dos muitos elementos necessários para que os microrganismos se desenvolvam, o carbono e o nitrogênio são considerados os mais importantes (HAMMOUDA; ADAMS, 1989; SHARMA et al., 1997; LANDGRAF; MESSIAS; REZENDE, 2005). Rivera-Rosário (2003) afirma que o tipo e a composição do material compostado influenciam na relação C/N do produto final, podendo apresentar relações de 5/1 a 20/1.

#### 4.1.1.2 Temperatura ambiente do ar e temperatura da biomassa

Na tab. 5 podem ser observadas as médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que a temperatura ambiente do ar oscilou entre 15,57° e 25,50°C durante o primeiro estágio de compostagem. Observa-se ainda que a média da temperatura ambiente do ar durante a terceira semana, foi de 24,24°C e a temperatura da biomassa na mesma semana, foi de 56,27°C. Na sétima semana do processo de

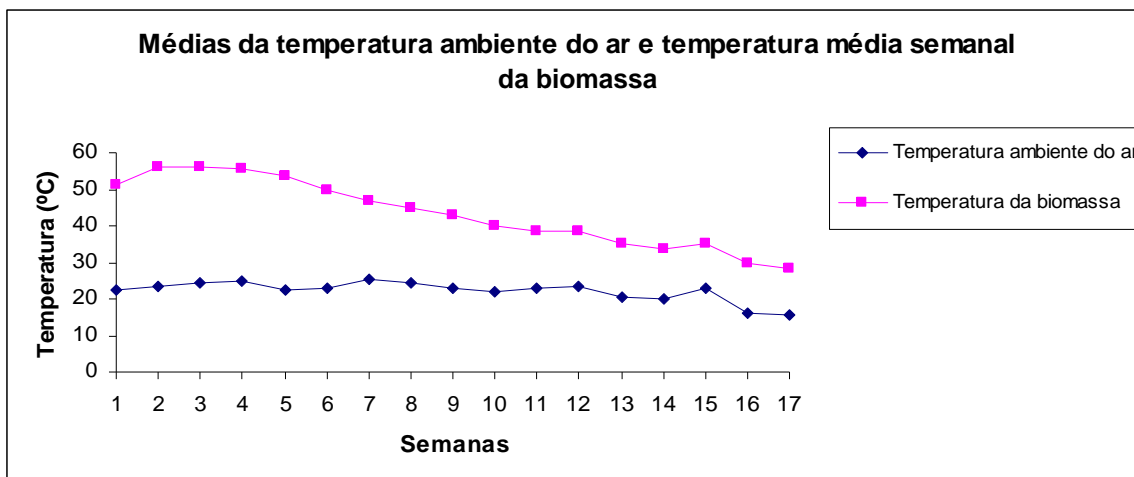
compostagem, verifica-se que houve um aumento da temperatura média ambiente do ar (25,50°C) enquanto que a temperatura da biomassa decresceu (46,98°C).

**Tabela 5** - Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Semanas	Observações	
	Tar (°C)	Tbiomassa (°C)
1	22,46	50,99
2	23,20	56,15
3	24,24	56,27
4	24,71	55,58
5	22,59	53,46
6	22,69	49,96
7	25,50	46,98
8	24,56	44,80
9	22,90	42,85
10	21,91	40,06
11	23,07	38,68
12	23,19	38,77
13	20,41	34,93
14	20,13	33,57
15	22,76	34,98
16	16,17	29,64
17	15,57	28,17

Tar = temperatura ambiente do ar; Tbiomassa = temperatura da biomassa  
 Fonte: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA/UFPEL, 2007.

Estas verificações indicam que, aparentemente, a temperatura ambiente do ar não teve influência na temperatura da biomassa, sendo também observado na Fig. 16, que o seu comportamento não acompanhou as oscilações da temperatura ambiente do ar. Estes resultados concordam com diversos pesquisadores, que afirmam que a temperatura ambiente não influencia na temperatura da biomassa (SILVA, 2005; VESPA, 2005) e ainda, com Klamer e Baath (1998) que afirmam que o calor produzido pela atividade metabólica fica parcialmente retido devido às características térmicas dos materiais compostados.



**Figura 16** - Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Na tab. 6, podem ser observadas as médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 6** - Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

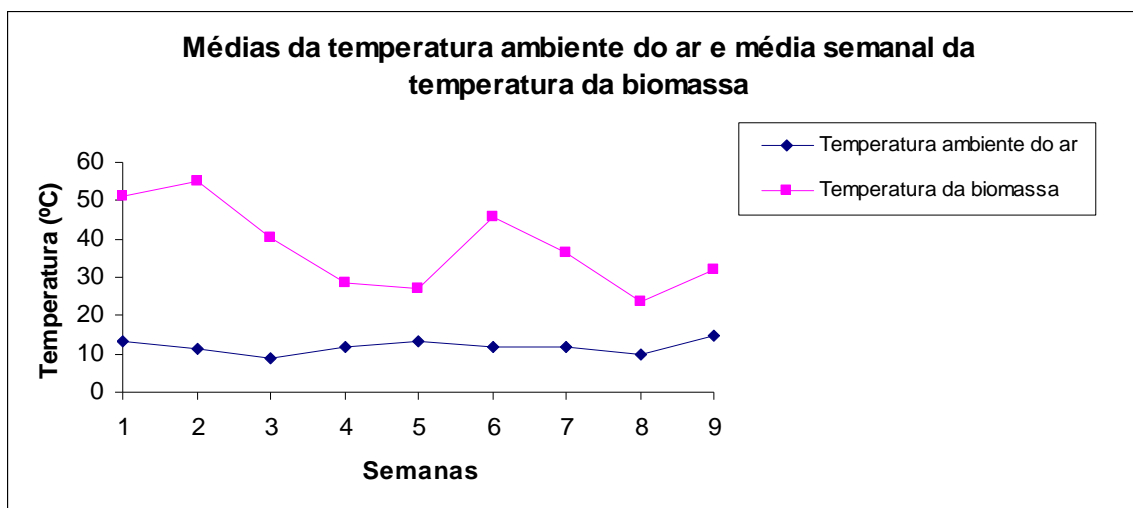
Semanas	Observações	
	Tar (°C)	Tbiomassa (°C)
1	13,51	51,29
2	11,17	55,19
3	8,93	40,49
4	11,81	28,68
5	13,34	26,97
6	11,94	45,81
7	11,63	36,35
8	9,91	23,42
9	14,58	31,88

Tar = temperatura ambiente do ar; Tbiomassa = temperatura da biomassa.

Fonte: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA/UFPEL, 2007.

Pode ser observado que houve um decréscimo da temperatura ambiente do ar no segundo estágio, quando se compara ao primeiro estágio do processo de compostagem, oscilando entre 8,93°C e 14,58°C. De outra forma, verifica-se que a temperatura ambiente do ar na primeira semana foi de 13,51°C, enquanto que a temperatura da biomassa foi uma das mais elevadas do período (51,29°C).

Entretanto, na segunda semana houve uma decréscimo na temperatura ambiente (11,17°C), enquanto que a temperatura da biomassa aumentou (55,19°C), indicando que aparentemente, como no primeiro estágio, a temperatura ambiente do ar não teve influência na temperatura da biomassa, podendo ser observado na Fig. 17. Estes resultados discordam de Peixoto (1988) que afirma que a compostagem realizada em leiras sofre a influência da temperatura ambiente, e concordam com Kiehl (1985) que afirma que mesmo nos dias frios de inverno, a biomassa permanece aquecida, desprendendo vapor de água e calor, sendo este proporcional às dimensões da leira, e com Joshua et al. (1998), que afirmam que a parte externa da pilha funciona como uma massa protetora, que permite a retenção de calor.



**Figura 17** - Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.3 Matéria seca

Na tab. 7 podem ser observados os dados referentes às médias da matéria seca, durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que não houve diferença significativa no teor de matéria seca durante os primeiros 120 dias do primeiro estágio de compostagem ( $P > 0,05$ ). Pode-se observar que nos primeiros 120 dias houve uma tendência de redução no seu teor, quando comparado aos percentuais expressos na composição das matérias-primas iniciais (tab. 1). Verifica-se também que não houve diferença significativa no teor de matéria seca aos 150 e 180 dias de compostagem, porém



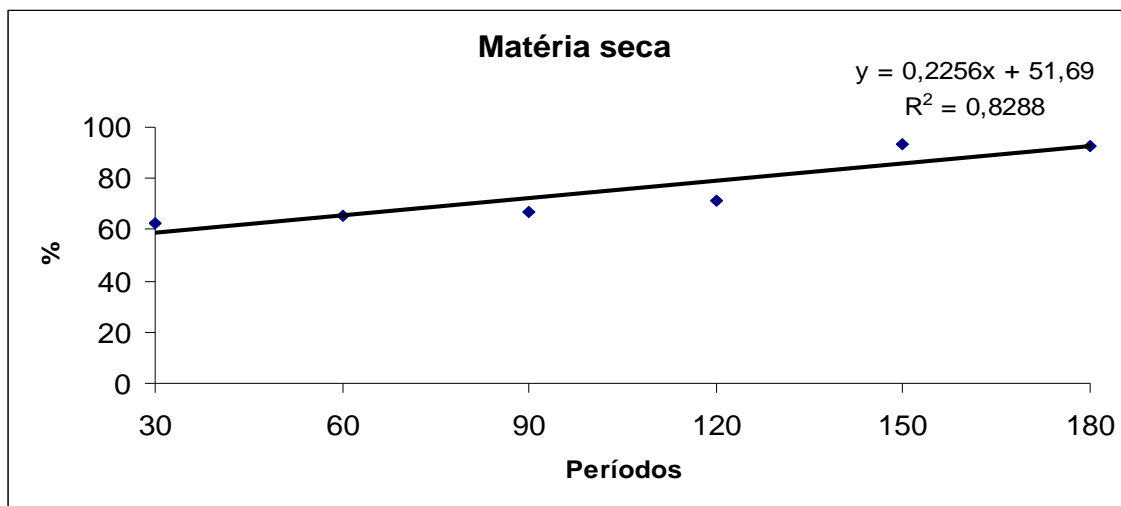
foram significativamente superiores aos valores encontrados no primeiro estágio do processo de compostagem ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 7** - Percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Matéria seca (%)
30	62,68 <sup>B</sup>
60	65,34 <sup>B</sup>
90	67,23 <sup>B</sup>
120	71,07 <sup>B</sup>
150	93,65 <sup>A</sup>
180	92,30 <sup>A</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Por outro lado, verifica-se através da linearidade do modelo e de seu coeficiente de determinação, que o teor de matéria seca aumentou progressivamente ao longo do período de compostagem (Fig. 18). Embora não se tenha considerado a perda de material das pilhas para o cálculo da incorporação de água a biomassa, que foi de 285L a cada 18 dias, sugere-se que a ação do vento no local possivelmente tenha influenciado a perda de umidade das leiras, bem como as temperaturas elevadas da biomassa (tab. 4) durante o período, o que proporcionou um aumento do teor de matéria seca, concordando com Larney et al. (2000) que verificaram que o teor de umidade na massa em compostagem no inverno foi significativamente menor do que no verão e concluíram que pode ter ocorrido devido à ação do vento no local, que faz com que a leira perca mais água do que em dias ensolarados sem vento (KIEHL, 2004). Isto também pode ser explicado pela intensa atividade metabólica microbiana no meio, o que fez com que a temperatura se elevasse rapidamente, havendo perdas parciais de umidade, concordando com Zucconi e Bertoldi (1991) os quais afirmam que estas características estão relacionadas ao metabolismo exotérmico dos microrganismos, que é favorecida pelo aumento da temperatura gerada no interior da massa em compostagem.



**Figura 18** - Evolução do percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.4 Matéria orgânica total

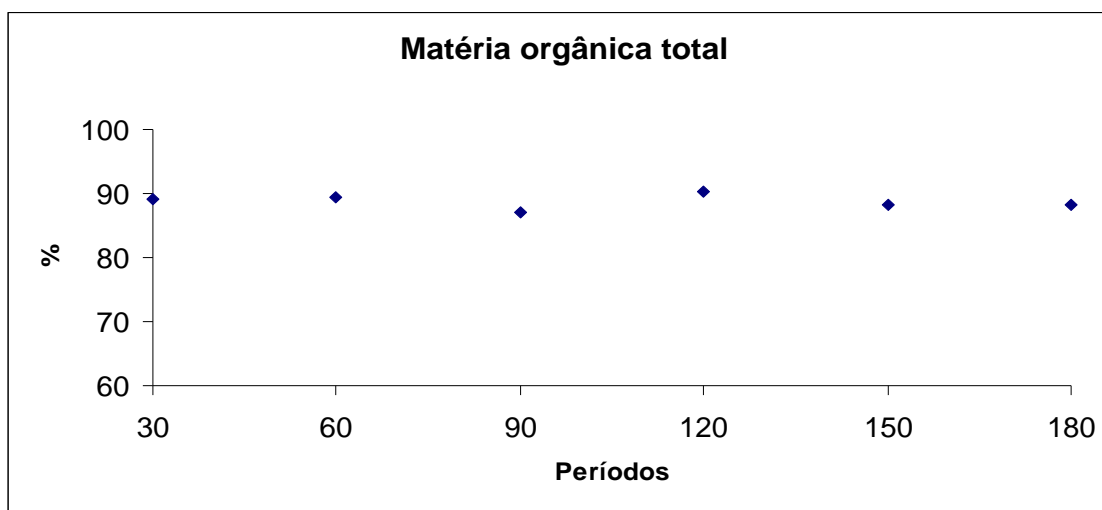
A tab. 8 apresenta os teores de matéria orgânica total durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Observa-se que não houve diferença significativa no teor de matéria orgânica total durante o processo de compostagem ( $P > 0,05$ ). No entanto, observou-se uma redução numérica no seu teor, ao final do período de compostagem, o que indicou uma mineralização da matéria orgânica, concordando com Hsu e Lo (1999), Raupp (2002).

**Tabela 8** - Teor de matéria orgânica total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Matéria orgânica total (%)
30	89,26
60	89,45
90	86,99
120	90,35
150	88,13
180	88,29

Contudo, observa-se na Fig. 19, que não houve tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão, sendo o mesmo evidenciado por Dai Prá (2006), ao avaliar as características físico-químicas de dejetos de suínos incorporados à diferentes materiais celulósicos (maravalha, serragem e cama de aviário) e compostados por um período de 105 dias.

Entretanto, pode ser observado que o teor de matéria orgânica total, ao final de 180 dias de compostagem foi de 88,29%, estando dentro do recomendado pela instrução normativa nº 23/2005.



**Figura 19** - Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.5 Carbono orgânico total

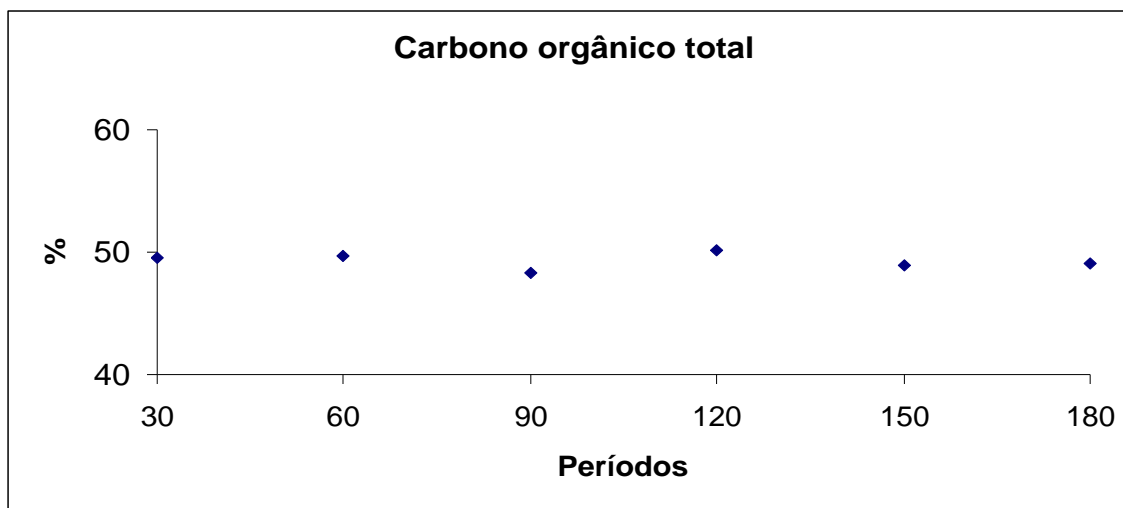
A tab. 9 apresenta os teores de carbono orgânico total, durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que não houve diferença significativa no teor de carbono orgânico total entre os períodos de compostagem ( $P > 0,05$ ). Entretanto, observou-se somente uma redução numérica no seu teor durante a compostagem, não permitindo o ajuste de qualquer equação de modelo (Fig. 20), sendo explicado, possivelmente, pela atividade respiratória dos microrganismos (TIQUIA; TAM, 2002a; TRIPATHI; BHARDWAJ, 2004; MELO; MELO; MELO, 2007) e, comprovado pelo aumento da temperatura no decorrer do processo (tab. 3).

**Tabela 9** - Teor de carbono orgânico total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Carbono orgânico total (%)
30	49,59
60	49,69
90	48,33
120	50,19
150	48,96
180	49,05

Zucconi e Bertoldi (1991) afirmam que a produção de calor no interior das composteiras, bem como o desprendimento de CO<sub>2</sub> e de vapor de água são características relacionadas ao metabolismo exotérmico dos microrganismos.

No presente experimento, observou-se aos 120 dias de compostagem um aumento numérico no teor de carbono orgânico total e também um aumento do teor de matéria orgânica total (tab. 8), que pode ter ocorrido pela redução da atividade dos microrganismos, já que houve decréscimos da temperatura da massa em compostagem, chegando próximo à temperatura ambiente.



**Figura 20** - Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Além disso, verifica-se que ao final do processo, o teor de carbono orgânico total foi de 49,05%, estando acima do teor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 15%.

#### 4.1.1.6 Nitrogênio total

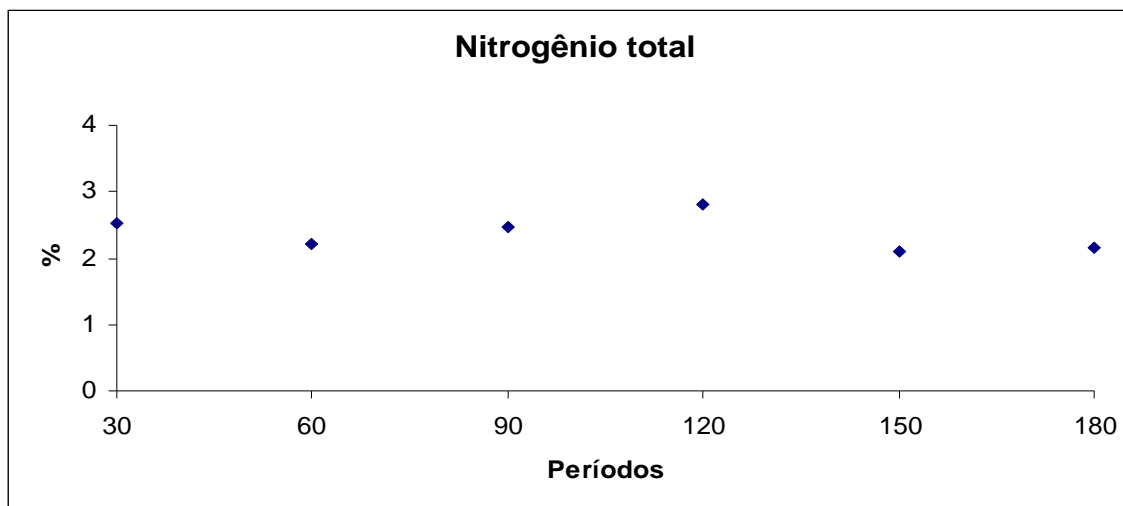
Na tab. 10 podem ser verificados os teores de nitrogênio total durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Observa-se que não houve diferença significativa no teor de nitrogênio total nos primeiros 120 dias de compostagem ( $P>0,05$ ), porém verifica-se uma redução da sua concentração, quando comparado com a composição das matérias-primas iniciais (tab. 1).

**Tabela 10** - Teor de nitrogênio total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Nitrogênio total (%)
30	2,53 <sup>AB</sup>
60	2,20 <sup>AB</sup>
90	2,47 <sup>AB</sup>
120	2,81 <sup>A</sup>
150	2,10 <sup>B</sup>
180	2,14 <sup>AB</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Entretanto, observa-se na Fig. 21, que não houve uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão. Este fato pode ter ocorrido devido a baixa relação C/N dos materiais compostados, que juntamente com o pH alcalino e as altas temperaturas, em decorrência da atividade microbiana do período, favoreceu a volatilização do nitrogênio, concordando Kelleher et al. (2002), que afirmam que a baixa relação C/N dos resíduos provenientes da avicultura, contribuem para a maior perda de amônia e, com Beck-Friis et al. (2001), que afirmam que a emissão de amônia inicia quando a temperatura é superior a 45°C e quando o pH está em torno de 9,0, já que o pH é responsável pelo equilíbrio entre o amônio (NH<sub>4</sub>) e a amônia (NH<sub>3</sub>) (MACKENZIE, DE LUCA e SALA, 2006). Porém, Tsai, Baraibar e Romani (1992) afirmam que a volatilização do nitrogênio também pode ocorrer em baixas temperaturas.



**Figura 21** - Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Verifica-se um aumento numérico da concentração de nitrogênio total na fase final do primeiro estágio de compostagem (2,81%). Isto pode ser explicado pela morte dos microrganismos que incorporam e imobilizam o nitrogênio no seu protoplasma celular, como pode ser constatado ao observar-se a tab. 3, onde se verifica uma redução significativa de temperatura da biomassa até atingir a temperatura ambiente. Estes resultados concordam com Kiehl (2004) que afirma que quando se compara o teor de nitrogênio total, encontrado em um material a ser compostado, com o conteúdo ao final do processo, verifica-se que o valor é sempre maior no final, devido provavelmente a presença de bactérias no composto, que podem fixar o nitrogênio do ar atmosférico e, também com Barley (1965) que afirma que os microrganismos decompõem-se rapidamente, incorporando nitrogênio na forma inorgânica à massa em compostagem. Ainda, pode ser observado que não houve diferença significativa nos períodos finais do processo de compostagem, porém verifica-se que houve um decréscimo significativo aos 150 dias ( $P < 0,05$ ), quando se compara à concentração de nitrogênio total entre a fase final do primeiro estágio e a fase inicial do segundo estágio de compostagem. Isto ocorreu possivelmente devido a adição de água na fase inicial do segundo estágio de compostagem, o que favoreceu a multiplicação dos microrganismos, elevando assim a temperatura do composto (tab. 4), proporcionando a volatilização de amônia, concordando com vários pesquisadores, que afirmam que parte do calor gerado pelo metabolismo exotérmico dos microrganismos 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 (KIEHL, 1985). Verifica-se também uma redução do nitrogênio total (2,14%) no período final do processo de compostagem, sendo possivelmente explicado pela persistente volatilização de amônia, que pode ter ocorrido devido à baixa relação C/N das matérias-primas iniciais, concordando com Kelleher et al. (2002) que afirmam que a baixa relação C/N dos resíduos orgânicos provenientes da avicultura contribuem para a maior perda de amônia. Além disso, o resultado concorda com Costa et al. (2005a) que verificaram uma redução do teor de N ao final do processo de compostagem de carcaças avícolas.

No entanto, pode ser verificado que o teor de nitrogênio total, aos 180 dias, está acima do valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 1% e dentro do valor tolerado, que é até 15% para teores iguais ou inferiores a 5%.

#### **4.1.1.7 pH**

Na tab. 11, pode-se verificar as mudanças ocorridas no pH durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que não houve diferença significativa no pH da massa em compostagem nos primeiros 120 dias ( $P > 0,05$ ), sendo observado que os valores situaram-se dentro da faixa alcalina. No entanto, observa-se uma elevação significativa do pH entre a fase final do primeiro estágio (8,62) e a fase inicial do segundo estágio (9,66) ( $P < 0,05$ ), e também uma redução significativa ao final do processo de compostagem (7,68), verificando-se valores alcalinos para esta variável, estando de acordo com o valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 6,0.

**Tabela 11** - Valores de pH durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

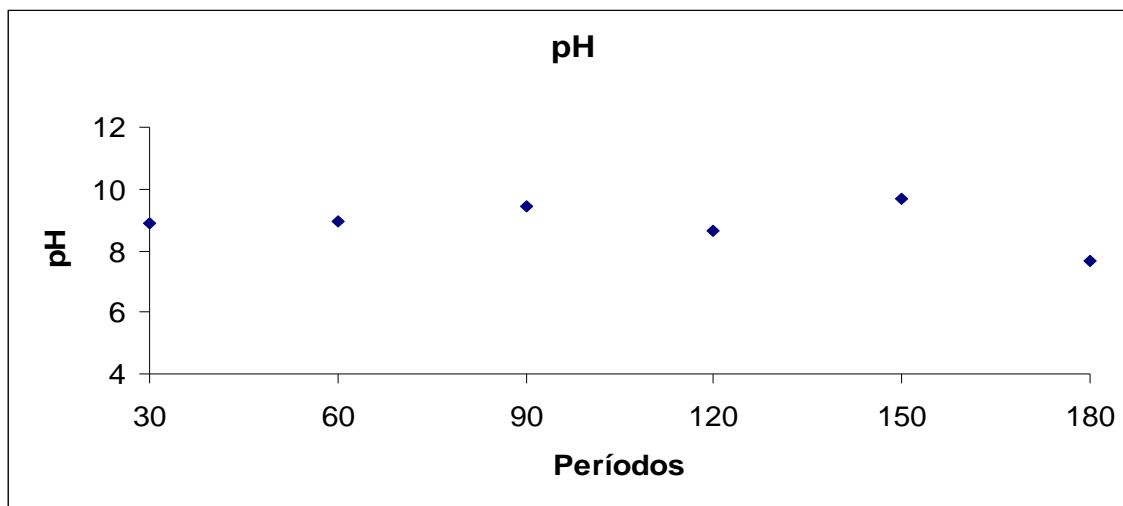
Períodos (dias)	pH
30	8,86 <sup>AB</sup>
60	8,94 <sup>AB</sup>
90	9,46 <sup>AB</sup>
120	8,62 <sup>B</sup>
150	9,66 <sup>A</sup>
180	7,68 <sup>C</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados obtidos no presente experimento concordam com Sansford; Macleod (1998), que afirmam que o processo de humificação leva a obtenção de um produto final com pH que varia entre 7,0 e 8,0. O aumento significativo do pH, entre a fase final do primeiro estágio e a fase inicial do segundo estágio possivelmente ocorreu devido ao processo de amonificação, concordando com Victoria, Piccolo e Vargas (1992) que afirmam que com a hidrólise, ocorre liberação de hidroxilas, o que promove um aumento do pH. Estes resultados também concordam com Golueke e Diaz (1991), que afirmam que possivelmente a presença de excretas de aves possa contribuir para elevar o pH do meio. Entretanto, a redução do pH aos 180 dias de compostagem possivelmente ocorreu devido ao processo de nitrificação, concordando com vários pesquisadores que afirmam que o aumento da acidez pode se consequência do processo de nitrificação (TSAI; BARAIBAR; ROMANI, 1992; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Sanchez-Monedero et al. (2001) e Kiehl (2004) afirmam que inicialmente o N orgânico é transformado em  $\text{NH}_3$  pela ação da nitrossomas e, em seguida, em  $\text{NO}_2^-$  pela ação predominante das nitrobactérias, o qual se converte rapidamente a nitrato. Desta forma, quando a amônia é oxidada a  $\text{NO}_3^-$ , verifica-se uma produção líquida de  $2\text{H}^+$  e, conseqüentemente, há uma diminuição do pH (KIEHL, 2004).

Além disso, não houve tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equação de regressão (Fig. 22).

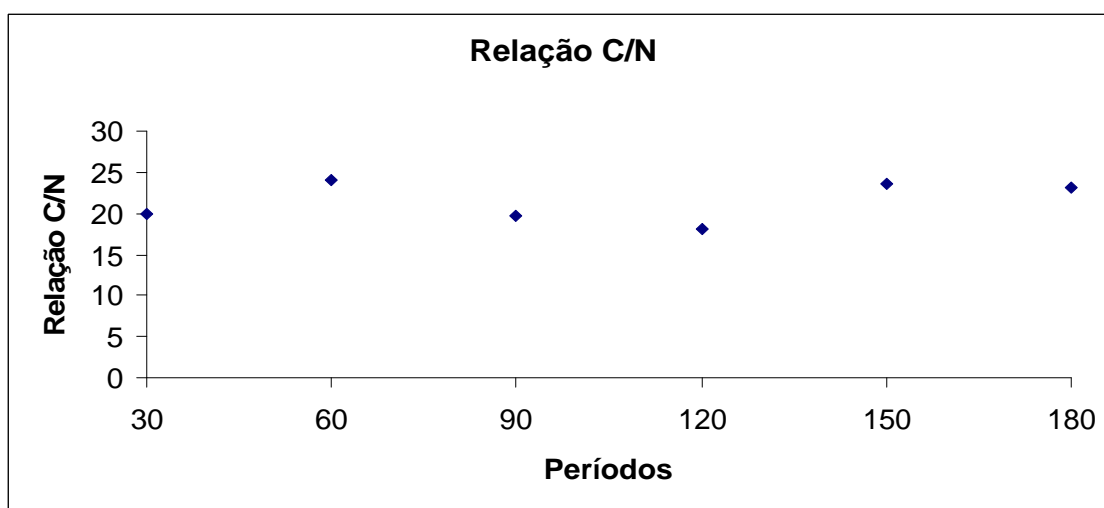




**Figura 22** - Evolução do pH durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.8 Relação C/N

As mudanças ocorridas na relação C/N, durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário, podem ser observadas na tab. 12 e na Fig. 23. Verifica-se que não houve diferença significativa na relação C/N nos períodos estudados ( $P > 0,05$ ).



**Figura 23** - Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Embora não se tenha realizado a análise da composição química da mistura das matérias-primas, pode-se observar que, individualmente, os materiais

apresentaram uma baixa relação C/N (tab. 1), o que possivelmente afetou a velocidade de mineralização da matéria orgânica, já que o carbono e o nitrogênio são elementos essenciais para o metabolismo de microrganismos mesófilos e termófilos. Estas observações concordam com Sharma et al. (1997) que sustentam que a relação C/N é um índice utilizado para avaliar os efeitos significativos no crescimento microbiológico, uma vez que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende do conteúdo de carbono e também do conteúdo de nitrogênio (HAMMOUDA; ADAMS, 1989; LANDGRAF; MESSIAS; RESENDE, 2005), porém a quantidade de nitrogênio exigida por unidade de carbono varia com os tipos de microrganismos envolvidos no processo (PEIXOTO, 1988).

**Tabela 12** - Valores da relação C/N durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Relação C/N
30	19,90
60	24,07
90	19,81
120	18,09
150	23,49
180	23,16

Em relação às matérias-primas iniciais, verifica-se que houve acréscimos nos valores da relação C/N no decorrer dos períodos de compostagem, podendo ser explicado pela baixa relação C/N dos materiais individuais iniciais (tab. 1), o que proporcionou uma redução na concentração do nitrogênio total ao longo do período, concordando com Kiehl (1985) que afirma que materiais com relação C/N abaixo de 10/1 apresentam um maior desprendimento de amônia. Esses resultados estão de acordo com Dai Prá (2006), que trabalhando na transformação de dejetos líquidos de suínos em sólidos, através da incorporação a diferentes materiais celulósicos, observou que a relação C/N aumentou no tratamento cama de aviário, passando de 5/1 para 15/1, indicando que os dejetos atuaram como fonte de carbono e, também, de acordo com Alexander (1977), que sustenta que durante o processo de mineralização, os aminoácidos liberados pelas proteases são utilizados como fonte

de carbono e de nitrogênio por um número considerável de microrganismos heterotróficos.

Além disso, observa-se que ao final do processo, o composto apresentou uma relação C/N de 23,16, estando bem acima do recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 18/1, demonstrando que o composto não estava estabilizado.

#### 4.1.1.9 Fósforo total

A tab. 13 mostra as alterações ocorridas no teor de fósforo total durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Observa-se que não houve diferença significativa nessa variável durante os períodos estudados ( $P > 0,05$ ), porém se verifica acréscimos na sua concentração, quando comparado à composição das matérias-primas iniciais (tab. 1), fato que pode ser explicado pela intensa atividade microbológica durante o processo de compostagem, concordando com Tardieux-Roche (1966 apud EIRA, 1992) que afirma que o fósforo estimula a reprodução dos microrganismos, proporcionando um incremento na mineralização da matéria orgânica e uma maior concentração dos minerais (KIEHL, 1985; HE; LOGAN; TRAINA, 1995).

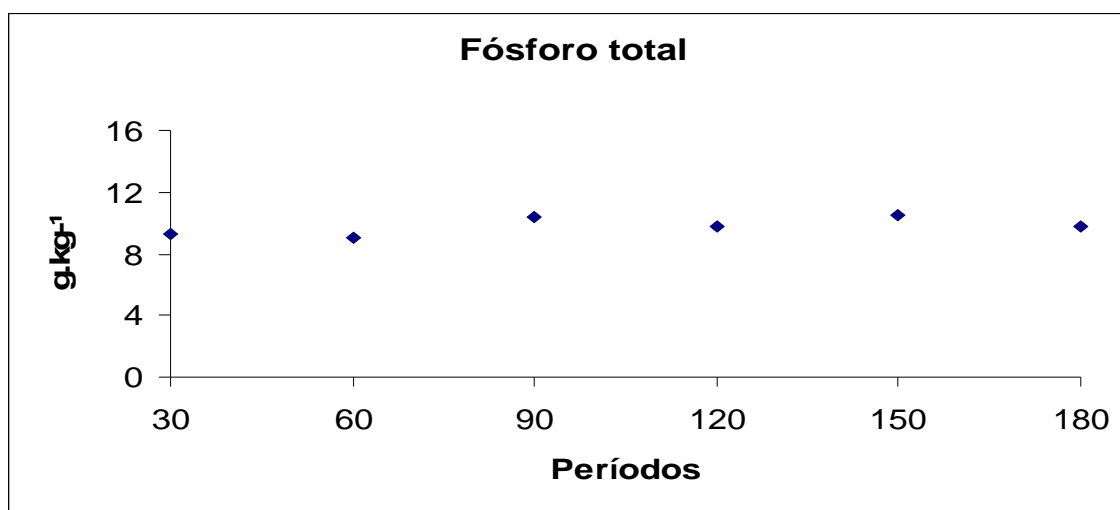
Ainda, pode ser observado que aos 180 dias, a concentração de fósforo total no composto foi de  $9,77 \text{g.kg}^{-1}$ , estando dentro do valor máximo tolerado recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10% para teores de fósforo total entre 5% e 40%.

**Tabela 13** - Concentração média de fósforo total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Fósforo total ( $\text{g.kg}^{-1}$ )
30	9,27
60	9,10
90	10,38
120	9,83
150	10,48
180	9,77

Da mesma forma, os resultados concordam com Marschner (1995), que afirma que a liberação do fósforo está intimamente associada ao processo de decomposição pelos microrganismos. Resultado semelhante foi relatado por Costa et al. (2005a), que estudaram a compostagem de carcaças avícolas e verificaram acréscimos nos teores dos minerais analisados.

Entretanto, observa-se na Fig. 24, que não houve uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão.



**Figura 24** – Evolução do teor de fósforo total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.10 Potássio

A tab. 14 mostra as alterações ocorridas no teor de potássio durante o período de compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

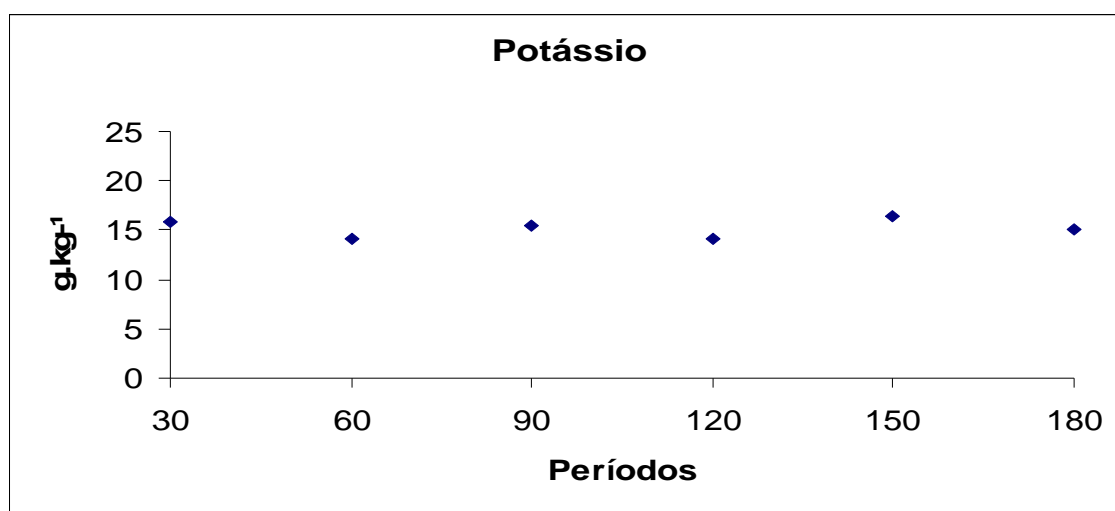
Pode ser observado que não houve diferença significativa no teor de potássio durante os períodos estudados ( $P > 0,05$ ). No entanto, verifica-se um aumento numérico na sua concentração ao longo do período de compostagem, quando comparado à composição das matérias-primas iniciais (tab. 1).

**Tabela 14** - Concentração média de potássio durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Potássio (g.kg <sup>-1</sup> )
30	15,76
60	14,14
90	15,43
120	14,04
150	16,33
180	15,05

Este fato que pode ser explicado pela concentração de matéria orgânica no material compostado (tab. 8), porém não se observa uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão (Fig. 25), concordando com Veras e Povinelli (2004) que afirmam que os resíduos com um maior conteúdo de matéria orgânica apresentam um maior teor de potássio, devido ao mineral encontrar-se adsorvido eletrostaticamente à matéria orgânica.

Ainda, observa-se que aos 180 dias de compostagem, o teor de potássio no composto foi de 15,05g.kg<sup>-1</sup>, que conforme a Instrução Normativa nº 23/2005 está dentro do valor máximo tolerado, que é de 10% para teores entre 5% e 40%.



**Figura 25** - Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.1.11 Magnésio total

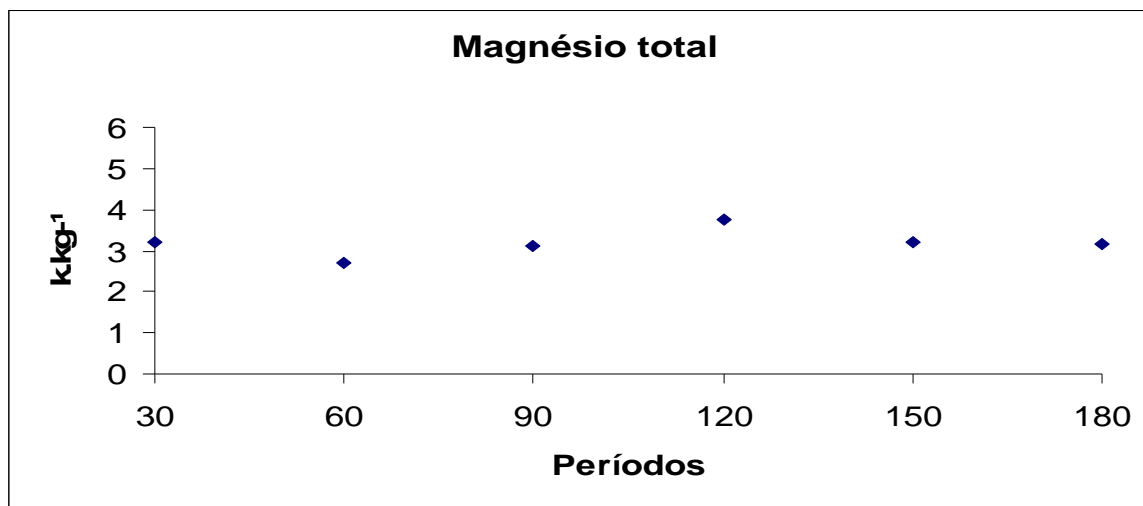
A tab. 15 mostra as alterações ocorridas no teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 15** - Concentração média de magnésio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Magnésio total (g.kg <sup>-1</sup> )
30	3,23
60	2,69
90	3,10
120	3,74
150	3,21
180	3,16

Verifica-se que não houve diferença significativa no teor do mineral durante o período de compostagem ( $P > 0,05$ ), não se observando uma tendência específica para o comportamento dos dados (Fig. 26). Entretanto, observa-se um aumento numérico da sua concentração ao longo do período estudado, quando comparado à composição química das matérias-primas iniciais (tab. 1). Isto pode ser explicado pela redução no teor de matéria seca ao longo do período estudado (tab. 7), concordando com Underhay e Dickinson (1978, citado por OMALIKO, 1984), que demonstraram que durante a decomposição de fezes houve uma diminuição na matéria seca, a qual resultou em aumentos nas concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe).

Além disso, pode ser observado que aos 180 dias, a concentração de magnésio total no composto foi de 3,16g.kg<sup>-1</sup>, estando dentro do valor máximo tolerado recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 15% para teores iguais ou inferiores a 5%.



**Figura 26** - Evolução do teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.1.2 Avaliações das adaptações realizadas na metodologia

Verifica-se que a proporção de 3kg de cama de aviário para 1kg de cortes nobres de frangos de corte, que foi calculada com base na camada de 15cm e utilizada para a camada de 10cm, bem como o cálculo da quantidade de água com base no peso desta camada, não prejudicou o crescimento dos microrganismos mesófilos e termófilos, o que pode ser constatado pelo comportamento térmico elevado da massa em compostagem, nos períodos estudados, que segundo Imbeah (1998 apud Li; Zhang; Pang, 2008) é o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem. Da mesma forma, na Fig. 27 e na Fig. 28, podem ser observados, respectivamente, como estavam os cortes nobres aos 30 e aos 60 dias do primeiro estágio da compostagem e, ainda, aos 180 dias do segundo estágio de compostagem (Fig. 29), o que demonstrou que as adaptações realizadas na metodologia de Costa et al. (2005a) proporcionaram um meio ótimo para o desenvolvimento dos microrganismos, que são responsáveis pela decomposição das matérias-primas no processo de compostagem, concordando com Murphy (1988) que afirma que o uso da compostagem para a disposição de carcaças de aves é um meio econômico e biologicamente seguro de converter carcaças em um material inodoro, com características de húmus, sendo útil como condicionador do solo. Da mesma forma, concorda com Ancona e Muñoz (1994) que afirmam que o processo de compostagem de carcaças de aves deve ser realizado em dois



estágios, sendo que a finalidade do primeiro estágio está em transformar, de maneira segura, um material de difícil manejo em um material que possa ser manipulado em um processo posterior de compostagem propriamente dito.



**Figura 27** – Cortes nobres de frangos de corte aos 30 dias de compostagem.



**Figura 28** – Cortes nobres de frangos de corte aos 60 dias de compostagem.





**Figura 29** – Cortes nobres de frangos de corte aos 180 dias de compostagem.

## **4.2 Experimento 2**

### **4.2.1 Variáveis físico-químicas**

#### **4.2.1.1 Temperatura da biomassa**

Na tab. 16 são apresentadas as médias semanais obtidas para a temperatura da biomassa, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Observa-se que na primeira semana do processo de compostagem, a temperatura da biomassa foi significativamente menor ( $39,02^{\circ}\text{C}$ ) do que nas semanas subseqüentes, o que persistiu até a 11<sup>a</sup> semana ( $45,16^{\circ}\text{C}$ ) ( $P < 0,05$ ). Verifica-se também que não houve diferença significativa na temperatura da biomassa entre a primeira semana e as semanas posteriores à 11<sup>a</sup>, o que persistiu até a 16<sup>a</sup> semana, sendo observado que não houve tendência específica para o comportamento térmico da temperatura da biomassa, o que não permitiu ajuste de equações, porém pode ser observado um comportamento típico da temperatura da biomassa até a 16<sup>a</sup> semana (Fig. 30).

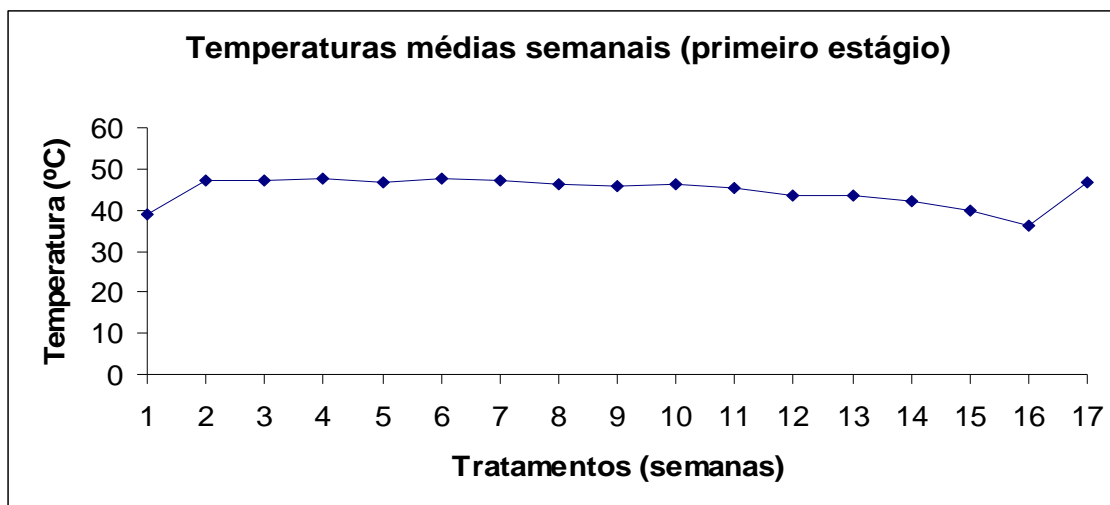
**Tabela 16** - Temperaturas médias semanais, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Tratamentos (Semanas)	Experimento 2 Primeiro estágio
1	39,02 <sup>DE</sup>
2	47,26 <sup>AB</sup>
3	47,16 <sup>AB</sup>
4	47,52 <sup>A</sup>
5	46,60 <sup>AB</sup>
6	47,84 <sup>A</sup>
7	47,26 <sup>AB</sup>
8	46,22 <sup>AB</sup>
9	45,80 <sup>AB</sup>
10	46,18 <sup>AB</sup>
11	45,16 <sup>ABC</sup>
12	43,56 <sup>ABCD</sup>
13	43,64 <sup>ABCD</sup>
14	41,98 <sup>BCD</sup>
15	39,72 <sup>CDE</sup>
16	36,12 <sup>E</sup>
17	46,96 <sup>AB</sup>

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

Os resultados obtidos demonstram que inicialmente o processo de compostagem encontrava-se na fase mesófila, sendo que a partir da segunda semana os microrganismos mesófilos foram suprimidos por termófilos, o que proporcionou uma elevação da temperatura devido ao seu metabolismo exotérmico, até a 11ª semana, sendo que a partir daí ocorreu uma diminuição da temperatura da biomassa devido à morte de microrganismos termófilos, o que proporcionou a multiplicação e a instalação de uma nova população microbiana mesófila, concordando com Turner (2002); Tiquia (2005) que afirmam que quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica, sendo que a medida em que os estoques de carbono são exauridos, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente (VINNERAS; JONSSON, 2002), surgindo novamente as comunidades mesofílicas, que irão atuar na humificação do composto (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986; KAPUINEN, 2001). No entanto, verificou-se um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) na temperatura da biomassa

entre a 16ª (36,12°C) e a 17ª semana (46,96°C), indicando que novamente estava ocorrendo a multiplicação de microrganismos termófilos, sendo um comportamento atípico do processo de compostagem (Fig. 30).



**Figura 30** – Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Estes resultados concordam com Kiehl (1985) que afirma que os nutrientes presentes nos resíduos vegetais e animais são decompostos em diferentes estágios, com diferentes intensidades e por diferentes populações de microrganismos e, ainda, com Kirk e Farrell (1987) que afirmam que a lignina é extremamente resistente ao ataque de microrganismos, sendo o último material a ser degradado na compostagem. Entretanto, discordam de Vinneras e Jonsson (2002), conforme citado anteriormente. Fato semelhante foi verificado por Vespa (2005), segundo o qual a partir da quarta semana de compostagem de lixo urbano, ocorreram temperaturas abaixo de 40°C, sendo que após dez semanas da instalação do experimento, houve novo aumento da temperatura da biomassa.

Na tab. 17 são apresentadas as médias semanais obtidas para a temperatura da biomassa, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Observa-se que não houve diferença significativa entre a temperatura da biomassa nas primeiras sete semanas do segundo estágio de compostagem. Este fato pode ser explicado pela composição das carcaças inteiras, que são materiais de mais difícil degradação pelos

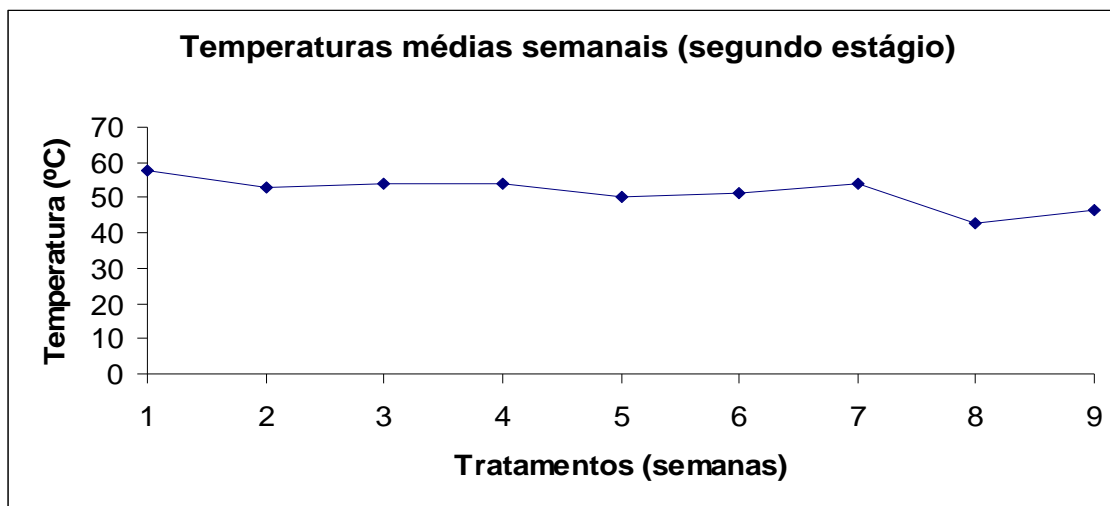
microrganismos do que os cortes nobres, devido à presença de penas e, ainda, devido à menor superfície específica do material, que acaba afetando a atividade dos microrganismos. Estes resultados concordam com Zhang e He (2006) que verificaram que o carbono é decomposto continuamente até dióxido de carbono ou incorporado à biomassa durante a fase termófila. De modo semelhante, Kiehl (1985) afirma que as bactérias termófilas degradam as frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos termófilos.

**Tabela 17** - Temperaturas médias semanais, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Tratamentos (Semanas)	Experimento 2 Segundo estágio
1	57,90 <sup>A</sup>
2	53,12 <sup>AB</sup>
3	54,08 <sup>AB</sup>
4	54,18 <sup>AB</sup>
5	50,34 <sup>ABC</sup>
6	51,06 <sup>AB</sup>
7	53,74 <sup>AB</sup>
8	42,62 <sup>C</sup>
9	46,56 <sup>BC</sup>

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

Além disso, verifica-se uma redução significativa na temperatura da biomassa entre a sétima e a oitava semana, indicando um pequeno resfriamento da biomassa, que ocorreu devido ao revolvimento e a adição de água, o que possivelmente acarretou a morte de microrganismos termófilos, sendo substituídos por microrganismos mesófilos. Entretanto, pode ser observado que a temperatura da biomassa na sétima semana não diferiu significativamente da temperatura da biomassa na nona semana do segundo estágio de compostagem, indicando uma nova multiplicação de microrganismos termófilos, podendo ser observado na Fig. 31, que não houve tendência para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão.



**Figura 31** – Comportamento térmico da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.2.1.2 Temperatura ambiente do ar e temperatura da biomassa

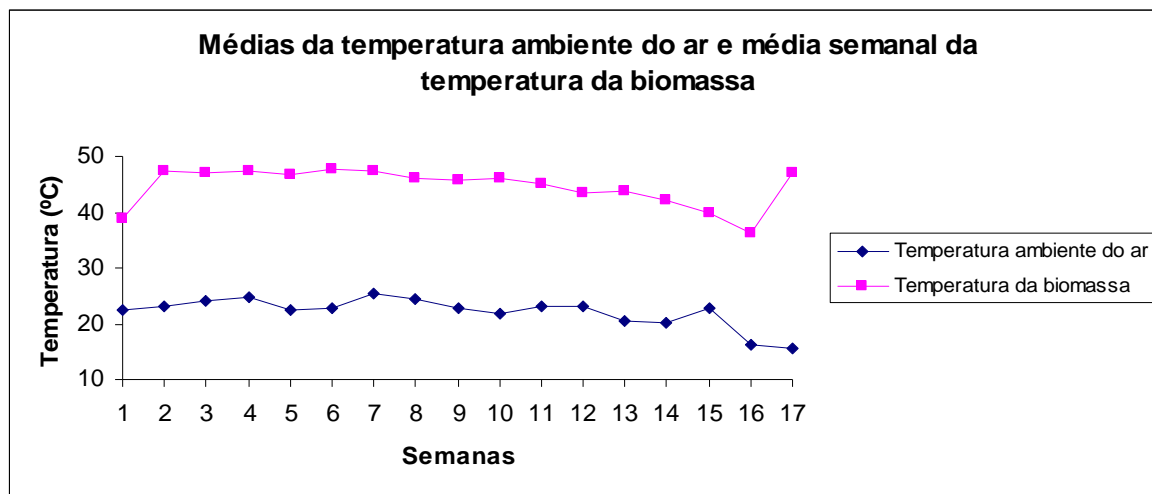
Na tab. 18 podem ser observadas as médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que a temperatura ambiente esteve relativamente elevada durante o primeiro estágio, variando entre 15,57°C e 25,50°C. Pode ser observado ainda que, na 16ª semana, a temperatura ambiente do ar foi de 16,17°C e a temperatura da biomassa, de 36,11°C. No entanto, na 17ª semana, a temperatura ambiente encontrava-se a 15,57°C, enquanto que a temperatura da biomassa foi de 46,94°C, indicando que possivelmente não houve influência da temperatura ambiente do ar, como pode ser visualizado na Fig. 32. Estes resultados concordam com diversos pesquisadores, que afirmam que a temperatura ambiente não influencia na temperatura da biomassa (SILVA, 2005; VESPA, 2005) e ainda, com Klamer e Baath (1998) que sustentam que o calor produzido pela atividade metabólica fica parcialmente retido devido às características térmicas dos materiais compostados.

**Tabela 18** - Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Semanas	Observações	
	Tar (°C)	Tbiomassa (°C)
1	22,46	39,02
2	23,20	47,25
3	24,24	47,15
4	24,71	47,52
5	22,59	46,59
6	22,69	47,84
7	25,50	47,28
8	24,56	46,22
9	22,90	45,60
10	21,91	46,19
11	23,07	45,15
12	23,19	43,54
13	20,41	43,63
14	20,13	42,01
15	22,76	39,71
16	16,17	36,11
17	15,57	46,94

Tar = temperatura ambiente do ar; Tbiomassa = temperatura da biomassa.

Fonte: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA/UFPEL, 2007.



**Figura 32** – Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o primeiro estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

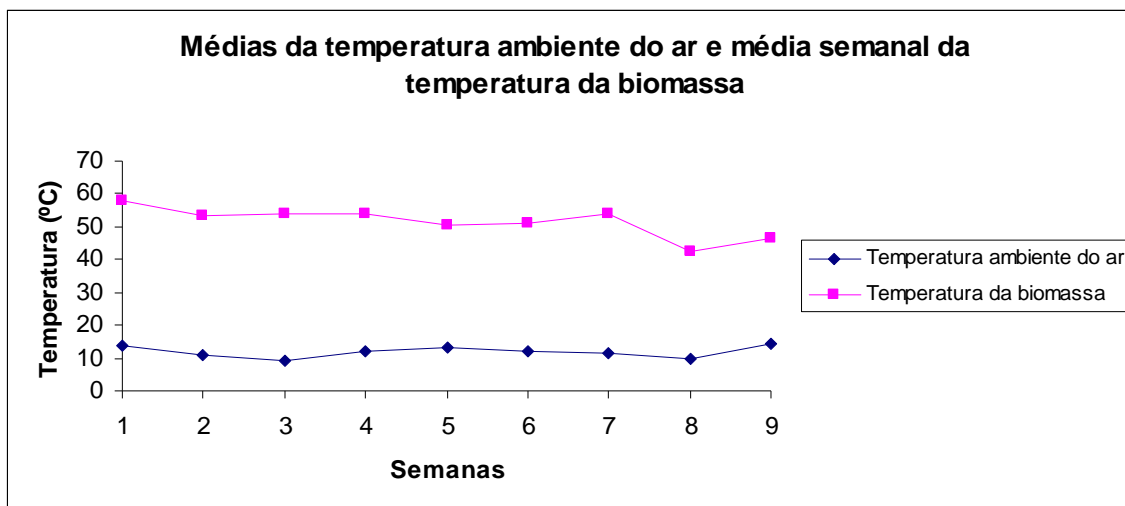
Na tab. 19 podem ser observadas as médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Verifica-se que houve um decréscimo da temperatura ambiente do ar, quando se compara ao primeiro estágio de compostagem, oscilando entre 8,93°C e 14,58°C.

**Tabela 19** - Médias semanais da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Semanas	Observações	
	Tar (°C)	Tbiomassa (°C)
1	13,51	57,88
2	11,17	53,13
3	8,93	54,08
4	11,81	54,18
5	13,34	50,33
6	11,94	51,06
7	11,63	53,75
8	9,91	42,62
9	14,58	46,54

Tar = temperatura ambiente do ar; Tbiomassa = temperatura da biomassa  
 Fonte: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA/UFPEL, 2007.

Verifica-se ainda que o valor da temperatura ambiente do ar na segunda semana (11,17°C) foi maior que a temperatura da terceira semana (8,93°C), enquanto que a temperatura da biomassa foi menor (53,13°C) que a da terceira semana (54,08°C). Da mesma forma, estes resultados indicam que a temperatura ambiente do ar aparentemente não teve influência no comportamento da temperatura da biomassa, como pode ser verificado na Fig. 33, concordando com Joshua et al. (1998) que afirmam que a parte externa da pilha funciona como uma massa protetora, que permite a retenção de calor.



**Figura 33** – Comportamento da temperatura ambiente do ar e da temperatura da biomassa, em °C, durante o segundo estágio da compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.2.1.3 Matéria seca

A tab. 20 apresenta os dados referentes às médias dos valores de matéria seca, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Não houve diferença significativa entre os percentuais de matéria seca nos primeiros 90 dias de compostagem, porém ao se comparar com a composição das matérias-primas iniciais (tab. 1), observa-se que houve uma tendência de redução dos percentuais de matéria seca. Pode ser observado que aos 120 dias, houve uma redução significativa no teor de matéria seca, diferindo dos demais períodos ( $P < 0,05$ ). Isto pode ser resultado de uma maior atividade microbológica do meio, que pode ser constatada pelo aumento da temperatura no período, que passou de 39,72°C para 46,96°C, acarretando uma redução do teor de carbono orgânico total e assim, um maior teor de umidade, que pode ter sido proporcionado pela respiração microbológica e pelo vapor de água que ficou retido na biomassa, devido a camada de 15cm de maravalha, concordando com Joshua, Macauley e Mitchell (1998) que afirmam que a parte externa da leira funciona como uma massa protetora, que permite a retenção de calor e conseqüentemente da umidade.

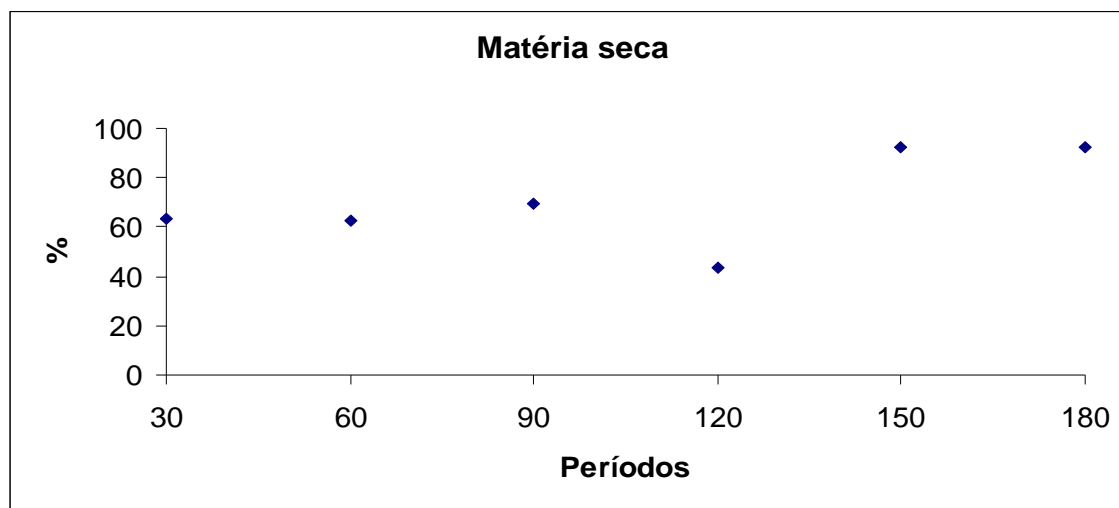


**Tabela 20** - Percentual de matéria seca durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Matéria seca (%)
30	63,24 <sup>B</sup>
60	62,86 <sup>B</sup>
90	69,29 <sup>B</sup>
120	43,15 <sup>C</sup>
150	92,26 <sup>A</sup>
180	92,01 <sup>A</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Verifica-se que não houve diferença significativa no teor de matéria seca aos 150 e 180 dias de compostagem, porém foram significativamente superiores aos valores encontrados no primeiro estágio do processo de compostagem ( $P < 0,05$ ). Entretanto, se verifica na Fig. 34, que não houve tendência para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equação de modelo.



**Figura 34** - Evolução do percentual de matéria seca durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.2.1.4 Matéria orgânica total

A tab. 21 apresenta os teores de matéria orgânica total durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Observa-se que não houve diferença significativa para o teor de matéria orgânica nos primeiros 90 dias de compostagem ( $P>0,05$ ).

**Tabela 21** - Teor de matéria orgânica total, em %, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

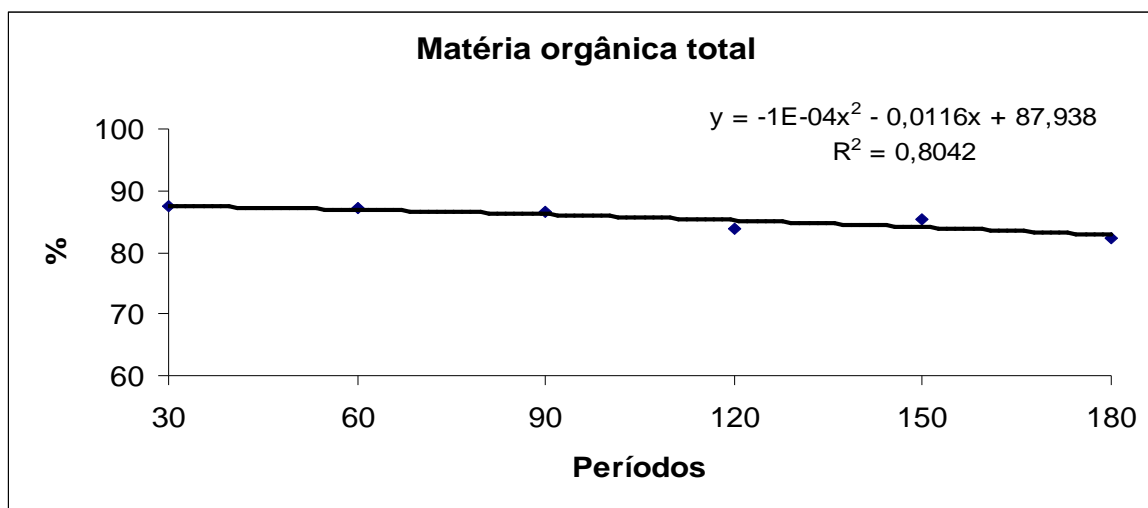
Períodos (dias)	Matéria orgânica total (%)
30	87,41 <sup>A</sup>
60	87,03 <sup>A</sup>
90	86,66 <sup>AB</sup>
120	83,76 <sup>CD</sup>
150	85,26 <sup>BC</sup>
180	82,42 <sup>D</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Entretanto, verificou-se que com o passar do tempo, houve uma redução gradual do teor de matéria orgânica total. Os valores numéricos encontrados para esta variável, nos períodos estudados, sugerem uma decomposição lenta por parte dos microrganismos mesófilos e termófilos durante a fase inicial, concordando com McKinley e Vestal (1985 apud TIQUIA; TAM 2000) que afirmam que a microbiota do composto determina a taxa de velocidade do processo de compostagem. Comportamento diferente foi relatado por Iannotti et al. (1994), que observaram um incremento no conteúdo de cinzas no início do processo, seguido de uma fase estacionária no período intermediário e de uma fase lenta no final do processo de compostagem de resíduos urbanos. Este fato pode estar relacionado ao tipo de carbono presente na cama de aviário e também à granulometria das matérias-primas compostadas. Os resultados obtidos concordam com Tauk (1990) sustenta que entre 50 e 80% da matéria seca dos materiais celulósicos é carbono, podendo estar retido na forma de compostos altamente resistentes à degradação microbiológica (BERTOLDI, 1986; RODRIGUES et al., 2006; ZUCCONI), o que reduz a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos (COSTA, 2005). Da

mesma forma, os resultados estão de acordo com Lima (2006) que verificou que a natureza do material utilizado influencia a intensidade da redução da matéria orgânica durante o processo de compostagem e ainda, com Kiehl (1985) que observou que a intensidade de decomposição da matéria orgânica está relacionada à superfície específica do material a ser compostado.

Observa-se que aos 180 dias de compostagem houve uma redução significativa do teor de matéria orgânica ( $P < 0,05$ ), o que pode ser observado na Fig. 35, através de um comportamento quadrático dos dados, indicando uma queda ao longo do período de compostagem, sendo esta mais acentuada aos 180 dias. O resultado concorda com diversos pesquisadores, que afirmam que a degradação do carbono, pelos microrganismos, a fim de obter energia, reduz o teor de matéria orgânica e aumenta a concentração de componentes minerais (HE; LOGAN; TRAINA, 1995; SHARMA et al., 1997; TIQUIA; TAM; HODGKISS, 1998c; TIQUIA; TAM, 2000a; TIQUIA; TAM, 2000b).



**Figura 35** - Evolução do teor de matéria orgânica total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Além disso, o teor de matéria orgânica total do composto, ao final do processo, está acima do valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, para a sua comercialização, que é de 40%, indicando a possibilidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, com a sua incorporação, com reflexo direto na produtividade das culturas (ESTRELA, 1984; KIEHL, 1985; NAKAGAWA, 1992; OLIVEIRA; PASCHOAL, 1996).

#### 4.2.1.5 Carbono orgânico total

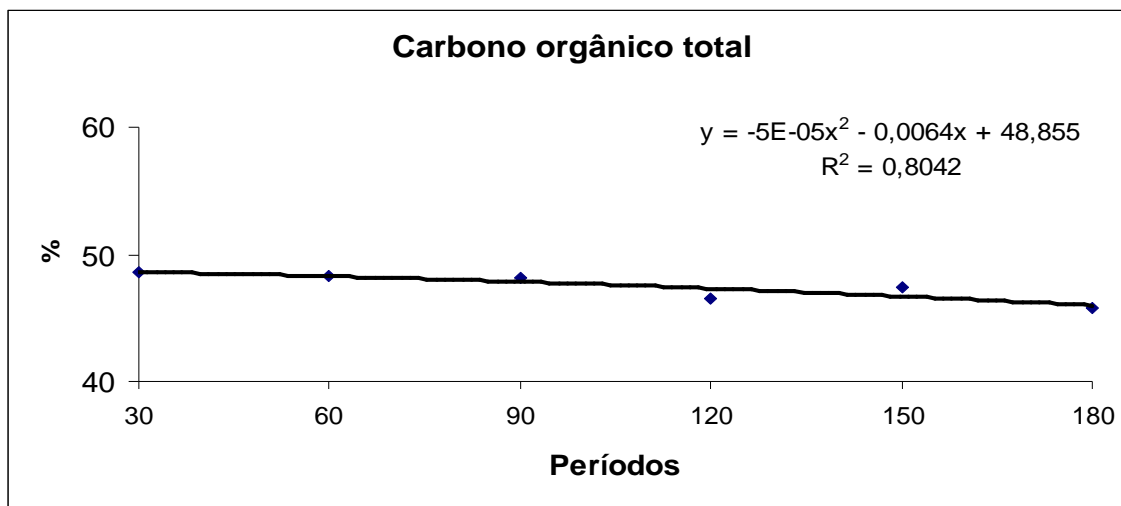
A tab. 22 apresenta os teores de carbono orgânico total, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 22** - Teor de carbono orgânico total, em %, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Carbono orgânico total (%)
30	48,56 <sup>A</sup>
60	48,35 <sup>A</sup>
90	48,14 <sup>AB</sup>
120	46,53 <sup>CD</sup>
150	47,37 <sup>BC</sup>
180	45,79 <sup>D</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Não se observou diferença significativa no teor de carbono total nos primeiros 90 dias. Entretanto, os dados apresentaram um comportamento quadrático (Fig. 36), indicando uma queda no seu teor, durante o período de compostagem, o que pode ser explicado possivelmente pela natureza das matérias-primas compostadas, já que a qualidade do carbono, a ser digerido pelos microrganismos, interfere na quantidade de carbono que será transformado em CO<sub>2</sub> durante a compostagem, o que sugere também que as dimensões das partículas possam ter influenciado no processo. Estes resultados concordam com Lynch e Wood (1985) que afirmam que mesmo que quantidades iguais de carbono estejam contidas em massas idênticas de aparas de madeira e serragem, a maior superfície específica da serragem fará com que o carbono nela contido seja mais disponível aos microrganismos. Da mesma forma, Canabarro et al. (2004) verificaram uma mineralização mais lenta do carbono orgânico total da cama sobreposta desde o início do processo de decomposição. Além disso, Silva (2005), estudando a compostagem da mistura de resíduos de unha de gato com esterco bovino, verificou que a redução do teor de carbono total foi menor nos primeiros 30 dias de compostagem, o que atribuiu ao maior teor de lignina.



**Figura 36** - Evolução do teor de carbono orgânico total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

De outra forma, Lima (2006) estudou a compostagem da mistura de diversos materiais, como o bagaço de cana, a cinza de bagaço de cana e o esterco de galinha poedeira e observou que o teor de lignina se elevou rapidamente nos primeiros 90 dias de compostagem, seguido de uma redução até o final do processo. Diversos pesquisadores afirmam que os microrganismos heterotróficos utilizam preferencialmente os carboidratos como fonte de carbono, reduzindo assim o teor de celulose e hemicelulose nos primeiros 90 dias de decomposição (SANTOS; GRISI, 1979; DINEL; MEHUYS; LÉVESQUE, 1991; PEREZ; JEFFERIES, 1993). No entanto, pode ser observado que o teor de carbono no composto, aos 180 dias do processo foi de 45,79%, estando acima do valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005.

Outro aspecto importante diz respeito ao pH ácido (tab. 24), verificado aos 30 dias de compostagem, que pode ter contribuído para uma menor redução do teor de carbono total, concordando com Carneiro (1995), que afirma que em meio ácido ocorre uma redução da população de bactérias e de actinomicetos, restringindo consideravelmente a formação de moléculas de água e CO<sub>2</sub>, que são resultantes da mineralização primária do composto.

#### 4.2.1.6 Nitrogênio total

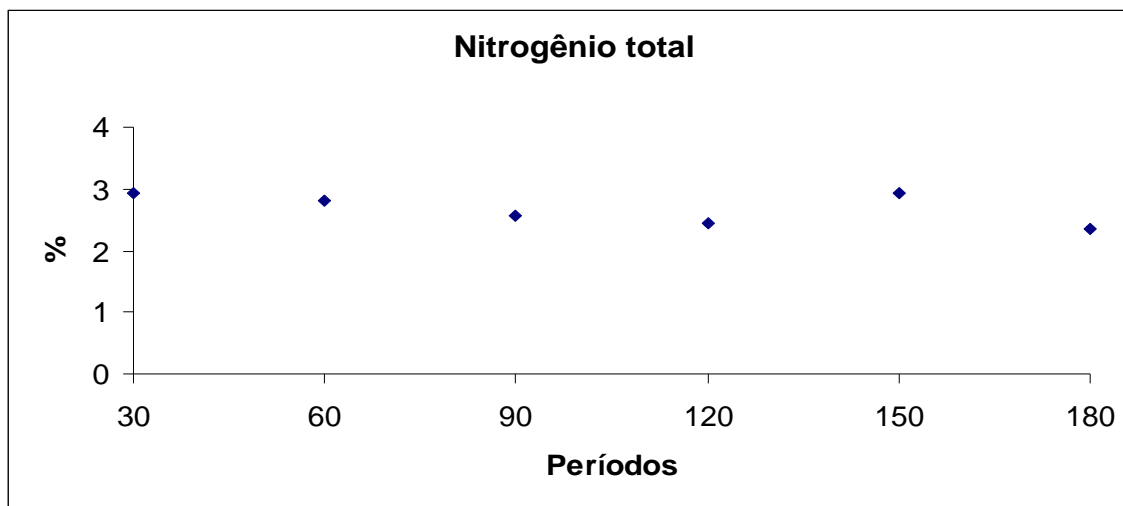
Na tab. 23 são apresentados os teores de nitrogênio total durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 23** - Teor de nitrogênio total, em %, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Nitrogênio total (%)
30	2,92
60	2,82
90	2,56
120	2,45
150	2,93
180	2,34

Não houve diferença significativa no teor de nitrogênio total, porém verifica-se uma tendência de redução ao longo dos períodos, quando se compara à concentração de nitrogênio total nas matérias-primas iniciais (tab. 1), sendo que aos 180 dias, observa-se uma maior tendência na redução desta variável. Entretanto, o valor ainda está acima do mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 1%, e dentro do valor tolerado, que é até 15% para teores iguais ou inferiores a 5%.

Além disso, observa-se na Fig. 37, que não houve uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão. Estes resultados podem ser explicados pelas altas temperaturas no período que, juntamente com o pH alcalino (tab. 24), podem ter favorecido a volatilização de amônia, concordando com Gorgati (2001), que afirma que o pH alcalino acarreta perdas de nitrogênio pela volatilização da amônia. Já, Sommer e Olsen (1991) afirmam que os resíduos orgânicos com maiores teores de matéria seca favorecem as perdas de nitrogênio por volatilização, discordando de Basso et al. (2004), que avaliaram os percentuais médios de perdas de nitrogênio através da aplicação de dejetos de suínos no solo do município de Santa Maria/RS encontrando uma redução da volatilização, mesmo o dejetos possuindo maior teor de matéria seca, sendo este fato associado ao menor pH do mesmo (6,6).



**Figura 37** - Evolução do teor de nitrogênio total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.2.1.7 pH

Na tab. 24, pode-se verificar as mudanças ocorridas no pH durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 24** - Valores de pH durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

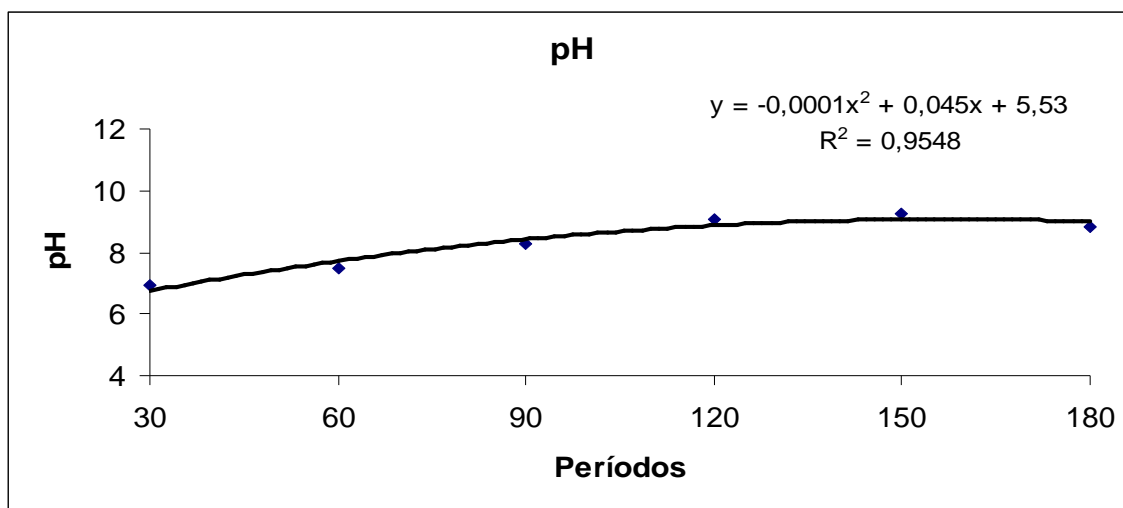
Períodos (dias)	pH
30	6,92 <sup>D</sup>
60	7,48 <sup>CD</sup>
90	8,28 <sup>BC</sup>
120	9,04 <sup>AB</sup>
150	9,26 <sup>A</sup>
180	8,84 <sup>AB</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Houve uma tendência de elevação dos valores pH nos primeiros 150 dias de compostagem, concordando com Pereira Neto (1996) que afirma que 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 e com Jahnel, Melloni e

Cardoso (1999), que estudaram a compostagem de lixo urbano e verificaram um pH ácido no início do processo, sendo que após 52 dias, o pH da biomassa atingiu valores próximos a 8,5, concordando com outros trabalhos que utilizaram diferentes tipos de resíduos (GEORGACAKIS et al., 1996; BERNAL et al., 1998; VILLAS BÔAS et al., 1999; TEJADA et al., 2001). Houve diferença significativa entre os valores de pH aos 60 dias (7,48) e aos 120 dias (9,04), bem como entre os 90 dias (8,28) e a fase inicial (9,26) do segundo estágio de compostagem ( $P < 0,05$ ).

Além disso, observa-se que não houve diferença significativa no valor de pH entre os períodos finais do processo de compostagem ( $P > 0,05$ ), portanto observa-se na Fig. 38, que os dados apresentaram um comportamento quadrático, indicando uma rápida acidificação no início do processo, seguido de uma elevação no valor de pH, atingindo valores alcalinos ao final do processo, sendo caracterizado como um comportamento típico, segundo vários pesquisadores (GARCIA, 1989; EPSTEIN, 1997; JIMENEZ; RIVERA-ROSARIO, 2002; SILVA, 2005).



**Figura 38** - Evolução do pH durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Este fato pode ser explicado pela presença de microrganismos, os quais degradam a matéria orgânica, produzindo ácidos orgânicos que regulam o pH do meio, concordando com Kiehl (2004) que afirma que os traços de ácidos minerais que se formam reagem com bases, que são liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina.



Além disso, observa-se aos 180 dias de compostagem um valor alcalino de pH (8,84), que está de acordo com o valor mínimo recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 6,0.

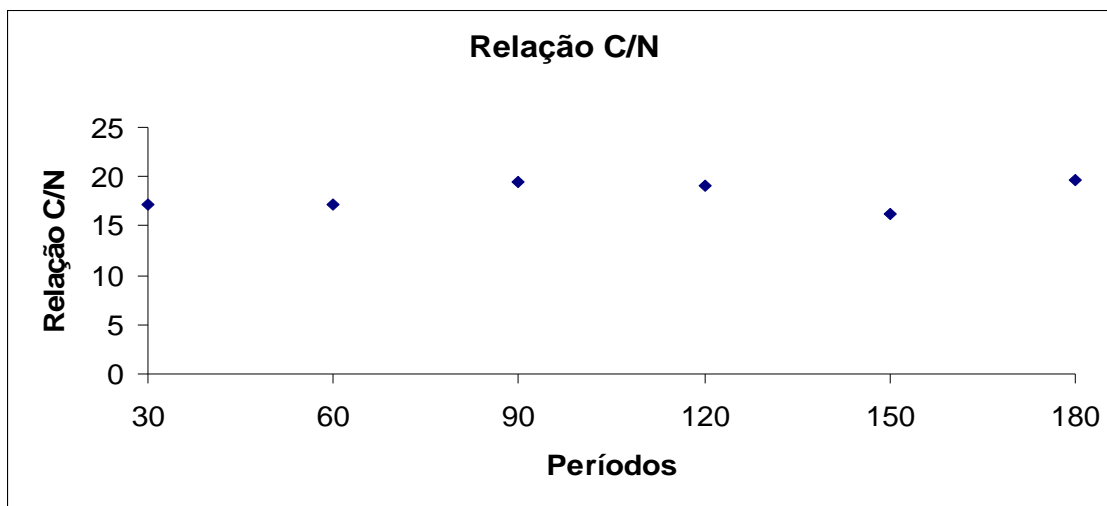
#### 4.2.1.8 Relação C/N

As mudanças ocorridas na relação C/N, durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário, podem ser observadas na tab. 25 e na Fig. 39. Verifica-se que não houve diferença significativa na relação C/N nos períodos estudados ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 25** - Valores da relação C/N durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Relação C/N
30	17,12
60	17,22
90	19,41
120	19,09
150	16,27
180	19,59

Embora não se tenha realizado a análise da composição química da mistura das matérias-primas, pode-se observar que, individualmente, os materiais apresentaram uma baixa relação C/N (tab. 1), o que possivelmente afetou a velocidade de mineralização da matéria orgânica, já que o carbono e o nitrogênio são elementos essenciais para o metabolismo de microrganismos mesófilos e termófilos. Estas observações concordam com Sharma et al. (1997) que afirmam que a relação C/N é um índice utilizado para avaliar os efeitos significativos no crescimento microbiológico, uma vez que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende do conteúdo de carbono e também do conteúdo de nitrogênio (HAMMOUDA; ADAMS, 1989; LANDGRAF; MESSIAS; RESENDE, 2005), porém a quantidade de nitrogênio exigida por unidade de carbono varia com os tipos de microrganismos envolvidos no processo (PEIXOTO, 1988).



**Figura 39** - Evolução da relação C/N durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Em relação às matérias-primas iniciais, verifica-se que houve acréscimos nos valores da relação C/N no decorrer dos períodos de compostagem, que pode ser explicado pela baixa relação C/N dos materiais individuais iniciais (tab. 1), o que proporcionou uma redução na concentração do nitrogênio total ao longo do período, concordando com Kiehl (1985) que afirma que materiais com relação C/N abaixo de 10/1 apresentam um maior desprendimento de amônia. Ainda, pode ser observado que aos 180 dias, o composto apresentou uma relação C/N de 19,59, estando acima do recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 18/1. Esses resultados estão de acordo com Dai Prá (2006), que trabalhando na transformação de dejetos líquidos de suínos em sólidos, através da incorporação a diferentes materiais celulósicos, observou que a relação C/N aumentou no tratamento cama de aviário, passando de 5/1 para 15/1, indicando que os dejetos atuaram como fonte de carbono e, também, de acordo com Alexander (1977), que afirma que durante o processo de mineralização, os aminoácidos liberados pelas proteases são utilizados como fonte de carbono e de nitrogênio por um número considerável de microrganismos heterotróficos.

#### 4.2.1.9 Fósforo total

A tab. 26 mostra as alterações ocorridas no teor de fósforo total durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

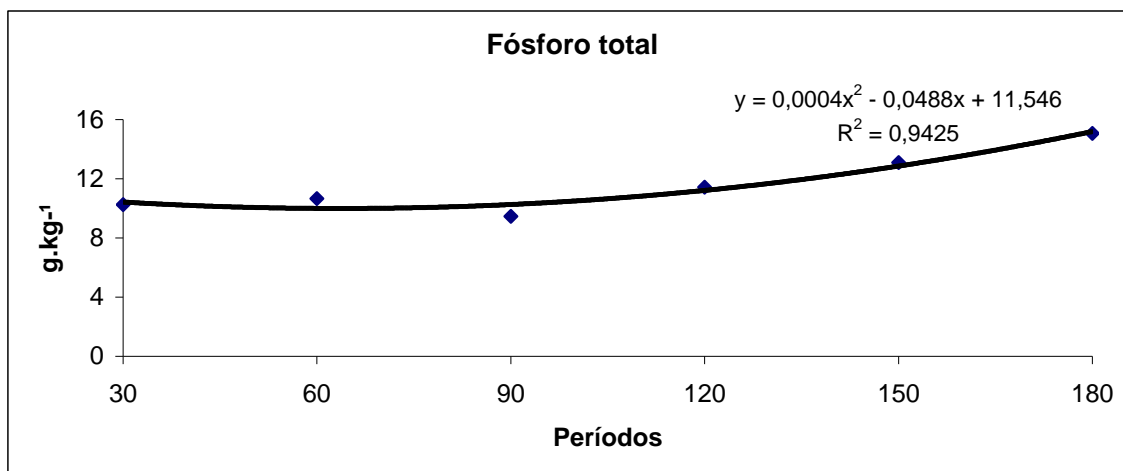
**Tabela 26** - Concentração média de fósforo total, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Fósforo total $\text{g.kg}^{-1}$
30	10,25 <sup>CD</sup>
60	10,66 <sup>CD</sup>
90	9,45 <sup>D</sup>
120	11,42 <sup>BC</sup>
150	13,09 <sup>B</sup>
180	15,07 <sup>A</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se uma tendência de acréscimos na sua concentração ao longo do período de compostagem (Fig. 40), quando comparado à composição das matérias-primas iniciais (tab. 1), fato que pode ser explicado pela intensa atividade microbiológica durante o processo de compostagem, concordando com Tardieux-Roche (1966 apud EIRA, 1992) que afirma que o fósforo estimula a reprodução dos microrganismos, proporcionando um incremento na mineralização da matéria orgânica e uma maior concentração de minerais (HE; LOGAN; TRAINA, 1995; KIEHL, 1985).

Entretanto, verifica-se que não houve diferença significativa nos primeiros 90 dias de compostagem ( $P < 0,05$ ), porém verificou-se um decréscimo no teor de fósforo neste período, aumentando progressivamente a partir de então, até o final, sendo representado por uma equação quadrática (Fig. 40). Além disso, observa-se que houve diferença significativa no teor de fósforo entre os períodos finais (90 dias e 120 dias) do primeiro estágio de compostagem ( $P < 0,05$ ), constatando-se um aumento significativo no seu teor aos 120 dias ( $11,42\text{g.kg}^{-1}$ ).



**Figura 40** – Evolução do teor de fósforo total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Ainda, pode ser verificado que houve diferença significativa no teor de fósforo durante o segundo estágio de compostagem, verificando-se um aumento significativo no seu teor aos 180 dias (15,07g.kg<sup>-1</sup>), que está dentro do valor máximo tolerado recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10% para teores de potássio entre 5% e 40%. Isto sugere que o pH alcalino da massa em compostagem (tab. 24), possa ter influenciado o metabolismo dos microrganismos, concordando com Kiehl (1985) que afirma que há uma maior disponibilidade de fósforo inorgânico em pH alcalinos, bem como um maior acúmulo de fósforo orgânico em pH ácido, já que a população de bactérias e actinomicetos é restringida consideravelmente (CARNEIRO, 1995). Além disso, estes resultados possivelmente ocorreram porque os microrganismos assimilam o fósforo orgânico, utilizando-o na formação e no desenvolvimento de suas células, sendo necessário para a síntese dos ácidos nucleicos e para os fosfolípidios componentes da membrana celular (TSAI; ROSSETO, 1992), e concordam com Kiehl (2004) que afirma que o fósforo imobilizado nas células microbianas é liberado quando os microrganismos morrem, estando novamente disponível às plantas. No entanto, diferem dos encontrados por Zhang e He (2006) que verificaram uma maior decomposição do fósforo na fase mesófila do processo de compostagem.

#### 4.2.1.10 Potássio

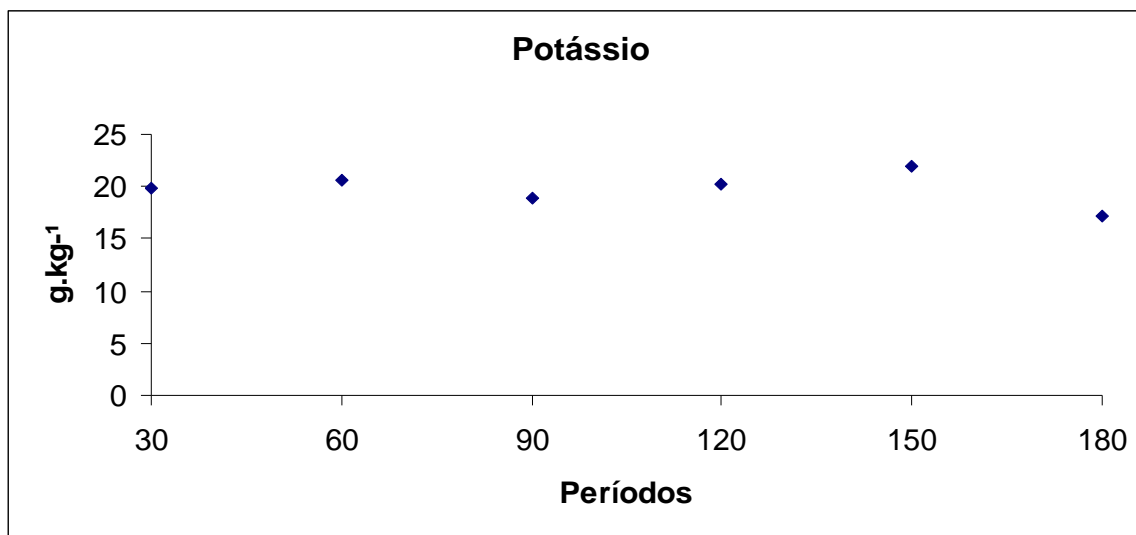
A tab. 27 mostra as alterações ocorridas no teor de potássio durante o período de compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 27** - Concentração média de potássio, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS.

Períodos (dias)	Potássio ( $\text{g.kg}^{-1}$ )
30	19,83 <sup>AB</sup>
60	20,54 <sup>AB</sup>
90	18,96 <sup>BC</sup>
120	20,17 <sup>AB</sup>
150	21,94 <sup>A</sup>
180	17,08 <sup>C</sup>

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Verifica-se que não houve diferença significativa nos primeiros 120 dias de compostagem. No entanto, observa-se uma redução significativa no teor de mineral entre os períodos finais do processo de compostagem ( $P < 0,05$ ). Também, verifica-se uma redução significativa entre o período final do primeiro estágio ( $20,17\text{g.kg}^{-1}$ ) e o período final do segundo estágio de compostagem ( $17,08\text{g.kg}^{-1}$ ). Porém, ao comparar-se com a composição das matérias-primas compostadas (tab. 1), verifica-se que houve um aumento numérico na concentração do potássio, embora não tenha se observado uma tendência específica para o comportamento dos dados (Fig. 41). Observa-se também que aos 180 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%. Este fato pode ser explicado pela atividade metabólica microbiana, mesmo que pequena, na transformação do potássio orgânico para a forma inorgânica, concordando com Hungria e Urquiaga (1992) que acreditam que os microrganismos possam ser 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 dos mesmos.



**Figura 41** - Evolução do teor de potássio durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

#### 4.2.1.11 Magnésio total

A tab. 28 mostra as alterações ocorridas no teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

**Tabela 28** - Concentração média de magnésio total, em g.kg<sup>-1</sup>, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário. Pelotas, RS

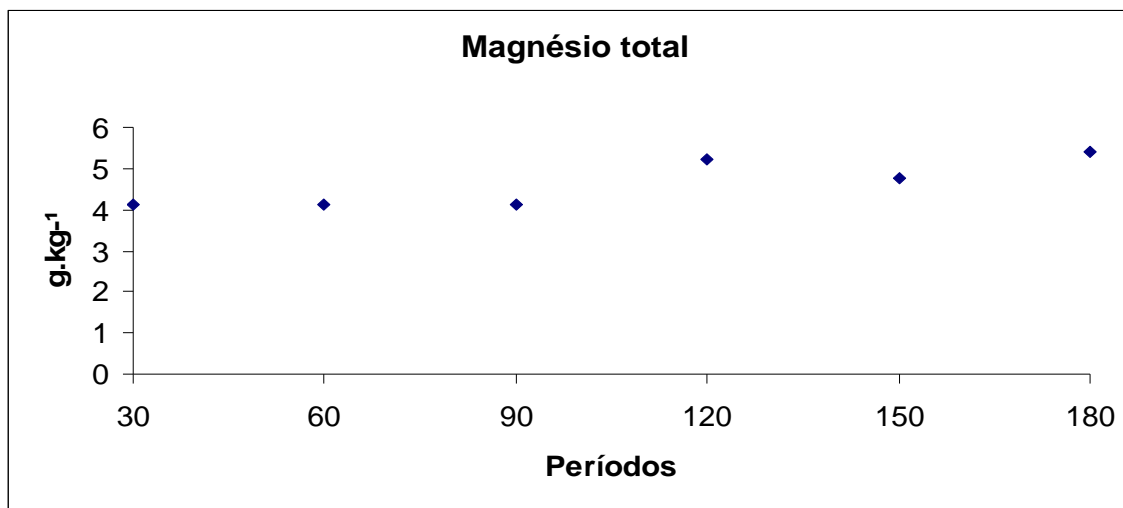
Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey a

Períodos (dias)	Magnésio total (g.kg <sup>-1</sup> )
30	4,12 <sup>B</sup>
60	4,11 <sup>B</sup>
90	4,13 <sup>B</sup>
120	5,22 <sup>A</sup>
150	4,75 <sup>AB</sup>
180	5,42 <sup>A</sup>

5%.

Observa-se que não houve diferença significativa nos primeiros 90 dias de compostagem ( $P > 0,05$ ). Contudo, verifica-se um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) no teor de magnésio aos 120 dias, o qual não diferiu significativamente do segundo estágio de compostagem. Ainda, observa-se que não houve diferença significativa

para o teor de magnésio no segundo estágio de compostagem ( $P>0,05$ ), não sendo observado uma tendência específica para o comportamento dos dados, o que não permitiu ajuste de equações de regressão (Fig. 42). Entretanto, pode ser observado que aos 180 dias, a concentração de magnésio total no composto foi de  $5,42\text{g.kg}^{-1}$ , estando dentro do valor máximo tolerado recomendado pela Instrução Normativa nº 23/2005, que é de 10% para teores entre 5% e 40%.



**Figura 42** - Evolução do teor de magnésio total durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Estes resultados podem ser explicados possivelmente pelo maior teor de lignina, já que a matéria-prima utilizada foi uma mistura de cama de aviário e carcaças inteiras, sendo confirmado pelo maior valor de carbono nos primeiros 90 dias de compostagem (tab. 22), concordando com Haynes (1986, citado por MATHEWS; SOLLENBERGER, 1996) 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 catiônica da matéria orgânica tem sua origem nas cargas negativas oriundas dos grupos carboxílicos e fenólicos (KIEHL, 1985).

## 5 CONCLUSÕES

O processo de compostagem é uma alternativa para a disposição ecologicamente correta das carcaças de animais mortos em sistemas avícolas, auxiliando no desenvolvimento sustentável desta atividade, através da diminuição de insetos que atuam como vetores, bem como pela otimização do volume dos resíduos, transformando-os em um composto com propriedades agronômicas adequadas.

O produto resultante da compostagem da mistura de cama de aviário e cortes nobres de frangos de corte, bem como da mistura de cama de aviário e carcaças de frangos de corte pode ser aplicado no solo como fertilizante orgânico por apresentarem macronutrientes dentro da faixa recomendada para a adubação.

A compostagem da mistura de cama de aviário e cortes nobres de frangos de corte permite à indústria avícola o descarte adequado dos cortes considerados impróprios para o consumo humano, possibilitando que o setor se adéque à legislação ambiental em vigor.

A compostagem da mistura de cama de aviário e carcaças de frangos de corte permite ao produtor rural o descarte adequado das mesmas e a obtenção de um produto de alto valor, que é o adubo orgânico, reduzindo o custo de produção e minimizando o risco de contaminação ambiental.



## 6 REFERÊNCIAS

AITA, Celso. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem**: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977, 467p.

AMORIM, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J. de.; RESENDE, K. T. de. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.57-66, 2005.

ANCONA, L. H.; MUÑOZ, R. Elaboración de una composta com subproductos avícolas. **Industria Avícola**, Bogotá, v.41, n.3, p.18-20, 1994.

ANGHINONI, Ibanor. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M. B. M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 1985, p.1-19.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto IFNP e AGRAFNP, 2007, p.227-254.

APA. **Resumo do Desempenho da Avicultura Brasileira**. São Paulo: Associação Paulista de Avicultura, 2000. Disponível em <http://www.apa.com.br> Acessado em março de 2000.

AQUINO, A. M. de.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. **Circular Técnica n. 12**, Embrapa Agrobiologia, 4p., 2005a.

AQUINO, A. M. de.; ALMEIDA, D. L. de.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.11, p.1087-1093, 2005b.

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.3, n.2, p.107-112, 2003.

ÁVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, Circular Técnica n.16, 1992.

BARLEY, K. P. The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture. **Advances in Agronomy**, v.13, p.169-181, 1961.

BARTON, T. L.; BENZ, R.C. Composting poultry carcasses. Little Rock, **Cooperative Extension Service**, University of Arkansas, 1990.

BARRINGTON, S.; CHOINÉRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W.; Compost convective airflow under passive aeration. **Bioresource Technology**, v.86, p.259-266, 2003.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1773-1778, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999, p.9-25.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenadoria de fertilizantes, inoculantes e corretivos – CFIC/DFIA/DAS/MAPA. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura**: Legislação. Brasília, 2004.

BECK-FRIIS, B.; SMARS, S.; JÖNSSON, H.; KIRCHMANN, H. Gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 78, p.423-430, 2001.

BELTRAME, K. G.; CARVALHO, F. J. P. de. C. Comparação de padrões de qualidade de composto orgânico entre diferentes países. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006, p.118-137.

BENITO, M.; MASAGUER, A. ; MOLINER, A.; ARRIGO, N.; PALMA., R.M. 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.

BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; DE ANTONIO, R. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. **Bioresource Technology**, v.97, p.2071-2076, 2006.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 91-99, 1998.

BRESIN, V. T. Use of MSW compost in commercial sod production. **Biocycle**, v.23, p.68-72, 1995.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES/RJ**, 2001.

BIDDLESTONE, A. J.; GRAY, K. R. Composting. In: MOO-YONG, M. **Comprehensive Biotechnology**, v.4. Pergamon Press, Oxford, 1985, 1059p.

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

BUSINELLI, M.; GIGLIOTTI, G.; GIUSQUIANI, P. L. Trace element fate in soil profile and corn plant after massive applications of urban waste compost: a six year study. **Agrochimica**, v.40, n.4, p.145-152, 1996.

CAMARGO, F. A. de. O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio Orgânico no solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999, p.117-133.

CANABARRO, D. V. N.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; AMARAL, E. B. Dinâmica do nitrogênio e do carbono durante a decomposição de dejetos de suínos manejados na forma líquida e em cama sobreposta. **FERTIBIO 2004**, 19-23 de julho, Lages, SC, CD-ROM, 4p., 2004.

CARNEIRO, José Geraldo de Araújo. **Produção e controle da qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995, 451p.

CHANYASAK, V.; YOSHIDA, T.; KUBOTA, H. Chemical components in gel chromatographic fractionation of water extract from sewage sludge compost. **Journal of Fermentation Technology**, v.58, n.6, p.533-539, 1980.

CHANYASAK, V.; KUBOTA, H. Carbon/organic nitrogen ratio in water extracts as a measure of composting degradation. **Journal of Fermentation Technology**, v.59, p.215-221, 1981.

CHANYASAK, V.; HIRAI, M.; KUBOTA, H. Changes of chemical components and nitrogen transformation in water extracts during composting garbage. **Journal of Fermentation Technology**, v.60, n.5, p.439-446, 1982.

CHANYASAK, V.; KATAYAMA, A.; HIRAI, M.F.; MORI, S.; KUBOTA, H. Effects of compost maturity on growth of komatsuna (*Brassica ramosissima*) in Neubauer's pot.II. Growth inhibitory factors and assessment of degree of maturity by org-C/org-N ratio of water extracts. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.29, p.251-259, 1983.

CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.547-553, 1998.

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, 4ª ed., Brasília, IBAMA, 1992, 245p.

CORRÊA, D.; PRESSI, F. P.; JACOMETTI, M. L. G.; SPITZNER JR., P. I.; PAREDES, E. A. Tecnologia de fabricação de fertilizantes orgânicos. In: CERRI, C. C.; ATHIÉ, D.. The regional colloquium on soil organic matter studies. **Proceedings...** São Paulo, 1982, p.217-222.

CORRÊA, Erico Kunde. **Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação**. 1998. 91f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CORRÊA, Erico Kunde. **Produção de suínos sobre cama**. Pelotas: UFPEL, 2003, 75p.

CORRÊA, Erico Kunde. **Estudo dos processos de compostagem no sistema de produção de suínos sobre cama**. 2007. 109f. Tese (Doutorado em Biotecnologia)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

COSTA, M. S. S. de. M.; COSTA, L. A. de. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A. V.; ORTOLAN, M. L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 549-556, 2005a.

COSTA, M. S. S. de. M.; COSTA, L. A. de. M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.540-548, 2005b.

COSTA, M. S. S. de. M.; COSTA, L. A. de. M.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da.; DECARLI, L. D.; MATTER, U. F. Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaças de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.692-698, 2006.

COSTA, Mônica Sarolli Silva de Mendonça. **Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes**. 2005. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

CURCI, V. C. L. M.; DUTRA, I. S.; DÖBEREINER, J.; LUCAS JUNIOR, J. Pré-compostagem de cadáveres de bovinos acometidos pelo botulismo. **Revista Veterinária Brasileira**, v.24, n.4, p.157-161, 2007.

DAI PRÁ, M. A.; MIOLA, V.; ZAGO, V.; MISTURA, C. Compostagem de placentas e carcaças de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 9,1999, Belo Horizonte. **Anais do...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999, p.287-288.

DAÍ PRÁ, Marcos Antonio. **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.

DEON, M.; MATTIAS, J. L.; NESI, C. N.; KOLLING, D. F. Avaliação da qualidade de composto orgânico na Universidade Comunitária Regional de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1441-1444, 2007.

DINEL, H.; MEHUYS, G. R.; LÉVESQUE, M. Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of lacustrine silty clay. **Soil Science**, v.151, n.2, p.146-158, 1991.

DUTRA, I.; DÖBEREINER, J.; SOUZA, A. M. Botulismo em bovinos de corte e de leite alimentados com cama de frango. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, n.2, p.115-119, 2005.

ECOICHEM. **Composting process**. Disponível em: [http://www.ecochem.com/t\\_compost\\_faq2.html](http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html). Acesso em: 2 jul. 2004.

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

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.

EPSTEIN, E. **The science of composting**. Technologic Publishing, P.A.1997.  
FEIGL, B. J.; MELILLO, M. J.; CERRI, C. C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). **Plant and Soil**, v.175, n.1, p.21-29, 1995.

FERNANDES, L.; ZHAN, W. Temperature distribution and variation in passively aerated static compost piles. **Bioresource Technology**, v.30, p.257-263, 1994.

FINSTEIN, M. S.; MILLER, F. C.; HOGAN, J. A.; STROM, P. A. Analysis of EPA guidance on sludge composting. Part I- Biological heat generation and temperature. **Biocycle**, Emmaus, v.28, p.56-61, 1987.

FONG, M., WONG, J. W. C., WONG, M. H. Review on evaluation of compost maturity and stability of solid waste. **Shanghai Environmental Science**, v.18, n.2, p.91-93, 1999.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Study on water extract of sewage sludge composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.37, p.399-408, 1991.

GEORGACAKIS, D.; TSAVDARIS, A.; BAKOULI, J.; SYMEONIDIS, S. Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues. **Bioresource Technology**, Kidlington, v.56, n.1, p.195-200, 1996.

GOLUEKE, Clarence. G. **Composting: a study of the process and its principles**. Emmaus: Rodale Press, 1976, 110p.

GOLUEKE, Clarence. G.; DIAZ, L. F. Starters-inoculums and enzymes. **Biocycle**, v.30, p.53-57, 1989.

GORGATI, Cláudia Queiroz. **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.

GOULART, Rodrigo Mendonça. **Processo de compostagem: alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos suínos**. Brasil. 1997. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GRUNDITZ, C.; DALHAMMAR, G. Development of nitrification inhibition assays using pure cultures of *Nitrosomonas* and *Nitrobacter*. **Water Research**, 35, p.433-440, 2001.

HANAJIMA, D.; KURODA, K.; HAFGA, K. Enhancement of the thermophilic stage in cattle waste composting by addition of the tofu residue. **Bioresource Technology**, Oxford, v.78, n.2, p.213-216, 2001.

HANDRECK, K. A. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Commun. Soil Science. Plant Anal*, v.14, n.3, p. 209–222, 1983.

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.

HAO, X.; CHANG, C.; LARNEY, F. J. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. **Journal of Environmental Quality**, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

HAUG, R.T. **Compost engineering: principles and practices**. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1980, 655p.

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.

HERMES, C. A.; SOUZA, S. N. M. de; FEIDEN, A.; SOUZA, J. de; BARD, J.; SCHEFFER, L.; ENGELMANN, L. Compostagem como fonte térmica de energia para aquecimento de água na aquicultura. **Acta Scientia Technology**, Maringá, v.27, n.2, p.197-205, 2005.

HOWARTH, W. R.; ELLIOTT, L. F.; CHURCHILL, D. B. Mechanisms regulating composting of high carbon to nitrogen ratio grass straw. **Compost Science and Utilization**, v.3, n.3, p.22-30, 1995.

HUANG, G. F. A.; WONG, J. W. C.; WU, Q. T.; NAGAR, B. B. 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.

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.

IANNOTTI, D. A.; GREBUS, M. E.; TOTH, B. L.; MADDEN, L. V.; HOITINK, H. A. J. Oxygen respirometry to asses stability and maturity of composted municipal solid waste. **Journal of Environmental Quality**, v.23, p.1177-1183, 1994.

IYENGAR, S. R.; BHAVE, P. P. In-vessel composting of household wastes. Waste Management, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com> Acesso em: 8 maio 2006.

IMBAR, Y.; CHE, Y.; HADAR, Y. Humic substances formed during the composting of organic matter. **Soil Science Society America Journal**, v.54, p.1316-1323, 1990.

IMBAR, Y.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. **Journal of Environmental Quality**, v.22, p.857-863, 1993.

IVOS, J.; ASAJ, A.; MARJANOVIC, L. J. Contribution to the hygiene of deep litter in the chicken house. **Poultry Science**, v.45, n.4, p.676-683, 1966.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, v.56, n.2. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acessado em: 12 fev. 2008.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. Evaluation of city refuse compost maturity: **A review. Biol. Wastes** 27:115-142, 1989.

JORGE, J. A. **Solo**: manejo e adubação. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1983, 309 p.

JOSHUA, R. S.; MACAULEY, B. J.; MITCHELL, H. J.; Characterization of temperature and oxygen profiles in windrow processing systems. **Compost Science and Utilization**, v.6, p.15-28, 1998.

KAPUJINEN, P. Deep litter systems for beef cattle housed in uninsulated barns, Part 2: temperature and nutrients. **Journal Agricultural Research**, v.80, n.1, p.87-97, 2001.

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.



KELLEY, T. R.; PANCORBO, O. C.; MERKA, W. C.; THOMPSON, S. A.; CABRERA, M. L.; BARNHART, H. M. Bacterial pathogens and indicators in poultry litter during re-utilization. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 4, p.366-373, 1995.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985, 492p.

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

KIEHL, Edmar José. **Adubação orgânica: 500 perguntas & respostas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2005, 240p.

KIRKY, T. K.; FARREL, R. L. Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin. **Annual Review of Microbiology**, v.41, p.465-505, 1987.

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

LARNEY, F. J., OLSON, A. F., CARCAMO, A. A., CHANG, C. Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer. **Bioresource Technology**, v.75, p.139-148, 2000.

LAU, A. K.; LO, K. V.; LIAO, P. H.; YU, J. C. Aeration experiments for swine waste composting. **Bioresource Technology**, v.41, p.145-152, 1992.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. University Books, Guelph, 2005, 398p.

LEITA, L.; De NOBILLI, M. Water-soluble fractions of heavy metal during composting of municipal solid waste. **Journal of Environmental Quality**, v.20, p.73-78, 1991.

LI, X.; ZHANG, R.; PANG, Y. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. **Bioresource Technology**, v.99, p.359-367, 2008.

LIMA, Claudivan Costa de. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral**. 2006. 167f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOPEZ-REAL, J.; FOSTER, M. Plant pathogen survival during composting of organic agricultural waste. In: GASSER, J. K. R. **Composting of agricultural and other wastes**. London: Elsevier Applied Science, 1985, p.291-299.

LOPEZ-REAL, J. **Composting through the ages**. Trabalho apresentado na Conferência Down to Earth Composting. Dundee, 1994.

LOPES, JUAREZ MORBINI. **Alterações de parâmetros produtivos, enzimáticos e histomorfopatológicos de frangos de corte alimentados com ração contaminada ou não por aflotoxinas contendo aditivos antimicotoxinas**. 2007. 147f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M. de.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.1043-1048, 2007.

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

LUCAS JÚNIOR, J. de.; SANTOS, dos. T. M. B. Impacto ambiental causado pela produção de frangos de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, p.107-121, 2003.

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**, São Paulo, Malheiros, 4ªed., 1992, 606p.

MACKENZIE, M. D.; DE LUCA, T. H.; SALA, A. Fire exclusion and nitrogen mineralization in low elevation forests of western Montana. **Soil Biology & Biochemistry**, v.38, p.952-961, 2006.

MANHÃES, M. S. Compostagem de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.12, p.1-5,1993.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P.; LIEM, T. H. **Gesso agrícola**: seu uso na adubação e correção do solo. São Paulo: Ultrafertil, 1979, 32p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p. Cap. 4: Funções. p. 55-114.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002, 199p.

MAPA. Instrução Normativa nº. 15, de 17 de julho de 2001. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Diário Oficial nº. 138**, Seção 1, de 18.7.2001.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674 p. Chap. 8: Functions of mineral nutrients: macronutrients. p. 195-267.

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.

MELLO, F. A. F.; FREIRE, F. M.; CASAGRANDE, J.; CHITOLINA, C.; PEDRAS, J. F.; STOLF, R. Efeitos da incorporação de “Capim carrapicho” sobre o pH, H<sup>+</sup>, Al<sup>+3</sup> e capacidade de retenção de umidade de solos do município de Piracicaba. **Revista de Agricultura**, v.57, n.3, p.191-202, 1982.

MELO, Itamar Soares de. A importância da celulase na degradação de matéria orgânica. In: FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, 198p.

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

MENDES, A. A. Rendimento e qualidade de carcaça em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 2001 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** Campinas, p.79-99, 2001.

MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p. Chap. 9: Phosphorus. p. 403-426.

MIELE, A.; MILAN, P. A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.7, p.729-733, 1983.

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

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. De. A.; BARACHO, M. Dos. S.; ARADAS, M. E. Qualidade do ar de dois sistemas produtivos de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas – estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.1-10, 2002.

MIYATAKE, F.; IWABCHI, K. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. **Bioresource Technology**, v.97, p.961-965, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002, 626p.

MORREL, J. L.; COLIN, F.; GERMON, J. C.; GODIN, P.; JUSTE, C. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: GASSER, J. K. **Composting of agricultural and other wastes**. Elsevier, London, 1985, p.56-72.

MURPHY, D.W. Composting as a dead bird disposal method. *Poultry Science*, Champaign, v.67, Suppl.1, p.124, 1988.

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

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., HWANG, E. Y., CHEONG, J. G.; CHOI, J. Y. A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. **Compost Science and Utilization**, v.7, n.2, p.55-62. 1999.

NEGRO, M. J; VILLA, F.; AIBAR, J.; ALARCON, R.; CIRIA, P. Produção e gestão de composto. **Informações Técnicas do Departamento de Agricultura de Zaragoza**, n.88, 2000, 32p.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; OLIVEIRA, M. D. S.; LONGO, F. A.; FIGUEIREDO, A. N. Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.687-692, 2000.

NUNES, Maria Luísa Appendino. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVEIRA, I. P.; ESTRELA, M. F.C. Biofertilizante animal - bovinos e aves potencial e uso. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, 2, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. 16p.

OMALIKO, C. P. E. Dung decomposition and its effects on the soil component of a tropical grassland ecosystem. **Tropical Ecology**, v.25, p.214-220, 1984.

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.

PAGANS, E.; BARRENA, R.; FONT, X.; SÁNCHEZ, A. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. **Chemosphere**, 62, p.1534-1542, 2006.

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

PARÉ, T.; DINEL, H.; SCHNITZER, M.; DUMONTET, S. Transformations of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper. **Biology and Fertility of Soils**, v.26, p.173-178, 1998.

PASCHOAL, A. **Minhocultura e vermicompostagem para pequenos, médios e grandes produtores**: a minhoca e seu modo de vida e criação prática. Piracicaba: ESALQ, 1996. 54p. (Apostila).

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

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. de. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998, 388p.

PEREIRA NETO, João Tinôco. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, RJ, v.27, p.148-152, 1988.

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, João Tinôco. 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, João Tinôco. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996, 56p.

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

PEREZ, J.; JEFFERIES, T. W. Role of organic acid chelators in manganese regulation of lignin degradation by *Phanerochaete chrysosporium*. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.39, p.227-238, 1993.

POINCELOT, R. P. **The biochemistry and methodology of composting**. New Haven: New Haven Experiment Station, 1975, 18p.

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

QUEIROZ, J. E. G.; LIMA, J. S.; FERNANDES, G. B. Estudo sobre o efeito de composto orgânico no crescimento de milho (*Zea mays L.*): lixo selecionado x lixo não selecionado. In: **CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, Salvador, p.201, 1998.

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.

RIBEIRO, W. C. **Gestão de resíduos sólidos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006, 319p.

RICHARD, T.; TRAUTMANN, N.; KRASNY, M.; FREDENBURG, S.; STUART, C. The science and engineering of composting. The cornell composting website, Cornell University. Disponível em: [http://compost.css.cornell.edu/composting\\_homepage.html](http://compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html). Acesso em: 12 ago 2002.

RIFFALDI, R.; LEVI-MINZI, R.; PERA, A.; BERTOLDI, M. de. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses. **Waste Management & Research**, v.4, p.96-387, 1986.

RITTER, W. F.; CHIRNSIDE, A. E. M. Impact of dead bird disposal pits on ground-water 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.; SILVA, F. C. da.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. 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.
- ROSSI, Patrícia. **Uso de adsorventes a base de glucomanano e de selênio orgânico em dietas para frangos de corte, contaminadas com aflatoxinas.** 2007. 79f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; ROIG, A.; PAREDES, C.; BERNAL, P. Nitrogen transformation by Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. **Bioresource Technology**, v.78, n.3, p.301-308, 2001.
- 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.
- SANTOS, Tânia Mara Baptista Dos. **Caracterização química, microbiológica e potencial produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte.** 1997. 95f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- SANTOS, Tânia Mara Baptista Dos. **Balço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte.** 2001. 167f. Tese (Doutorado em Zootecnia- Produção Animal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- SANTOS, T. M. B., Lucas Júnior, J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: **ZOOTEC'2003 - V Congresso Internacional de Zootecnia**; XIII Congresso Nacional de Zootecnia, Uberaba-MG, Brasil, p.131-141, 2003.
- SANTOS, T. M. B. dos.; LUCAS JÚNIOR, J. de.; SAKOMURA, N. K. Efeitos da densidade populacional e da reutilização da cama sobre o desempenho de frangos de corte e produção de cama. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.100, p.45-52, 2005.
- SANSFORD, C.; MACLEOD, A. **Assessing compostings as na effective means of sanitizing agricultural and horticultural waste.** London: MAFF Press, 1998.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT** user's Guide: version 6. 4. Ed. Cary. V. 1, 1998.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.

SEIFFERT, N. F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000, 75p.

SILVA, M. S.; COSTA, L. A. de M.; VILAS BOAS, M. A.; SILVA, M. S. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico visando o saneamento ambiental e a produção de adubo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1997. CD Rom.

SILVA, M. S.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, D. L.; PELÁ, A.; ZUCARELI, C.; SILVA, C. J. da.; MATTER, U. F.; SANTOS, J. S. 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, M. S.; COSTA, L. A. de M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R.; SESTAK, R. Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de desfibração de algodão com diferentes tipos de inóculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD ROM.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de Alimentos – Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 235p.

SILVA, Francisca Alcivania de Melo. **Qualidade de compostos orgânicos produzidos com resíduos do processamento de plantas medicinais**. 2005. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu/SP.

SIVAKUMAR, K.; KUMAR, V. R. S.; JAGATHEESAN, P. N. R.; VISWANATHAN, K.; CHANDRASEKARAN, D. Seasonal variations in composting processo f dead poultry bird. **Bioresource Technology**, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com> Acessado em: 28 jan 2008.

SOMMER, S. G.; DAHL, P. Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. **Journal Agricultural Engineers**, v.74, n.2, p.145-153, 1999.



SOMMER, S. G.; OLSEN, J. E. Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface applied cattle slurry. **Journal of Environmental Quality**, v.20, n.3, p.679-683, 1991.

SUNDBERG, C.; SMARS, S.; JÖNSSON, H. Low pH as inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. **Bioresource Technology**, v.95, p.145-150, 2004.

SCHUMANN, G. L.; SOARES, H. M.; HOLDEN, C. M.; SWITZENBAUM, M. S. Relationship of traditional parameters of compost stability to turfgrass quality. **Environmental Technology**, v.14, p.257-263, 1993.

SLOAN, D. R.; HARMS, R. H.; BARNARD, D.; NORDSTEDT, R. Effect of diet on feces composition and the implications on environmental quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v.4, n.4, p.379-383, 1995.

SNELL, J. R. Role of temperature in garbage composting. In: **The Biocycle guide to the art & science of composting**. Emmaus: J. G. Press, 1991, p.224-256.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLOG, J. M.; STOTZKY, G. (Eds.). **Soil**, v.6, 1990, p.357-396.

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.

TAIGANIDES, E. P. Composting of feedlot wastes. In: **Animal Wastes**, Essex. England: Applied Science, p.241-252, 1977.

TANG, J. C., KANAMORI, T.; INOUE, 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.

TAUK, Sâmia Maria. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, v.20, p.299-301, 1990.

THAMBIRAJAH, J. J.; ZULKALI, M. D.; HASHIM, M. A. Microbiological and biochemical changes during the composting of oil palm empty-fruitbunches. Effect of nitrogen supplementation on the substrate. **Bioresource Technology**, Oxford, v.52, n.52, p.133-144, 1995.

TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeito dos fatores do 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.60-72.

TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. 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.231-242.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 172p.

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. de O. Resíduos Orgânicos no solo e impactos no meio ambiente. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999, p.159-196.

TEIXEIRA, R. F. F. Compostagem. In: HAMMES, V. S. **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, v.5, p.120-123.

TEJADA, M.; DOBAO, M. M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Study of composting of cotton residues. **Bioresource Technology**, Kidlington, v.79, n.1, p.199-202, 2001.

TERZICH, M. A amônia dos galpões avícolas e o pH da cama. In: CONFERÊNCIA AFINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1997, São Paulo, SP. **Anais ...** São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores de Pintos de Corte, 1997, p.141-146.

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

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter. **Bioresource Technology**, v.62, p.37-42, 1997.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, 65, p.43-49, 1998.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Salmonella elimination during composting of spent pig litter. **Bioresource Tecgnology**, v.63, p.193-196, 1998a.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.67, p.79-89, 1998b.

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. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, v.110, p.535-541, 2000b.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Characterization and composting of poultry litter in forced aeration piles. **Process Biochemistry**, Elsevier, v.37, n.8, p.869–880, 2002.

TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal of Applied Microbiology**, v.99, p. 816-828, 2005.

TRIPATHI, G.; BHARDWAJ, P. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia foetida* (Savigny) and *Lampito mauritti* (Kinberg). **Bioresource Technology**, Oxon, v.92, p.275-283, 2004.

THOMPSON, R. B.; PAIN, B. F.; REES, Y. J. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland. **Plant & Soil**, v.125, n.1, p.119-128, 1990.

TURNER, C. The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure. **Bioresource Technology**, v.84 n.3, p.57-61, 2002.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A Vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.9, n.3, p.218-224, 2004.

VESPA, Izabel Cristina Galbiatti. **Características minerais e enegéticas do lixo urbano em processo de compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. T. O ciclo do nitrogênio. 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.105-119.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; BÜLL, T.; FERNANDES, D. M. Efeito de doses e tipos de composto orgânico na produção de alface (*Lactuca sativa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD ROM.

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.

VITORINO, K. M. N.; PEREIRA NETO, J. T. Estudo da compostabilidade dos resíduos da agricultura sucroalcooleira. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa - MG. **Anais...** Viçosa - MG: UFV-NEPEMA, 1994. p.121-32.

ZAGO, E. A.; MATSUI, E.; MIRANDA, M. T.; VARGAS, J. D.; MELLO, F. A. F. Efeitos da adição de torta de mamona sobre algumas propriedades de dois latossolos do estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, v.52, n.4, p.191-195, 1977.

ZANELLA, J. C. Alternativa ecológica. **Avicultura Industrial**, São Paulo, v.89, n.1067, p.60-63, 1999. Informe Técnico.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v.97, p.2024-2031, 2006.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses, In: WISE, D. L. **Global bioconversions**. Boca Raton: CRC Press, 1986, p.109-137.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Specification for sold waste compost. In: **THE BIOCYCLE GUIDE TO THE ART & SCIENCE OF COMPOSTING**. Emmaus: J. G. Press, 1991, p.200-205.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technogoly**, v.98, p.9-13, 2007.

## APÊNDICES

**Tabela 1** - Percentual de matéria seca, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	MS (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	66,30			
	2	68,68			
	3	61,83			
	4	58,38			
	5	58,21	62,68	4,20	6,71
60	1	65,72			
	2	73,26			
	3	68,12			
	4	60,41			
	5	59,17	65,34	5,16	7,89
90	1	75,09			
	2	71,26			
	3	60,85			
	4	68,23			
	5	60,70	67,23	5,70	8,48
120	1	62,84			
	2	83,37			
	3	76,68			
	4	52,76			
	5	79,70	71,07	11,49	16,17
150	1	93,43			
	2	93,83			
	3	93,52			
	4	93,25			
	5	94,20	93,65	0,33	0,36
180	1	91,94			
	2	92,12			
	3	92,86			
	4	92,72			
	5	91,84	92,30	0,42	0,45

**Tabela 2** - Teor de matéria orgânica total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	MO (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	86,82			
	2	87,18			
	3	90,87			
	4	91,61			
	5	89,84	89,26	1,94	2,17
60	1	91,49			
	2	89,01			
	3	91,36			
	4	86,93			
	5	88,44	89,45	1,75	1,96
90	1	79,55			
	2	87,80			
	3	90,15			
	4	88,61			
	5	88,86	86,99	3,80	4,37
120	1	88,57			
	2	91,49			
	3	90,00			
	4	89,43			
	5	92,26	90,35	1,35	1,49
150	1	88,54			
	2	87,07			
	3	91,12			
	4	87,62			
	5	86,32	88,13	1,66	1,88
180	1	88,59			
	2	87,64			
	3	87,19			
	4	87,75			
	5	90,29	88,29	1,10	1,24

**Tabela 3** - Teor de carbono orgânico total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	C (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	48,23			
	2	48,43			
	3	50,48			
	4	50,89			
	5	49,91	49,59	1,08	2,17
60	1	50,83			
	2	49,45			
	3	50,76			
	4	48,29			
	5	49,13	49,69	0,97	1,96
90	1	44,19			
	2	48,78			
	3	50,08			
	4	49,23			
	5	49,37	48,33	2,11	4,37
120	1	49,21			
	2	50,83			
	3	50,00			
	4	49,68			
	5	51,26	50,19	0,75	1,49
150	1	49,19			
	2	48,37			
	3	50,62			
	4	48,68			
	5	47,96	48,96	0,92	1,88
180	1	49,22			
	2	48,69			
	3	48,44			
	4	48,75			
	5	50,16	49,05	0,61	1,24

**Tabela 4** - Teor de nitrogênio total, em %, durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	N (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	2,97			
	2	2,77			
	3	2,22			
	4	2,23			
	5	2,46	2,53	0,30	11,73
60	1	1,43			
	2	2,48			
	3	1,86			
	4	2,91			
	5	2,34	2,20	0,51	23,25
90	1	2,19			
	2	2,91			
	3	2,39			
	4	2,77			
	5	2,12	2,47	0,31	12,67
120	1	2,78			
	2	3,43			
	3	2,74			
	4	2,57			
	5	2,53	2,81	0,32	11,54
150	1	1,90			
	2	1,89			
	3	2,06			
	4	2,30			
	5	2,37	2,10	0,20	9,49
180	1	2,13			
	2	2,37			
	3	2,39			
	4	2,02			
	5	1,81	2,14	0,22	10,19



**Tabela 5** - Valores de pH durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	pH	Média	DP	CV (%)
30	1	8,90	8,86	0,39	4,38
	2	8,90			
	3	8,30			
	4	9,50			
	5	8,70			
60	1	9,10	8,94	0,19	2,07
	2	8,60			
	3	9,00			
	4	8,90			
	5	9,10			
90	1	8,90	9,46	0,29	3,03
	2	9,60			
	3	9,60			
	4	9,50			
	5	9,70			
120	1	7,50	8,62	0,83	9,61
	2	7,90			
	3	9,10			
	4	9,80			
	5	8,80			
150	1	9,80	9,66	0,14	1,40
	2	9,40			
	3	9,70			
	4	9,70			
	5	9,70			
180	1	7,60	7,68	0,07	0,97
	2	7,70			
	3	7,70			
	4	7,80			
	5	7,60			

**Tabela 6** - Valores da relação C/N durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	C/N	Média	DP	CV (%)
30	1	16,22			
	2	17,47			
	3	22,70			
	4	22,81			
	5	20,31	19,90	2,68	13,47
60	1	35,57			
	2	19,92			
	3	27,26			
	4	16,58			
	5	21,02	24,07	6,71	27,87
90	1	20,18			
	2	16,78			
	3	20,98			
	4	17,78			
	5	23,33	19,81	2,33	11,78
120	1	17,70			
	2	14,83			
	3	18,27			
	4	19,37			
	5	20,26	18,09	1,85	10,24
150	1	25,93			
	2	25,59			
	3	24,53			
	4	21,13			
	5	20,23	23,49	2,35	10,01
180	1	23,11			
	2	20,54			
	3	20,30			
	4	24,09			
	5	27,76	23,16	2,72	11,76

**Tabela 7** - Concentração de fósforo total, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	P ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	9,70	9,27	1,76	19,03
	2	12,53			
	3	7,94			
	4	7,76			
	5	8,43			
60	1	5,87	9,10	2,46	27,03
	2	9,69			
	3	7,09			
	4	12,95			
	5	9,88			
90	1	12,94	10,38	1,55	14,88
	2	10,21			
	3	8,82			
	4	11,09			
	5	8,83			
120	1	9,91	9,83	1,58	16,09
	2	9,89			
	3	11,27			
	4	11,17			
	5	6,90			
150	1	9,90	10,48	1,16	11,08
	2	10,34			
	3	8,91			
	4	12,43			
	5	10,80			
180	1	9,98	9,77	1,16	11,82
	2	10,38			
	3	11,28			
	4	7,81			
	5	9,41			

**Tabela 8** - Concentração de potássio, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	K ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	17,56			
	2	14,96			
	3	15,78			
	4	15,55			
	5	14,96	15,76	0,96	6,06
60	1	13,19			
	2	15,19			
	3	13,55			
	4	13,31			
	5	15,43	14,14	0,97	6,87
90	1	19,32			
	2	14,02			
	3	15,67			
	4	15,08			
	5	13,08	15,43	2,14	13,85
120	1	14,38			
	2	13,67			
	3	15,91			
	4	16,37			
	5	9,90	14,04	2,29	16,33
150	1	18,37			
	2	15,84			
	3	15,25			
	4	16,09			
	5	16,11	16,33	1,07	6,52
180	1	14,32			
	2	15,42			
	3	15,50			
	4	13,90			
	5	16,09	15,05	0,81	5,38

**Tabela 9** - Concentração de magnésio total, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem de cortes nobres de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	Mg ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	3,40	3,23	0,15	4,55
	2	3,24			
	3	3,37			
	4	3,02			
	5	3,10			
60	1	2,32	2,69	0,31	11,52
	2	3,05			
	3	2,32			
	4	2,84			
	5	2,94			
90	1	4,54	3,10	0,75	24,05
	2	2,70			
	3	2,69			
	4	2,49			
	5	3,07			
120	1	3,45	3,74	0,72	19,32
	2	3,90			
	3	4,13			
	4	4,70			
	5	2,55			
150	1	3,67	3,21	0,29	9,05
	2	2,92			
	3	3,02			
	4	3,02			
	5	3,43			
180	1	3,28	3,16	0,46	14,41
	2	3,25			
	3	2,98			
	4	2,45			
	5	3,85			

**Tabela 10** - Percentual de matéria seca, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	MS (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	62,84			
	2	66,41			
	3	68,05			
	4	63,01			
	5	55,89	63,24	4,18	6,61
60	1	77,99			
	2	57,45			
	3	58,34			
	4	65,19			
	5	55,35	62,86	8,25	13,13
90	1	74,79			
	2	66,44			
	3	74,13			
	4	67,87			
	5	63,24	69,29	4,48	6,47
120	1	37,44			
	2	44,57			
	3	49,32			
	4	43,85			
	5	40,54	43,15	4,00	9,27
150	1	91,36			
	2	92,44			
	3	92,26			
	4	92,67			
	5	92,57	92,26	0,47	0,51
180	1	92,27			
	2	91,10			
	3	91,82			
	4	92,24			
	5	92,62	92,01	0,52	0,57

**Tabela 11** - Teor de matéria orgânica total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	MO (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	88,10	87,41	1,35	1,55
	2	89,74			
	3	86,16			
	4	86,79			
	5	86,26			
60	1	88,08	87,03	0,60	0,69
	2	86,53			
	3	86,44			
	4	86,82			
	5	87,27			
90	1	88,45	86,66	0,92	1,06
	2	85,87			
	3	86,20			
	4	86,27			
	5	86,50			
120	1	82,89	83,76	0,57	0,68
	2	83,46			
	3	84,60			
	4	84,03			
	5	83,81			
150	1	85,67	85,26	0,45	0,53
	2	84,99			
	3	84,66			
	4	85,89			
	5	85,09			
180	1	82,78	82,42	0,34	0,41
	2	82,40			
	3	82,29			
	4	82,77			
	5	81,87			

**Tabela 12** - Teor de carbono orgânico total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	C (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	48,94			
	2	49,86			
	3	47,87			
	4	48,22			
	5	47,92	48,56	0,75	1,55
60	1	48,93			
	2	48,07			
	3	48,02			
	4	48,23			
	5	48,48	48,35	0,33	0,69
90	1	49,14			
	2	47,71			
	3	47,89			
	4	47,93			
	5	48,06	48,14	0,51	1,06
120	1	46,05			
	2	46,37			
	3	47,00			
	4	46,68			
	5	46,56	46,53	0,32	0,68
150	1	47,59			
	2	47,22			
	3	47,03			
	4	47,72			
	5	47,27	47,37	0,25	0,53
180	1	45,99			
	2	45,78			
	3	45,72			
	4	45,98			
	5	45,48	45,79	0,19	0,41



**Tabela 13** - Teor de nitrogênio total, em %, durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	N (%)	Média	DP	CV (%)
30	1	2,53	2,92	0,53	18,18
	2	2,62			
	3	3,96			
	4	2,64			
	5	2,84			
60	1	2,71	2,82	0,18	6,33
	2	2,79			
	3	2,70			
	4	2,71			
	5	3,17			
90	1	1,92	2,56	0,45	17,43
	2	3,17			
	3	2,32			
	4	2,47			
	5	2,94			
120	1	2,24	2,45	0,22	8,83
	2	2,87			
	3	2,42			
	4	2,36			
	5	2,38			
150	1	3,03	2,57	0,28	10,86
	2	3,03			
	3	2,82			
	4	2,85			
	5	3,40			
180	1	2,32	2,34	0,08	3,63
	2	2,47			
	3	2,22			
	4	2,31			
	5	2,39			

**Tabela 14** - Valores de pH durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	pH	Média	DP	CV (%)
30	1	7,00	6,92	0,50	7,16
	2	6,30			
	3	7,50			
	4	7,40			
	5	6,40			
60	1	8,50	7,48	0,83	11,13
	2	6,40			
	3	8,10			
	4	7,80			
	5	6,60			
90	1	8,60	8,28	0,41	4,91
	2	8,60			
	3	8,40			
	4	8,30			
	5	7,50			
120	1	8,80	9,04	0,19	2,05
	2	9,00			
	3	9,30			
	4	8,90			
	5	9,20			
150	1	9,20	9,50	0,26	2,72
	2	9,20			
	3	8,90			
	4	9,10			
	5	9,60			
180	1	8,60	8,84	0,17	1,97
	2	8,70			
	3	8,90			
	4	8,90			
	5	9,10			

**Tabela 15** - Valores da relação C/N durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	C/N	Média	DP	CV (%)
30	1	19,35			
	2	19,01			
	3	12,09			
	4	18,26			
	5	16,89	17,12	2,65	15,5
60	1	18,03			
	2	17,22			
	3	17,76			
	4	17,77			
	5	15,30	17,22	0,99	5,77
90	1	25,65			
	2	15,03			
	3	20,63			
	4	19,42			
	5	16,33	19,41	3,72	19,16
120	1	20,56			
	2	16,15			
	3	19,45			
	4	19,74			
	5	19,57	19,09	1,52	7,97
150	1	15,71			
	2	15,71			
	3	16,72			
	4	16,52			
	5	14,02	18,39	1,44	7,85
180	1	19,82			
	2	18,53			
	3	20,62			
	4	19,93			
	5	19,03	19,59	0,73	3,73

**Tabela 16** - Concentração de fósforo total, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	P ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	9,74	10,25	0,58	5,66
	2	9,38			
	3	10,67			
	4	10,59			
	5	10,86			
60	1	10,86	10,66	0,50	4,73
	2	9,94			
	3	10,89			
	4	11,37			
	5	10,27			
90	1	8,08	9,45	0,86	9,08
	2	8,98			
	3	10,16			
	4	10,49			
	5	9,55			
120	1	11,49	11,42	0,54	4,71
	2	11,40			
	3	11,08			
	4	12,37			
	5	10,77			
150	1	12,72	13,09	0,43	3,32
	2	13,22			
	3	13,77			
	4	12,53			
	5	13,22			
180	1	15,77	15,07	1,33	8,81
	2	15,85			
	3	14,46			
	4	12,78			
	5	16,51			

**Tabela 17** - Concentração de potássio, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	K ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	18,37	19,83	1,06	5,33
	2	19,08			
	3	19,67			
	4	20,85			
	5	21,18			
60	1	19,91	20,54	1,20	5,82
	2	20,38			
	3	18,73			
	4	21,91			
	5	21,79			
90	1	15,90	18,96	1,85	9,76
	2	20,02			
	3	17,79			
	4	20,85			
	5	20,26			
120	1	19,67	20,17	1,04	5,14
	2	20,26			
	3	20,26			
	4	21,91			
	5	18,73			
150	1	21,99	21,94	0,36	1,66
	2	22,58			
	3	21,91			
	4	21,48			
	5	21,74			
180	1	18,20	17,08	1,78	10,42
	2	15,33			
	3	16,01			
	4	15,84			
	5	20,05			

**Tabela 18** - Concentração de magnésio total, em  $\text{g.kg}^{-1}$ , durante a compostagem da mistura de carcaças de frangos de corte e cama de aviário.

Tratamento (dias)	Coletas	Mg ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Média	DP	CV (%)
30	1	4,17	4,12	0,14	3,29
	2	3,87			
	3	4,11			
	4	4,19			
	5	4,27			
60	1	4,06	4,11	0,13	3,27
	2	3,96			
	3	4,02			
	4	4,35			
	5	4,13			
90	1	3,64	4,13	0,39	9,48
	2	3,86			
	3	3,95			
	4	4,62			
	5	4,56			
120	1	5,69	5,22	0,47	8,98
	2	4,57			
	3	4,85			
	4	5,78			
	5	5,19			
150	1	4,43	4,75	0,26	5,53
	2	4,66			
	3	5,21			
	4	4,63			
	5	4,83			
180	1	5,96	5,42	0,58	10,77
	2	5,84			
	3	5,06			
	4	4,44			
	5	5,79			

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)