

CLÁUDIA RIBEIRO DOS SANTOS

**CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL E DEGRADAÇÃO BIOQUÍMICA DE
RESÍDUOS NA CRIAÇÃO DE CABRAS LEITEIRAS EM SISTEMA DE CAMAS
SOBREPOSTAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*"

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237c
2005

Santos, Cláudia Ribeiro dos, 1969-
Conforto térmico ambiental e degradação bioquímica de
resíduos na criação de cabras leiteiras em sistema de
camas sobrepostas / Cláudia Ribeiro dos Santos. – Viçosa:
UFV, 2005.
xi, 76f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Cecília de Fátima Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 59-63.

1. Cabra - Criação. 2. Resíduos de animais. 3. Cabra -
Fatores climáticos. 4. Biodegradação. 5. Bioquímica.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.39

CLÁUDIA RIBEIRO DOS SANTOS

**CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL E DEGRADAÇÃO BIOQUÍMICA DE
RESÍDUOS NA CRIAÇÃO DE CABRAS LEITEIRAS EM SISTEMA DE CAMAS
SOBREPOSTAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*.”

APROVADA: 02 de agosto de 2005.

Prof^a Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Conselheira)

Prof. Antonio Teixeira de Matos
(Conselheiro)

Prof. Jadir Nogueira da Silva

Prof. Paulo César Hardoim

Prof^a Cecília de Fátima Souza
(Orientadora)

A Deus,
A meu marido (pela dedicação);
A meus pais;
A meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

Em especial, à caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e a seus funcionários.

A todos os setores da Universidade Federal de Viçosa e a seus funcionários, pelo suporte na condução desta pesquisa.

Aos amigos do Ambiagro, pelo apoio, em especial Ruy e Sr. Pedro, e aos estagiários Henrique e Carlos, pelo auxílio na condução do experimento.

À indústria de beneficiamento de arroz “Varoto”, na pessoa do Sr. Cleto Varoto, pela doação da casca de arroz para formação das camas.

À Prefeitura Municipal de Descoberto, pelo apoio.

À professora Cecília, pela amizade, confiança e orientação durante o curso de pós-graduação.

Aos professores Paulo Roberto Cecon, Antonio Teixeira de Matos, Marcelo Teixeira Rodrigues, Jadir Nogueira da Silva, Paulo César Hardoim, pela contribuição e, em especial, a prof^a. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelo incentivo e pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e, em especial, ao “Simão”, pela contribuição na realização deste trabalho.

A minha amiga Aline, sempre presente, com dedicação e amizade.

E a todos que, de alguma forma, deram sua parcela de contribuição nesta pesquisa.

BIOGRAFIA

Cláudia Ribeiro dos Santos, filha de Ataciso Paulo dos Santos e Hivanilde Ribeiro dos Santos, nasceu em Dores do Indaiá, MG, em 31 de outubro de 1969.

Em 1998, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa e concluiu em março de 2003.

Em agosto de 2003, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, MG, concentrando seus estudos na Área de Construções Rurais e Ambiente.

Em agosto de 2005, foi aprovada no Curso de Doutorado, em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, MG, continuando seus estudos na Área de Construções Rurais e Ambiente.

CONTEÚDO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Importância econômica da caprinocultura	4
2.2 Sistema de produção e instalações	4
2.3 Conforto e bem-estar animal	7
2.4 Respostas fisiológicas	9
2.5 Produção e característica dos resíduos.....	10
2.6 Técnicas de manejo dos resíduos.....	10
2.6.1 Características e condições ideais para ocorrência do processo de compostagem	12
2.6.1.1 Temperatura.....	12
2.6.1.2 Umidade.....	12
2.6.1.3 Relação carbono/nitrogênio (C/N).....	13
2.6.1.4 Oxigenação.....	13
2.6.1.5 pH.....	14
2.6.2 Importância da fase de maturação (humificação) na compostagem	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local do experimento.....	16
3.2 Instalações utilizadas e distribuição dos animais.....	16
3.3 Variáveis do ambiente térmico.....	18
3.4 Respostas dos animais.....	23
3.5 Caracterização dos resíduos.....	24

3.6 Monitoramento do processo de degradação bioquímica das camas.....	24
3.6.1 Amostragem das camas.....	24
3.6.2 Variáveis analisadas.....	25
3.7 Análise estatística dos dados.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Avaliação do ambiente térmico.....	28
4.1.1 Temperatura do ar (Tar).....	29
4.1.2 Umidade relativa do ar (UR).....	32
4.1.3 Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....	34
4.1.4 Carga térmica radiante (CTR).....	37
4.2 Avaliação do desempenho animal.....	39
4.2.1 Produção de leite.....	39
4.2.2 Variação de peso.....	41
4.3 Respostas fisiológicas.....	41
4.3.1 Frequência respiratória (FR).....	41
4.3.2 Temperatura retal (TR).....	42
4.4 Comportamento.....	43
4.5 Variação das características dos materiais de cama.....	45
4.6 Temperatura.....	47
4.7 Umidade e pH.....	49
4.8 Matéria orgânica e carbono orgânico total.....	52
4.9 Nitrogênio total.....	54
4.10 Relação carbono/nitrogênio (C/N).....	55
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
APÊNDICE.....	64

RESUMO

SANTOS, Cláudia Ribeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2005.
Conforto térmico ambiental e degradação bioquímica de resíduos na criação de cabras leiteiras em sistema de camas sobrepostas.
Orientadora: Cecília de Fátima Souza; Conselheiros: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Antonio Teixeira de Matos e Marcelo Teixeira Rodrigues.

Tendo em vista o crescimento da caprinocultura no Brasil e o crescente interesse no uso de sistema de camas sobrepostas na criação de cabras, objetivou-se, com este estudo, avaliar a influência do conforto térmico ambiental, por meio de índice térmico, calculado a partir de dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, além da radiação sobre o desempenho produtivo, atributos fisiológicos e comportamentais de cabras em lactação criadas no sistema de camas sobrepostas, bem como avaliar o processo de degradação bioquímica e a qualidade do produto final obtido nesse sistema. O experimento foi realizado no Setor de Caprinocultura da Universidade Federal de Viçosa durante a primavera. Foram utilizadas 48 cabras das raças Parda Alpina e Saanen, todas na oitava semana de lactação, divididas em três lotes uniformes, com produção e peso iniciais médios de 2,0kg/cabra e 36,0kg. Cada grupo de dezesseis animais foi alojado em três baias, nas quais foram aplicados os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2) e cama de capim (T3). Para caracterizar o ambiente térmico, foram obtidas, em dias alternados e a cada duas horas, as temperaturas do globo negro, do bulbo seco e do bulbo úmido bem como a velocidade do ar nos ambientes interno e externo. O conforto térmico foi avaliado com base em respostas fisiológicas (frequência respiratória e temperatura retal), no desempenho zootécnico (produção de leite e variação de peso) e no

comportamento dos animais. O processo de degradação bioquímica ocorrido nas camas foi avaliado por meio da análise de variação da temperatura interna da massa orgânica, da temperatura de superfície das camas, do teor de água, do pH, do carbono orgânico total, do nitrogênio total e da relação carbono/nitrogênio. Considerando-se as condições nas quais o experimento foi conduzido e com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que, em média geral, o conforto térmico das cabras, nos três tratamentos: cama de casca de arroz, maravalha e capim, avaliado pelos resultados de Tar, UR, ITGU e CTR, foi considerado satisfatório, ou seja, os materiais não interferiram no conforto térmico dos animais. A caracterização inicial e final dos materiais estudados indicou que o sistema acumula nutrientes contidos nos dejetos, conferindo-lhes melhorias no valor fertilizante. O valor da relação carbono/nitrogênio, ao final do experimento, não caracterizou ter ocorrido estabilização bioquímica dos materiais utilizados como cama. A maravalha e o capim proporcionaram bom desempenho no que se refere à absorção dos dejetos e a casca de arroz se mostrou menos eficiente nesse quesito; no entanto, pode-se considerar o mesmo tempo de permanência desses materiais, como cama, no capril. Os resultados de desempenho animal, das respostas fisiológicas e comportamentais comprovaram a viabilidade técnica da utilização do sistema de camas sobrepostas para criação de cabras.

ABSTRACT

SANTOS, Cláudia Ribeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, august de 2005.
Environmental thermal comfort and biochemical degradation of wastes of dairy goats breeding on deep bedding systems. Adviser: Cecília de Fátima Souza; Committee Members: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Antonio Teixeira de Matos and Marcelo Teixeira Rodrigues.

In view of the goat farming development in Brazil and the growing interest in the use of deep bedding system for goat raising, the objective of this study was to evaluate the influence of thermal comfort, by means of thermal index, calculated from temperature, relative humidity and wind speed, as well as radiation on the productive performance, physiological and behavioral characteristics of nursing goats raised in the deep bedding system, and also to evaluate the biochemical degradation process and the quality of the final product obtained in this system. The experiment was carried out at the goat farming sector of the Federal University of Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, during the spring. A number of 48 Brown Alpine and Saanen goats were used, all at the eighth week of lactation, divided in three uniform lots, with mean production and initial weight of 2.0kg/goat and 36.0kg, respectively. Each group of sixteen animals was housed in three stalls, in which the following treatments were applied: rice straw (T1), wood shaving (T2) and grass bedding (T3). To characterize the thermal environment, in alternate days, every two hours, black globe, dry, and wet bulbs temperatures, as well as the wind speed in the internal and external environment were recorded. Thermal comfort was evaluated through physiological responses (breathing frequency and rectal temperature), animal performance (milk production and weight variation) and

animal behavior. The biochemical degradation process taking place in the bedding was evaluated through the analysis of variation of the organic mass internal temperature, the temperature of bedding surface, the water content, the pH, the total organic carbon, the total nitrogen and the carbon/nitrogen ratio. Considering the conditions in which the experiment was conducted and the obtained results, it can be concluded that, on average, the thermal comfort of the goats, in the three treatments – rice straw, wood shaving and grass evaluated by Tair, RH, BGHTI and RTL, was considered satisfactory, in other words, the materials did not affected the thermal comfort of the animals. The initial and final characterization of the studied materials indicated that the system accumulates nutrients contained in the waste, improving their fertilizing characteristics. The value of the carbon/nitrogen ratio, at the end of the experiment, did not show biochemical stabilization of the bedding materials. Wood shaving and grass provided good performance for waste absorption; whereas, rice straw was shown less efficient, however, the same time of permanence of these materials can be considered in the stalls as bedding. The results of animal performance, physiological and behavioral responses proved the technical viability of the use of deep bedding systems for goat breeding.

1. INTRODUÇÃO

A caprinocultura leiteira tem aumentado sua participação no cenário agropecuário brasileiro de forma bastante significativa, superando o constante desafio de conquistar e manter novos mercados para o leite de cabra e seus derivados (BORGES e BRESSLAU, 2002).

Na busca de maior eficiência, os produtores estão utilizando, cada vez mais, animais de alto potencial para produção de leite. Frequentemente, as instalações e o manejo oferecidos a esses animais são inadequados e o estresse causado pelos diferentes elementos climáticos (principalmente temperatura e umidade relativa do ar) afeta, de maneira negativa, os processos básicos de crescimento, reprodução e lactação.

O meio ambiente inclui todos os fatores externos que interagem com os animais, dentre esses, os térmicos, representados pela temperatura, umidade relativa e velocidade do ar e radiação, cujo efeito combinado pode ser quantificado pelo índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), que afeta diretamente o animal. Condições térmicas ambientais diferentes daquelas consideradas termoneutras podem comprometer o desempenho animal.

Para LU (1986), o limite crítico superior de temperatura ambiente para caprinos está entre 25 e 30°C, sendo o limite crítico inferior de 15°C. A zona de conforto térmico de caprinos de raças leiteiras especializadas varia de 13 a 21°C, segundo SMITH e SHERMAN (1994), sendo 0°C a temperatura crítica inferior e 30°C a temperatura crítica superior, conforme MÜLLER (1982).

Tendo em vista o grande crescimento da caprinocultura leiteira, ocorrido no Brasil nos últimos anos, e da capacidade poluente dos dejetos desses animais, torna-se necessário estudar e pesquisar formas alternativas de manejo e tratamento dos resíduos gerados nos sistemas de produção intensiva.

A intensificação da produção animal e o sistema de confinamento trouxeram, como consequência, o aumento do volume de dejetos produzidos por unidade de área. No sistema tradicional de criação intensiva, denominado “industrial”, o manejo dos dejetos se faz na forma líquida, para facilitar as atividades operacionais, como o transporte. No entanto, de acordo com OLIVEIRA (2000), o total de dejetos manejados requer grande volume de água, recurso em escassez, bem como grandes estruturas para o armazenamento dos resíduos gerados e também a disponibilidade de máquinas e equipamentos para seu transporte e distribuição.

O sistema de cama sobreposta destaca-se como alternativa na criação de cabras e no manejo dos seus dejetos, de forma a causar menores impactos ambientais. Esse sistema caracteriza-se pela utilização de substratos (maravalha, serragem, palhas, etc), como cama, com os animais manejados em lotes dentro da instalação.

A criação intensiva em cama sobreposta foi desenvolvida como alternativa para minimizar o problema de poluição ambiental altamente relacionada ao modo de produção empregada atualmente na produção industrial. Esse sistema, além de apresentar vantagem, como valorização agronômica do dejetos, devido ao acúmulo dos principais nutrientes (N, P, K), conforme OLIVEIRA (2000), possibilita a economia no uso da água, uma vez que os resíduos são manejados na forma sólida.

Embora as vantagens do sistema de cama sobreposta como manejo de resíduos animais tenha sido investigada para as condições do clima brasileiro, essas pesquisas têm sido realizadas somente para aves, suínos e bovinos. Poucas são as informações existentes para o emprego dessa técnica na caprinocultura. Ademais, geralmente as investigações não priorizam as condições térmicas ambientais, no que diz respeito ao conforto térmico ambiente dos animais

criados nesse sistema e a sua associação com o desempenho produtivo dos plantéis.

Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho:

- avaliar a influência do conforto térmico ambiental, por meio de índice térmico calculado a partir de dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, além da radiação, sobre o desempenho produtivo, parâmetros fisiológicos e comportamentais de cabras em lactação criadas no sistema de camas sobrepostas;

- avaliar o processo de degradação bioquímica e a qualidade do produto final obtido no sistema de camas sobrepostas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da caprinocultura

A cabra (*Capra hircus*) é um ruminante doméstico com grande facilidade de adaptação aos diferentes ambientes (SILVA, 2001). Por ser um animal versátil na produção de alimentos e matérias-primas, é encontrado em praticamente todas as regiões do globo, inclusive em locais com condições ambientais bastante adversas (RIBEIRO, 1998).

O Brasil possui cerca de 10 milhões de cabeças de caprinos, correspondendo ao maior rebanho da América do Sul, constituindo o 9º maior rebanho do mundo (ANUALPEC, 2004). Nos últimos anos, tem-se observado grande aumento na produção nacional de leite de cabra, indicando crescente interesse na atividade (CORDEIRO, 2001).

2.2 Sistemas de produção e instalações

Na intensificação da produção animal, tem sido empregado, em grande escala, o sistema de confinamento. De acordo com PEREIRA (1986), a técnica do confinamento consiste em alojar grande número de animais em pequena área, o que contribui para acentuar o efeito poluente causado pelos dejetos gerados nas operações comuns de produção.

Para CAMARGO (1989), NETO (1999) e FORTES (2000), realiza-se o confinamento com objetivo de racionalizar alguma operação, solucionar problemas

de espaço físico ou proteger os animais de alguma adversidade climática, além de explorar o potencial máximo de produção das matrizes leiteiras especializadas.

As instalações de caprinos leiteiros devem ser construídas com material adequado, adaptadas às condições climáticas da região e ao sistema de produção adotado. Devem ser bem arejadas, mas protegidas do vento e da umidade e pouco sujeitas às variações climáticas (RIBEIRO, 1998; BORGES, 2001). Para MATTOS (1988), a área física disponível, a adoção de novas tecnologias em alimentação, a ordenha e o manejo de dejetos são alguns dos fatores que influenciam na escolha do tipo de instalação.

Sendo de piso ripado suspenso ou de cama, as instalações para cabras devem ser divididas em baias conforme o estado fisiológico e a idade do rebanho: cabras secas e em lactação, cabritos, recria, maternidade e reprodutores, podendo ou não ter acesso a um solário.

Tradicionalmente, as instalações mais utilizadas para a criação de cabras no Brasil são as de piso ripado e suspenso, que consiste numa série de ripas com 0,05 a 0,07m de largura e 0,015 a 0,07m de espessura, distanciadas entre si, de 0,015 a 0,02m, conforme a idade do animal. De acordo com SILVA (2001), a área necessária por animal adulto é de 2,0m², sendo que a altura do pé direito do capril deve ser de, no mínimo, 2,0m. Para RIBEIRO (1998), o ripado deve estar a cerca de 2,0m do solo, para permitir que a pessoa que efetua a limpeza tenha condições satisfatórias para trabalhar. Dessa forma, o pé direito total deverá ser de 4,0 a 5,0m. O manejo dos dejetos nesse sistema é feito retirando-se periodicamente o material acumulado sob o piso, dispondo-o diretamente no ambiente.

De acordo com BORGES e BRESSLAU (2002), as instalações de piso ripado suspenso apresentam, em geral, maior custo de implementação, pois, além da qualidade da madeira a ser utilizada no ripado, existe a necessidade de toda uma estrutura reforçada de sustentação, já que o ripado deve estar em altura suficiente, de modo a facilitar a operação de remoção e transporte dos dejetos. Já as instalações com piso adaptado para o sistema de cama demandam menores investimentos na implementação, entretanto seu custo de manutenção pode

tornar-se elevado, dependendo da disponibilidade e do custo de aquisição do material utilizado.

Nos últimos dez anos, tem-se observado, na caprinocultura brasileira, crescente uso de sistemas de camas para a criação de cabras. O sistema de cama sobreposta é caracterizado pela utilização de materiais absorventes (maravalha, capim, palhas, etc) como elementos de forração de pisos compactados em terra batida no interior das instalações.

Segundo TUMELEIRO (1998), a cama pode ser classificada de acordo com sua profundidade. Profundidades variando de 0,5 a 1,0m caracterizam as chamadas “camas profundas” e de 0,2 a 0,4m, as chamadas “camas superficiais”. Normalmente a designação “cama sobreposta” tem sido adotada para caracterizar o sistema de cama profunda, onde se trata da sobreposição do material absorvente à medida que a cama se torna mais umedecida pelos resíduos absorvidos.

Conforme Hill & Gentry (2000), citados por CORDEIRO (2003), a cama utilizada é normalmente formada de materiais de grande teor de carbono em sua constituição (palhas, cascas, serragens, etc.), o que deverá proporcionar à cama alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e relação física estrutural ideal para proporcionar ambiente ótimo para absorção, evaporação e compostagem dos dejetos. O tratamento dos dejetos na cama, sendo baseado no processo de compostagem, gera calor, umidade e dióxido de carbono, que são acrescentados ao meio.

A potencialidade de absorção da fração líquida do esterco e da urina, que é variável de material para material, possibilita a degradação bioquímica da cama no próprio local, o que proporciona redução dos riscos de poluição e melhor valorização agrônômica do resíduo. O sistema de cama sobreposta possibilita, além da obtenção do composto orgânico, melhoria no condicionamento ambiental da edificação, em virtude de sua dupla função (pavimentação e compostagem), além da retenção total dos resíduos líquidos, com menor emissão de gases poluentes e de odores (OLIVEIRA, 2001).

2.3 Conforto e bem-estar animal

O principal fator a ser considerado para se garantir o conforto ao animal, em países tropicais e subtropicais, é minimizar os extremos ambientais que causam o estresse térmico.

A temperatura do ar é, provavelmente, o elemento bioclimático de maior influência no ambiente físico do animal. Sabe-se, contudo, que apenas a temperatura do ar não é suficiente para avaliar as condições térmicas ambientais; devendo-se levar em consideração, também, a umidade relativa e a velocidade do ar e a radiação.

Embora os caprinos sejam considerados animais rústicos, do ponto de vista bioclimático, a associação entre elevadas temperaturas e altas umidades relativas do ar pode provocar alterações comportamentais e fisiológicas, como aumento da temperatura da pele, da temperatura retal e da frequência respiratória, diminuição da ingestão de alimentos e, conseqüentemente, redução do nível de produção (Lu, 1989, citado por BRASIL *et al.*, 2000).

Na busca de maior eficiência, os produtores estão utilizando, cada vez mais, animais de alto potencial para produção de leite. Freqüentemente, as instalações e o manejo oferecidos a esses animais são inadequados e o estresse causado pelos diferentes elementos climáticos (principalmente temperatura e umidade relativa do ar) afeta, de maneira negativa, os processos básicos de crescimento, reprodução e lactação (BORGES e BRESSLAU, 2002). Animais em crescimento e em lactação possuem taxa metabólica mais elevada e são mais sensíveis ao calor.

Para determinada faixa de condição térmica ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico ou de termoneutralidade (BAÊTA e SOUZA, 1997). Temperaturas de 13 a 21°C correspondem à zona ótima para a saúde e para a produção de caprinos de raças leiteiras especializadas (SMITH e SHERMAN, 1994).

De acordo com CURTIS (1983) e BAËTA e SOUZA (1997), o calor pode ser dissipado por via sensível (condução, convecção e radiação), ou seja, fluxos de calor causados por gradiente de temperatura, e por via latente (evaporação de água a partir da pele e do aparelho respiratório), que são fluxos de calor causados por gradiente de pressão de vapor d'água.

A umidade relativa do ar influencia a troca de calor latente entre o animal e o ambiente. Sob condições de alta temperatura e elevada umidade relativa, ocorre pouca ou nenhuma perda de calor corporal por via sensível ou latente, resultando aumento da temperatura corporal, o que caracteriza desconforto térmico (CURTIS, 1983).

O estresse climático é função da temperatura do ar, da umidade relativa, da radiação solar, do vento, da temperatura corporal e da intensidade/duração do agente estressor, podendo resultar em decréscimo na produção de leite e em distúrbios reprodutivos (HEAD, 1995).

Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado entre os três maiores desafios.

Segundo FRASER (1999), a maioria das tentativas dos cientistas de conceituar o bem-estar animal resume-se em três questões principais: a) os animais devem sentir-se bem e não serem submetidos ao medo, à dor ou a estados desagradáveis, de forma intensa ou prolongada; b) os animais devem funcionar bem, no sentido de saúde, crescimento e funcionamento comportamental e fisiológico normal; c) os animais devem levar vidas naturais por meio do desenvolvimento e do uso de suas adaptações naturais.

Uma definição de bem-estar bastante utilizada atualmente foi estabelecida pela FAWC (Farm Animal Welfare Council) (citado por CHEVILLON, 2000), na Inglaterra, mediante o reconhecimento das cinco liberdades inerentes aos animais: liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede); liberdade ambiental (edificações adaptadas); liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas); liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais) e liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade).

Uma contribuição importante do estudo do comportamento animal para a eficiência dos sistemas de produção são os estudos que avaliem como os animais lidam com condições adversas em seu ambiente, ou como o ambiente pode afetar o seu bem-estar. A falta de bem-estar pode ter conseqüências graves sobre todos os estágios da produção, comprometendo inclusive o produto final (BECKER, 2003).

2.4 Respostas fisiológicas

Appleman e Delouche, citados por TAVARES (1989), estudaram o comportamento e as respostas fisiológicas de cabras, para uma variação de temperatura ambiente de 0 a 40°C. Diminuindo a temperatura ambiente de 20 para 0°C, observaram decréscimo no consumo de água, queda na freqüência respiratória e aumento no tempo gasto para consumo de alimento. Aumentando a temperatura de 20 para 40°C, houve decréscimo do tempo gasto para consumo de alimento, aumento no consumo de água, aumento da temperatura retal e elevado aumento na freqüência respiratória. Observou-se que os limites de tolerância ao calor, para esses animais, estão entre 35 e 40°C, com ineficiência do sistema de termorregulação ao calor ocorrendo a 40°C e os limites de tolerância ao frio aproximaram-se de 0°C.

Para LU (1986), as cabras são hábeis para realizar o balanço térmico. Quando expostas a temperatura acima ou abaixo da temperatura crítica superior ou inferior, parte da energia disponível é requerida para manter os mecanismos de homeotermia. Esses animais, quando em produção, são sensíveis ao estresse térmico, apesar de possuírem características de melhor tolerância ao calor. Portanto, a temperatura crítica superior para a manutenção desses animais varia entre 25 e 30°C e o estresse ao calor ocorre quando as cabras, em produção, são expostas a temperaturas ambientes acima de 30°C.

2.5 Produção e características dos resíduos

O crescimento da caprinocultura e a intensificação da produção em sistemas de confinamento trazem, como consequência, o aumento do volume de dejetos produzidos por unidade de área, que devem ser manejados e dispostos no ambiente de forma segura. JARDIM (1977) estimou que uma cabra produz, em média, 600 kg de esterco ao ano. Para SILVA (2001), um caprino adulto excreta de 1,5 a 2,0 kg de fezes por dia. AGRAZ (1984) estimou que uma cabra adulta pode produzir, em média, 2,9 litros de urina por dia.

Os componentes poluentes contidos nos dejetos apresentam-se em concentrações suficientemente altas para constituírem risco de desequilíbrio ecológico, quando manejados inadequadamente. Em termos comparativos, MALAVOLTA *et al* (1991) concluíram que o esterco caprino é superior ou semelhante ao de outras espécies animais em termos de conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio, indicando a capacidade poluente dos dejetos desses animais.

A escolha do manejo adequado dos dejetos é o maior desafio para a sobrevivência das zonas de produção intensiva, em razão dos riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitrato, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e do ar, pelas emissões de NH₃, CO₂ e H₂S (OLIVEIRA, 2001).

2.6 Técnicas de manejo dos resíduos

Segundo VANDERHOLM (1979), o manejo do resíduo é parte integrante de qualquer sistema de produção animal e deve estar incluído no planejamento da construção ou das modificações das instalações.

Nos sistemas tradicionais de criação intensiva, segundo Andreadakis (1992), citado por MAGALHÃES (2002), a retirada do esterco produzido se dá, na maioria das vezes, por meio de lavagem, sendo que o uso da água proporciona, além da higienização das baias de criação, a diluição das fezes produzidas, facilitando seu transporte e manejo. OLIVEIRA (2000) afirma que o total de dejetos

manejado por esses sistemas de criação animal requer grande volume de água, recurso em escassez, bem como grandes estruturas para o armazenamento dos resíduos gerados.

O desenvolvimento de tecnologia alternativa para o manejo e o tratamento de dejetos por meio da compostagem foi introduzido em resposta aos problemas de poluição ambiental, dos custos de implementação e da distribuição como fertilizante orgânico. O processo de compostagem que ocorre nas camas desenvolve-se em duas fases. A primeira fase caracteriza-se pela incorporação, diária, de dejetos aos substratos (maravalha, palhas, etc.) até se obter uma massa com umidade e relação Carbono/Nitrogênio adequadas. A segunda fase é de processo acelerado da compostagem em decorrência da adequação das características favoráveis à degradação microbiológica do material orgânico (OLIVEIRA, 2004).

O processo de compostagem, em função da energia liberada, possibilita a evaporação de praticamente toda a água contida nos dejetos, reduzindo o volume a ser tratado e valorizando-os como fertilizante orgânico (OLIVEIRA, 1999).

Segundo COLUEKE (1991), compostagem é um método de manejo dos resíduos pelo qual a matéria orgânica é biologicamente decomposta, sob condições controladas, a um estado em que pode ser manuseada, estocada e ou aplicada ao solo, sem afetar, de forma adversa, o meio ambiente.

Conforme PEIXOTO (1988), a compostagem é um processo de decomposição aeróbia, em que a ação e a interação dos microrganismos também dependem da ocorrência de condições favoráveis, sendo elas: temperatura, umidade, aeração, pH e concentração de nutrientes. Esses fatores ocorrem simultaneamente e a eficiência da compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento dos mesmos.

Para KIEHL (1985), a compostagem é uma técnica idealizada para se obter, mais rapidamente e em melhores condições, a desejada estabilização da matéria orgânica.

Durante a compostagem, os microrganismos consomem oxigênio e matéria orgânica, liberando calor, água e CO₂. A redução de volume do composto, que

passa a apresentar de 1/4 a 1/2 do volume inicial, deve-se, em parte, à perda de CO₂ e de água, que ocorre no processo e, em outra, à transformação do material em um composto de textura fina (RYNK, 1992). Outro fenômeno observado durante o processo de compostagem é a diminuição da relação carbono/nitrogênio (C/N), à medida que o composto vai sendo estabilizado bioquimicamente, fato esse também relacionado à emissão significativa de CO₂.

O processo de compostagem nas camas diferencia-se do processo convencional de compostagem, devido ao último ser realizado com o material em forma de leiras (montes ou pilhas), onde a temperatura é controlada de forma a aumentar a eficiência do processo. De acordo com Huysman (1992), citado por TUMELEIRO (1998), a eficiência do processo e a quantidade de calor produzido dependem de vários fatores cujos mais importantes são: relação C/N, quantidade de oxigênio, umidade e temperatura do material.

2.6.1 Características e condições ideais para a ocorrência do processo de compostagem

2.6.1.1 Temperatura

A temperatura é um importante indicador da atividade microbológica. O processo de decomposição dos materiais inicia-se com a atuação da flora mesofílica (20-45°C), resultando na liberação de energia sob a forma de calor. Em condições favoráveis de nutrientes, umidade, aeração, entre outras, a colônia mesofílica multiplica-se, aumentando a atividade de degradação e a temperatura atinge rapidamente a faixa termofílica (45-65 °C) (MERKEL, 1981; KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1989).

2.6.1.2 Umidade

Sendo a compostagem um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, a presença de água é imprescindível para atendimento das

necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não vivem na ausência da umidade (KIEHL, 1985). Teores de água variando entre 40 e 60 dag.kg⁻¹ favorecem o processo aeróbio.

De acordo com PEREIRA NETO (1992), baixos teores de água (<40 dag.kg⁻¹) inibem a atividade microbiológica, o que faz diminuir a taxa de estabilização do material. Já teores de água acima de 65 dag.kg⁻¹ faz com que a água ocupe os espaços vazios dos materiais, impedindo a livre passagem do oxigênio, podendo causar condições anaeróbias ao sistema. Para MERKEL (1981), teor de água acima de 60 dag.kg⁻¹ contribui para a compactação do material, reduzindo o suprimento de ar.

2.6.1.3 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

O nitrogênio, assim como o carbono, é considerado essencial ao desenvolvimento microbiológico, pois é utilizado na síntese de proteína. A atividade de degradação dos resíduos orgânicos está diretamente relacionada à reprodução celular dos microrganismos. Na ausência de nitrogênio, não há reprodução protoplasmática dos microrganismos e o carbono é a fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos (KIEHL,1985).

A relação carbono/nitrogênio indica a quantidade de carbono que já foi ou ainda está para ser degradada, bem como o nível de desenvolvimento da flora bacteriana. Uma relação carbono/nitrogênio elevada demanda maior tempo até a estabilização do material. MERKEL (1981) e KIEHL (1985) afirmam que a relação carbono/nitrogênio inicial, satisfatória para a obtenção de uma alta eficiência nos processos de tratamento biológico dos resíduos sólidos orgânicos, deve situar-se no entorno de 30:1.

2.6.1.4 Oxigenação

A aeração tem por finalidade básica suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica e atuar como agente de controle da

temperatura. A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer em ambiente aeróbio ou anaeróbio. Nos processos aeróbios, o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, ocasionando elevações de temperatura do material em decomposição, principalmente no início do processo, quando há aumento populacional. Com isso, a decomposição é mais rápida. Nos processos anaeróbios, a decomposição do material exige menor cuidado, porém a estabilização é mais demorada. Sendo um meio redutor, predominam os gases metano e sulfídrico e os ácidos graxos voláteis de cheiro desagradável (KIEHL, 1985).

2.6.1.5. pH

Realizando-se determinações periódicas de pH durante a compostagem, pode-se saber como está se desenvolvendo a decomposição do material orgânico. A matéria orgânica crua, de origem vegetal ou animal, é naturalmente ácida. A compostagem aeróbia provoca a elevação do pH, que vai crescendo com o tempo de compostagem e conduz à formação de matéria orgânica humificada com reação alcalina (KIEHL, 1985).

2.6.2 Importância da fase de maturação (humificação) na compostagem

O húmus é o produto mais estável das transformações da matéria orgânica, sendo um dos subprodutos da fase final da compostagem. De acordo com KIEHL (1985), a matéria orgânica humificada ou estabilizada não está mais sujeita a decomposições intensas e age principalmente sobre as propriedades físicas e físico-químicas do solo, não sendo considerada, portanto, a principal fornecedora de nutrientes para as plantas. De forma sucinta, a fração húmica da matéria orgânica se caracteriza por ter uma relação C/N igual a 10/1. Ainda segundo o autor, a matéria orgânica bioestabilizada ou semi-curada apresenta relação C/N que varia de 15 a 18/1 e é a principal fornecedora de nutrientes, podendo, portanto, ser empregada como fertilizante.

Conforme o Ministério da Agricultura, o limite máximo da relação Carbono/Nitrogênio para a comercialização de compostos orgânicos é 20/1 (MATOS, 2004).

Materiais orgânicos com alta relação C/N, característica dos produtos não maturados, quando aplicados ao solo, ocasionarão redução bioquímica do nitrogênio do solo, em consequência do uso do carbono residual. Para ser denominado composto, a matéria orgânica deve ser estabilizada até atingir a fase de humificação, o que é indicativo de completa bioestabilização, condições nem sempre obtidas em processos de compostagem (MAGALHÃES, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi desenvolvido no período de setembro a dezembro de 2004, no Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. A cidade está localizada na latitude de 20 45' 45" Sul e longitude de 42 52' 04" Oeste, com altitude de 657m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e verão quente). No período experimental, a temperatura média foi de 24°C.

3.2 Instalações utilizadas e distribuição dos animais

O estudo foi realizado com 48 cabras das raças Parda Alpina e Saanen, todas na 8ª semana de lactação. Esses animais foram distribuídos em três grupos homogêneos, com produção de leite e peso corporal iniciais médios de 2,0 kg/cabra e 36kg, respectivamente. Cada grupo, constituído por 16 cabras, ficou alojado ao acaso em uma das baias.

Foi utilizado um conjunto de três unidades de mesmas dimensões (6,0 x 5,0), situadas num setor *free stall* de confinamento. A instalação foi construída com orientação norte/sul, pé direito de 3,45m, cobertura em telha de amianto e beiral de aproximadamente 1,50m. Os fechamentos laterais e as divisórias, com 1,0m de altura, foram construídos com grades de ferro galvanizado (Figuras 1 e

2). As baias foram constituídas em piso de terra, havendo, entretanto, uma pavimentação em concreto junto à área próxima ao comedouro (1,0 x 6,0m).

Cada uma dessas baias recebeu cama de substrato diferenciado (maravalha, casca de arroz e capim) espalhado sobre o piso em terra. Cada um dos diferentes tipos de cama, com 0,50m de altura, constituiu um tratamento, cuja montagem e uso podem ser vistos nas Figuras 3 e 4. Foram realizadas sobreposições de material quando observada alta umidade nas camas.

Na Figura 5 está apresentada a planta baixa de uma das baias utilizada no experimento.



FIGURA 1 – Vista externa do galpão utilizado no experimento



FIGURA 2 - Vista interna do galpão utilizado no experimento



FIGURA 3 – Detalhe do preenchimento das baias com os materiais utilizados como cama



FIGURA 4 – Vista interna das baias após o preenchimento do piso com os materiais utilizados como cama

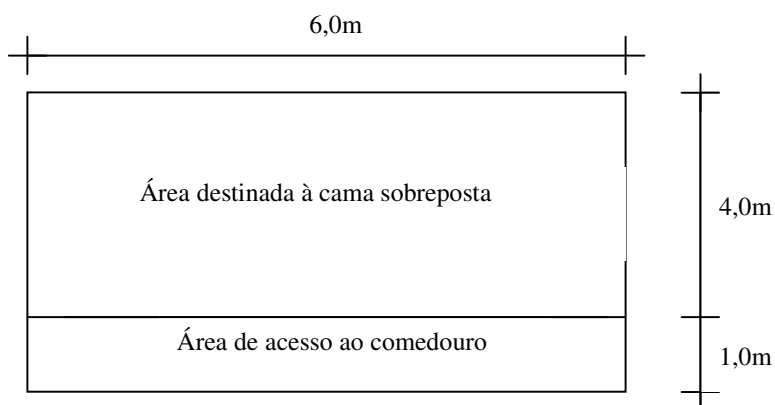


FIGURA 5 – Planta baixa da baia utilizada no experimento

A comparação entre os tratamentos foi feita com base no conforto térmico ambiente, avaliado pelo ITGU, pela CTR, pela temperatura da cama em diferentes profundidades (0,02, 0,20 e 0,40m), pelo índice de decomposição da mesma, bem como pelo desempenho produtivo das cabras e pelo comportamento relacionado ao bem - estar animal.

Antes do início da tomada de dados (outubro a dezembro de 2004, compreendendo dez semanas), os animais passaram por um período de trinta dias de adaptação às novas baias e ao manejo, sendo que o período citado, serviria também para dar início ao processo de degradação bioquímica ocorrido nos materiais de cama.

3.3 Variáveis do ambiente térmico

Para caracterizar o ambiente térmico, foram obtidas as temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, bem como a velocidade do ar, tanto no interior de cada uma das baias quanto no exterior do galpão, em dias alternados, a cada duas horas, das 8 às 18 horas. As temperaturas máximas e mínimas foram obtidas nos mesmos dias, às 18 horas.

As medições foram realizadas a 0,50m de altura do solo, correspondendo à altura média das cabras. Os instrumentos de medição foram dispostos no centro de cada baia e protegidos por gaiola de tela, conforme ilustrado na Figura 6.



FIGURA 6 – Disposição dos instrumentos no centro das baias

As temperaturas de globo negro foram medidas por meio de termômetros de globo negro com diâmetro de 0,15m, tendo como sensores termômetros de mercúrio, em vidro, com resolução de 1°C.

As temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foram medidas em higrômetros, constituídos por termômetros de bulbo seco e bulbo úmido, em vidro, com sensores de mercúrio e resolução de 1°C. A velocidade do ar foi obtida utilizando-se um anemômetro digital tipo caneca.

As temperaturas máximas e mínimas foram obtidas utilizando-se termômetros de máxima e mínima, instalados nas posições dos instrumentos citados anteriormente.

Os dados do ambiente externo (umidade relativa, temperatura de bulbo seco, máxima e mínima) foram obtidos com termohigrógrafo localizado em um abrigo meteorológico situado próximo ao galpão *free stall*. Nas proximidades do abrigo (raio de 1,0m), a 1,5m de altura do solo, foram determinadas as temperaturas de globo negro e a velocidade do ar, com os mesmos instrumentos, da mesma forma e nos mesmos horários em que foram feitas as medidas no interior do galpão, objetivando-se, com isso, poder calcular os índices de conforto térmico ao Sol (Figura 7).



FIGURA 7 – Abrigo meteorológico com os instrumentos de medição das variáveis climáticas no ambiente externo

Com base nos dados coletados em cada horário, para cada tratamento e ambiente externo, foram calculados: índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), carga térmica radiante (CTR) e umidade relativa do ar (UR), com o objetivo de expressar o conforto térmico ambiental em relação às condições do meio.

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), citado por BUFFINGTON *et al* (1981), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do vento. Esse índice é usado para avaliar as condições de conforto animal em condições de clima tropical e sub-tropical, podendo ser obtido por meio da seguinte expressão:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

T_{gn} = temperatura de globo negro, K; e

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca, de cobre, com 0,15m de diâmetro e 0,0005m de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo o elemento sensor de temperatura em seu interior.

A temperatura do ponto de orvalho (Tpo) pode ser calculada por meio do método analítico descrito por ZOLNIER (1994), de acordo com a seguinte expressão:

$$Tpo = [(186,4905 - 237,3 \log_{10} e) / (\log_{10} e - 8,2859)] \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

Tpo = temperatura de ponto de orvalho, em °C; e

e = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa

A pressão de vapor d'água, por sua vez, pode ser calculada por meio da equação descrita por ZOLNIER (1994):

$$e = e_{su} - AP (Tbs - Tbu) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

e_{su} = pressão de saturação do vapor d'água à temperatura de bulbo úmido, em hPa, sendo calculada utilizando a equação 4;

A = constante do psicrômetro, igual a $8,0 \times 10^{-4}$ °C, para psicrômetros não-aspirados;

P = pressão atmosférica local, em hPa;

Tbs = temperatura de bulbo seco, em °C; e

Tbu = temperatura de bulbo úmido, em °C; e

$$e_{su} = 6,1078 \times 10^{[(7,5 Tbu)/(237,3 + Tbu)]} \quad (\text{Equação 4})$$

Outro indicador de conforto térmico-ambiental é a Carga Térmica Radiante (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total

recebida pelo animal de todos os espaços ou partes da vizinhança, podendo ser determinada, segundo ESMAY (1969), pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

CTR = carga térmica radiante, $W.m^{-2}$;

σ = coeficiente de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$; e

TRM = temperatura radiante média, em K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955). A TRM pode ser determinada por meio da equação:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (Tgn - Tbs) + (Tgn / 100)^4} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

v = velocidade do ar ($m.s^{-1}$); e

Tbs = temperatura de bulbo seco, K.

A umidade relativa do ar é outro elemento climático que auxilia na determinação do conforto térmico do ambiente e pode ser determinada por meio da equação:

$$UR = (e/es) \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

UR = umidade relativa do ar, em %

e = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa; e

e_s = pressão de saturação do vapor d'água, em hPa.

3.4 Respostas dos animais

Os parâmetros fisiológicos, como a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR), foram medidos semanalmente, às 9h, para caracterizar o período da manhã e, às 15h, para caracterizar o período da tarde. A TR foi tomada mediante termômetro clínico digital, introduzido no reto do animal pelo tempo de um minuto. A FR foi obtida tomando-se por base a contagem dos movimentos laterais do flanco do animal durante o tempo de um minuto.

Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, realizando pesagens intermediárias a cada mês, para melhor acompanhamento da variação do peso corporal.

Os dados de produção de leite foram obtidos semanalmente e o controle leiteiro foi realizado de forma individual, mediante a pesagem do leite.

Os padrões de comportamento das cabras foram avaliados em conjunto com os dados do ambiente térmico e com o tipo de substrato (cama), por meio de observações visuais e registro em máquinas fotográficas, em dias alternados, durante todo o período experimental.

3.5 Caracterização inicial dos resíduos

As análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Análises Químicas, do Departamento de Solos da UFV.

Para caracterização inicial dos dejetos das cabras, bem como dos materiais utilizados como cama, foram determinadas as concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis, além do conteúdo de matéria orgânica e carbono orgânico total pelo método da perda por ignição (KIEHL, 1985).

O teor de água foi determinado pelo método de secagem em estufa sob temperatura de 65°C, por 48 horas e o pH foi determinado em amostra com umidade natural, via solução de cloreto de cálcio 0,01 molar, que é o método oficial do Ministério da Agricultura (KIEHL, 1985).

A concentração de nitrogênio total foi determinada seguindo-se o método Kjeldahl, via digestão sulfúrica (EMBRAPA, 1997).

As concentrações dos micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu) e dos macronutrientes (P, K, Ca e Mg) foram determinadas após digestão nítrico-perclórico. O P foi determinado utilizando-se o método colorimétrico e o K e o Na, em fotômetro de chama (EMBRAPA, 1997). A análise desses elementos foi realizada no início e no final do experimento.

3.6 Monitoramento do processo de degradação bioquímica das camas

No presente estudo, não foi feita a prática de reviramento do material, técnica comumente utilizada na compostagem em leiras aeradas. Essa técnica propicia a aeração da massa em compostagem e, com isso, acelera a atividade microbológica, proporcionando a elevação da temperatura no interior da massa orgânica. Como o calor produzido poderia afetar os animais sobre a cama, esse manejo não foi adotado, como é recomendado para a criação de animais.

3.6.1 Amostragem das camas

Durante o período de degradação bioquímica, amostras das camas foram coletadas semanalmente nas três baias. A coleta foi realizada em seis pontos aleatórios de cada baia e em diferentes profundidades, sendo as amostras homogeneizadas conforme pode ser observado nas Figuras 8 e 9. O material coletado foi conduzido ao Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola, para determinação do teor de água, do pH, do nitrogênio total e do carbono orgânico, conforme foi realizada na caracterização inicial dos resíduos.



FIGURA 8 – Coleta de amostras das camas realizada em diferentes posições em cada baia



FIGURA 9 – Detalhe da técnica utilizada para homogeneização das amostras

3.6.2 Variáveis analisadas

Para as determinações da temperatura na massa de compostagem, foram introduzidos quatro sensores termopares no interior das camas, em quatro posições laterais e em diferentes profundidades (0,40 e 0,20m). Para possibilitar a leitura das temperaturas, as extremidades dos sensores foram conectadas em um termômetro digital protegido por uma gaiola no centro de cada baia (Figuras 10 e 11).



FIGURA 10 – Detalhes dos sensores de temperatura enterrados na cama



FIGURA 11 – Termômetro digital utilizado para as leituras das temperaturas

A temperatura de superfície das camas foi obtida com os mesmos instrumentos citados, em quatro pontos distintos, na profundidade de 0,02m.

A umidade do material foi monitorada, semanalmente, com a retirada de amostras representativas da massa em compostagem. O método de determinação utilizado foi o de secagem em estufa sob temperatura de 65°C, por 48 horas (KIEHL, 1985).

Nas mesmas condições de amostragem, o pH foi determinado em amostra com umidade natural, via solução de cloreto de cálcio 0,01 molar, que é o método oficial do Ministério da Agricultura, citado por KIEHL (1985).

A cada quinze dias, foram determinadas as concentrações de carbono orgânico e de nitrogênio total, de acordo com métodos citados anteriormente. Os valores desses elementos possibilitaram calcular a relação carbono/nitrogênio (C/N), que é um indicativo de o material ter atingido a estabilização ou não. Essa relação foi obtida dividindo-se a concentração do carbono pela concentração de nitrogênio.

3.7 Análise estatística dos dados

Para o estudo das variáveis ambientais Tar, UR, ITGU e CTR, o experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdividas, tendo nas parcelas os tratamentos (cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim) e, nas subparcelas, os horários de tomada de dados, no delineamento em blocos ao acaso, com 10 repetições (semanas de observação). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão.

Para o fator qualitativo (tratamentos), as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (semanas), os modelos foram escolhidos baseando-se na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se o nível de até 5% de probabilidade no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

O estudo do desempenho dos animais foi montado segundo um esquema de parcelas subdividas, tendo, nas parcelas, os tratamentos, nas subparcelas, as semanas, no delineamento em blocos casualizados com 16 repetições (cabras).

As variáveis analisadas no processo de compostagem foram avaliadas por meio de análise de variância. As médias foram comparadas adotando-se o teste de Tukey em nível de significância de 5%. Os três tipos de cama constituíram o tratamento e o número de amostras, a repetição, no delineamento em blocos ao acaso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação do ambiente térmico

Nos Quadros 1A a 5A do Apêndice, estão apresentados os valores da Temperatura de Bulbo Seco (TBS), da Temperatura de Globo Negro (TGN), do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), da Carga Térmica Radiante (CTR) e da Umidade Relativa do ar (UR), bem como os valores de temperaturas máximas e mínimas, referentes aos ambientes interno e externo.

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados de TBS, UR, ITGU E CTR, em função dos tratamentos (cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim), das semanas de observação e da hora do dia, encontra-se apresentado no Quadro 1. Pode-se verificar, nos dados apresentados nesse Quadro, que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de TBS, UR, ITGU e CTR somente entre os horários de observação, não havendo, portanto, diferença significativa ($p > 0,05$) nos valores dessas variáveis entre os tratamentos.

QUADRO 1 – Resumo das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos (cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim), e da hora do dia (H) com relação à média horária da temperatura do ar (TBS), à umidade relativa do ar (UR), ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e à carga térmica radiante (CTR)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		TBS	UR	ITGU	CTR
Bloco (semana)	9	41,9643	899,7295	63,5056	2676,0640
Cama (tratamento)	2	0,2309	34,8710	0,4781	127,2154
Resíduo (a)	18	0,1017	5,6993	0,1300	176,0358
Hora	5	94,2450**	1495,6700**	78,0915**	3701,8280**
Hora x Cama	10	0,0402	3,3583	0,0875	133,0239
Resíduo (b)	135	0,6028	15,2377	0,7292	165,0580
CV parcela (%)		1,3764	3,3913	0,5038	2,9732
CV subparcela (%)		3,3509	5,5452	1,1931	2,8791

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

4.1.1 Temperatura do ar (Tar)

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios observados da temperatura do ar para as camas de casca de arroz, maravalha e capim. Observa-se que, de uma forma geral, os valores encontrados de temperatura do ar (tbs), situam-se no intervalo aceitável correspondente às temperaturas críticas inferior e superior, para caprinos de raça leiteira especializada, de 0 a 30°C, conforme (SMITH e SHERMAN, 1994 e MÜLLER, 1982).

Em média geral, não houve diferença significativa entre os valores de temperatura do ar para os tratamentos ($p > 0,05$), o que era esperado, uma vez que os ambientes interagiram-se entre si, já que as baias eram abertas.

TABELA 1 - Valores médios de temperatura de bulbo seco (TBS) para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim em função da hora do dia

TBS (°C)			
Hora	Casca de arroz	Maravalha	Capim
08	20,50 ^a	20,60 ^a	20,72 ^a
10	22,44 ^a	22,42 ^a	22,43 ^a
12	24,28 ^a	24,32 ^a	24,35 ^a
14	24,82 ^a	24,87 ^a	24,97 ^a
16	24,72 ^a	24,85 ^a	24,96 ^a
18	21,85 ^a	22,04 ^a	21,91 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

Aos valores médios de TBS ou temperatura do ar (Tar), obtidos no período experimental, foram ajustadas equações de regressão, em função das horas de observação (Tabela 2).

TABELA 2 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R²), referentes aos dados de temperatura de bulbo seco (TBS), em função das horas de observação, para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, bem como para o ambiente externo

Tratamento	Equações ajustadas	R ²
Casca de arroz	$\hat{Y} = -1,8928 + 3,8983^{**} \cdot H - 0,1421^{**} \cdot H^2$	0,95
Maravalha	$\hat{Y} = -1,2567 + 3,7924^{**} \cdot H - 0,1376^{**} \cdot H^2$	0,94
Capim	$\hat{Y} = -1,5196 + 3,8571^{**} \cdot H - 0,1405^{**} \cdot H^2$	0,92
Ambiente externo	$\hat{Y} = -4,0783 + 4,3421^{**} \cdot H - 0,1579^{**} \cdot H^2$	0,96

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Na Figura 12, está a representação gráfica das equações de regressão ajustadas, em função da hora do dia, para os ambientes interno e externo.

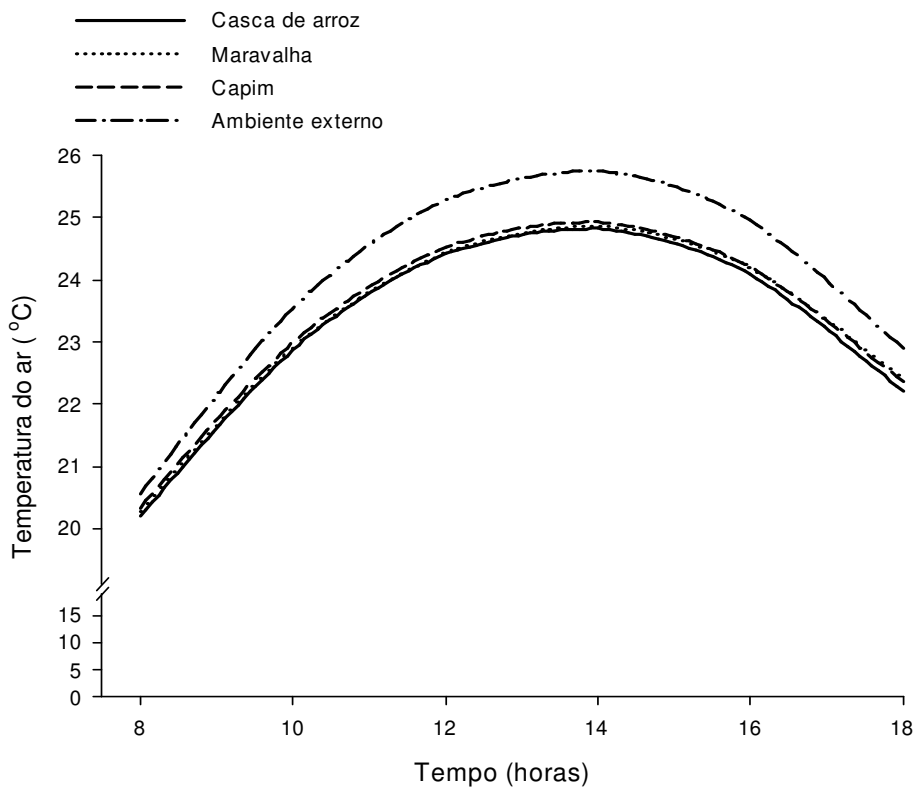


FIGURA 12 - Estimativa da temperatura do ar, em função da hora do dia, para os tratamentos, no interior do galpão e no ambiente externo

Devido ao processo de degradação bioquímica ocorrido nos materiais utilizados como cama, há produção de calor, que é emitido, em parte, na forma de calor latente. Segundo OLIVEIRA (2000), na adaptação de edificações destinadas à criação de animais sobre leito de cama, deve-se considerar as produções de calor geradas pelo binômio “animal+cama”. Verifica-se, na Figura 12, que a temperatura do ar, no interior do galpão, foi menor que no ambiente externo, mesmo havendo geração de calor pelo sistema. Tal fato é indicativo de que instalações abertas e bem ventiladas são mais indicadas na criação de animais, no sistema de camas sobrepostas, em clima quente.

4.1.2 Umidade relativa do ar (UR)

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios observados da umidade relativa do ar (UR), em %, para as camas de casca de arroz, maravalha e capim, em que se pode verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$).

TABELA 3 - Valores médios da umidade relativa do ar (UR) para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, em função da hora do dia

UR (%)			
Hora	Casca de arroz	Maravalha	Capim
08	79,96 ^a	79,11 ^a	80,26 ^a
10	72,02 ^a	71,00 ^a	73,51 ^a
12	65,72 ^a	65,03 ^a	65,82 ^a
14	63,29 ^a	62,88 ^a	63,60 ^a
16	64,97 ^a	63,75 ^a	64,39 ^a
18	78,02 ^a	75,43 ^a	78,32 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Os valores médios de UR, observados nos horários mais quentes (12:00 a 16:00), para todos os tratamentos, ficaram situados numa faixa abaixo do valor máximo de 70%, recomendado por Esmay (1982) e Nääs et al. (1985), citados por CORDEIRO (2003). Esses resultados também foram observados por CORDEIRO (2003), na avaliação de sistema de cama, para criação de suínos nas fases de crescimento e terminação.

Aos valores médios de UR, observados durante o período experimental, foram ajustadas as equações de regressão, em função das horas de observação (Tabela 4).

TABELA 4 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R²), referentes à umidade relativa do ar (UR), em função das horas de observação, para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, bem como para o ambiente externo

Tratamento	Equações ajustadas	R ²
Casca de arroz	$\hat{Y} = 172,9780 - 16,3615^{**} \cdot H + 0,6110^{**} \cdot H^2$	0,94
Maravalha	$\hat{Y} = 166,1020 - 15,2650^{**} \cdot H + 0,5638^{**} \cdot H^2$	0,95
Capim	$\hat{Y} = 174,7590 - 16,5043^{**} \cdot H + 0,6131^{**} \cdot H^2$	0,91
Ambiente externo	$\hat{Y} = 173,5700 - 16,2486^{**} \cdot H + 0,5943^{**} \cdot H^2$	0,97

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Na Figura 13, está a representação gráfica das equações de regressão ajustadas, em função da hora do dia, para o ambiente interno e externo.

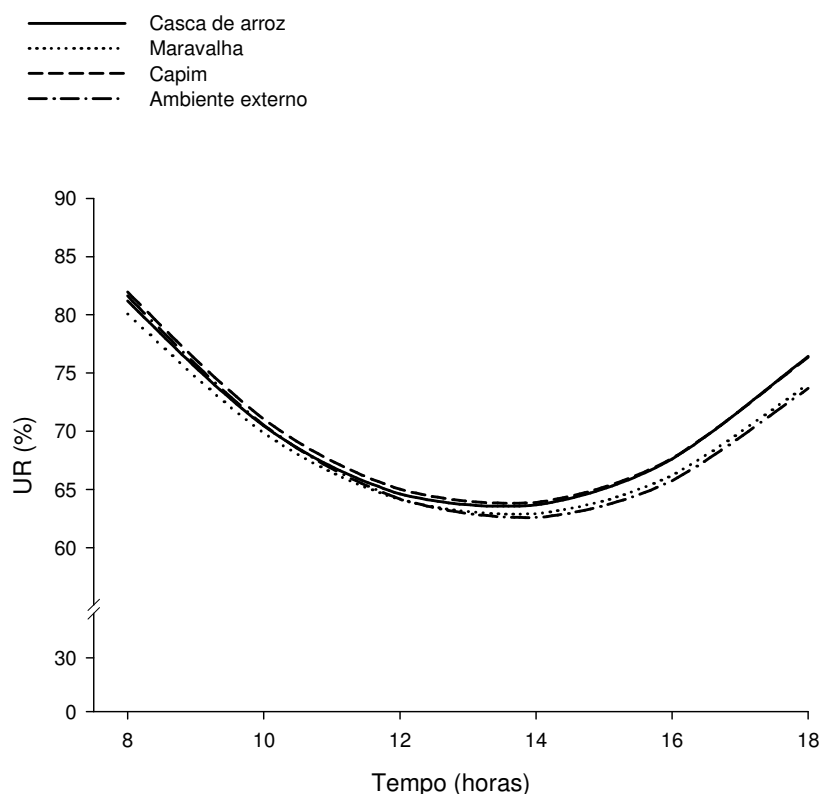


FIGURA 13 - Estimativa da umidade relativa do ar, em função da hora do dia, para os tratamentos, no interior do galpão e no ambiente externo

Observa-se, na Figura 13, que a UR, tanto no interior do galpão, para todos os tratamentos, como no ambiente externo, é mais elevada no início da manhã e no final da tarde, diminuindo substancialmente no período de maior temperatura do ar (12:00 as 16:00 h). Essa característica favorece a dissipação de calor corporal pelos animais, na forma de calor latente.

Observa-se ainda, na Figura 13, que os valores de umidade relativa do ar, no interior do galpão, obtidos em todos os tratamentos, foram semelhantes aos valores do ambiente externo e, apesar de o calor gerado pela cama ser o principal responsável pela adição de umidade no ar, pela evaporação a partir da cama, conforme KOOSTER (1992), tal semelhança se deve ao fato de que a instalação era igualmente aberta e bem ventilada para os três tratamentos.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatística entre os tratamentos, verificou-se discreta diferença na variação da UR, no ambiente formado pela maravalha, o que, possivelmente, foi atribuído à melhor capacidade de absorção do teor de água que esse material apresentou em relação ao capim e à casca de arroz, o que proporcionou tendência de menor acréscimo da UR no ambiente formado pela maravalha.

4.1.3 Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

Na Tabela 5, estão apresentados os valores médios observados do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), para as camas de casca de arroz, maravalha e capim, em que se pode verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). A semelhança nos valores de ITGU para os três tratamentos, provavelmente, foi atribuída à disposição das baias, as quais eram igualmente localizadas e ventiladas, resultando em igualdade das variáveis utilizadas como entrada no cálculo do ITGU.

TABELA 5 - Valores médios de Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, em função da hora do dia

ITGU			
Hora	Casca de arroz	Maravalha	Capim
08	69,26 ^a	69,21 ^a	69,64 ^a
10	70,83 ^a	70,72 ^a	70,99 ^a
12	72,90 ^a	72,75 ^a	72,93 ^a
14	73,10 ^a	73,11 ^a	73,18 ^a
16	72,87 ^a	72,98 ^a	72,97 ^a
18	70,29 ^a	70,22 ^a	70,30 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Aos valores médios de ITGU, obtidos no período experimental, foram ajustadas as equações de regressão, em função das horas de observação (Tabela 6).

TABELA 6 - Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), em função das horas de observação, para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, bem como para o ambiente externo

Tratamento	Equações ajustadas	R^2
Casca de arroz	$\hat{Y} = 48,3772 + 3,6405^{**} \cdot H - 0,1337^{**} \cdot H^2$	0,94
Maravalha	$\hat{Y} = 48,1776 + 3,6543^{**} \cdot H - 0,1338^{**} \cdot H^2$	0,93
Capim	$\hat{Y} = 49,7673 + 3,4646^{**} \cdot H - 0,1280^{**} \cdot H^2$	0,92
Ambiente externo	$\hat{Y} = 19,8941 + 9,8676^{**} \cdot H - 0,3955^{**} \cdot H^2$	0,99

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Na Figura 14, está a representação gráfica das equações de regressão ajustadas, em função da hora do dia, para os ambientes interno e externo.

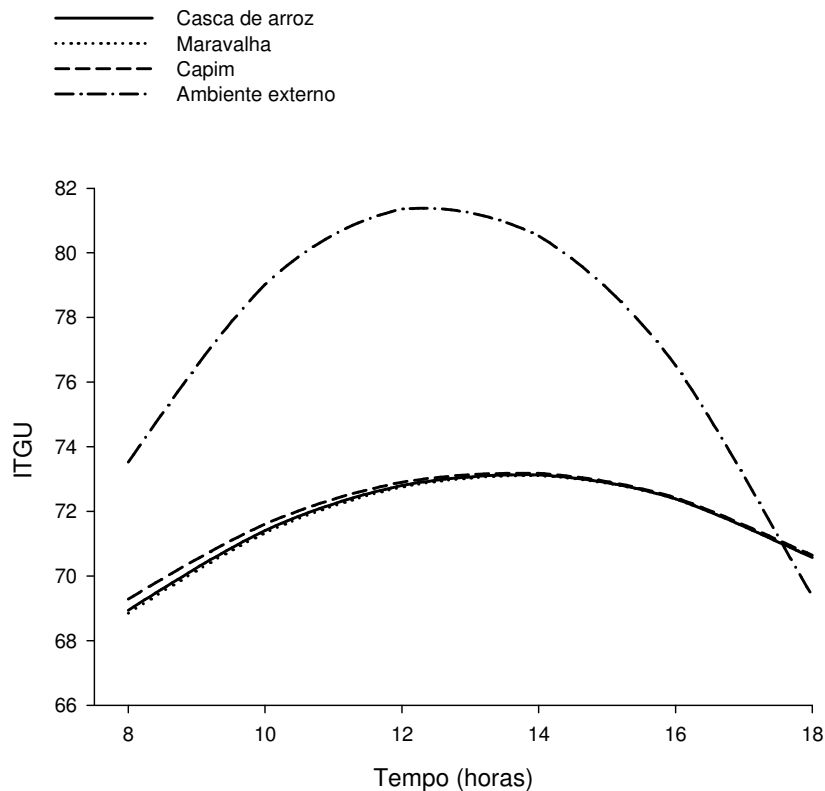


FIGURA 14 - Estimativa do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função da hora do dia, para os tratamentos, no interior do galpão e no ambiente externo

Observa-se na Figura 14, que, embora apresentando comportamento semelhante, o ambiente térmico caracterizado pelo ITGU, para os tratamentos, no interior do galpão, foi diferente do ITGU do ambiente externo, com amplitude considerável. Essa diferença com relação ao ambiente térmico externo ocorre principalmente em virtude da presença de cobertura, que reduz a incidência de radiação e faz diminuir a temperatura e a magnitude das trocas de calor e, em conseqüência, os valores do ITGU. Os valores máximos de ITGU ocorreram no intervalo de 12:00 às 14:00 h, sendo em média de 73 para todos os tratamentos, no interior do galpão e de 81 para o ambiente externo.

4.1.4 Carga térmica radiante (CTR)

Na Tabela 7, estão apresentados os valores médios observados da carga térmica radiante (CTR), para as camas de casca de arroz, maravalha e capim, em que se pode verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$). Tal semelhança possivelmente ocorreu porque a instalação era igualmente aberta e bem ventilada para os três tratamentos e as baias eram localizadas do mesmo lado do galpão, causando igualdade de condições de incidência de radiação, o que resultou em valores semelhantes de CTR para os três tratamentos.

TABELA 7 - Valores médios de Carga Térmica de Radiação (CTR) para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim em função da hora do dia

CTR ($W.m^{-2}$)			
Hora	Casca de arroz	Maravalha	Capim
08	435,48 ^a	438,49 ^a	438,69 ^a
10	444,17 ^a	443,17 ^a	445,85 ^a
12	459,46 ^a	454,88 ^a	455,82 ^a
14	456,78 ^a	458,13 ^a	455,08 ^a
16	453,48 ^a	452,46 ^a	451,77 ^a
18	434,06 ^a	434,31 ^a	420,20 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Aos valores médios de CTR, obtidos no período experimental, foram ajustadas as equações de regressão, em função dos horários de observação (Tabela 8).

TABELA 8 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de Carga Térmica de Radiação (CTR), em função das horas de observação, para os tratamentos: cama de casca de arroz, cama de maravalha e cama de capim, bem como para o ambiente externo

Tratamento	Equações ajustadas	R^2
Casca de arroz	$\hat{Y} = 292,9120 + 25,2063^{**} \cdot H - 0,9595^{**} \cdot H^2$	0,92
Maravalha	$\hat{Y} = 315,9940 + 21,4662^{**} \cdot H - 0,8199^{**} \cdot H^2$	0,87
Capim	$\hat{Y} = 285,2140 + 27,5712^{**} \cdot H - 1,1018^{**} \cdot H^2$	0,88
Ambiente externo	$\hat{Y} = -219,2750 + 144,0690^{**} \cdot H - 6,0429^{**} \cdot H^2$	0,98

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Na Figura 15, está a representação gráfica das equações de regressão ajustadas, em função da hora do dia, para o ambiente interno e externo.

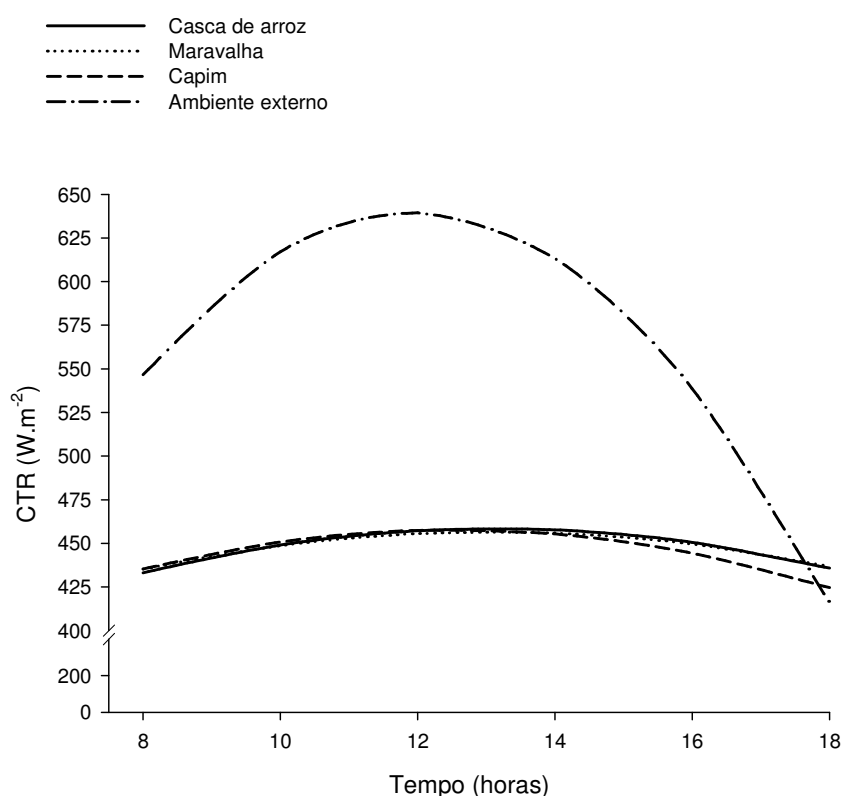


FIGURA 15 - Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em função da hora do dia, para os tratamentos, no interior do galpão e no ambiente externo

Observa-se que, como tendência geral, os maiores valores de CTR ocorreram no intervalo de 12:00 às 14:00 h, para o ambiente interno. A CTR para o ambiente externo apresentou comportamento semelhante, porém com amplitude maior. Os valores máximos de CTR foram em média de 657 W.m^{-2} no ambiente externo e 456 W.m^{-2} no interior do galpão. A significativa redução da amplitude no interior do galpão foi atribuída à cobertura, que permitiu redução na ordem de 30,59% na carga térmica de radiação. Para VAQUERO (1981), CAMPOS (1986), SILVA (1990), TINÔCO (1995) e TINÔCO (1996), essa redução pode ainda ser maior, mediante modificações simples da cobertura, tais como: pintura em branco do lado externo da cobertura, aspersão de água sobre a mesma, uso de forro, emprego de telhas de barro, entre outros. A diferença existente entre o ambiente interno e o externo, para o valor de CTR, mostra que ambientes protegidos por cobertura favorecem o conforto térmico do animal.

4.2 Avaliação do desempenho animal

4.2.1 Produção de leite

As médias diárias da produção de leite, em $\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, estão apresentadas na Tabela 9, em que se pode verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$). A produção média diária durante todo o período experimental foi de aproximadamente $2,15 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, em todos os tratamentos. Esse resultado também está de acordo com os obtidos por Brasil *et al* (2000), ao avaliar a produção de leite em cabras Alpinas, sob condições termoneutras.

TABELA 9 – Valores médios da produção de leite para cada tratamento

Dias	Produção de Leite (kg.animal ⁻¹ .dia ⁻¹)		
	Casca de arroz	Maravalha	Capim
7	2,19 ^a	2,32 ^a	2,23 ^a
14	2,05 ^a	2,22 ^a	2,13 ^a
21	1,99 ^a	2,36 ^a	2,17 ^a
28	2,30 ^a	2,53 ^a	2,25 ^a
35	2,11 ^a	2,27 ^a	2,04 ^a
42	2,19 ^a	2,34 ^a	2,17 ^a
49	2,06 ^a	1,96 ^a	1,91 ^a
56	2,05 ^a	2,09 ^a	1,99 ^a
63	1,66 ^a	2,16 ^a	1,85 ^a
70	1,76 ^a	1,98 ^a	1,98 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

De acordo com os índices zootécnicos de referência, apresentados por RIBEIRO (1998), a produção de leite deve corresponder a 12 vezes o peso do animal, o que, para uma cabra com 60 kg, corresponde a 720 kg de leite durante um período de 10 meses de lactação, ou seja, 2,4 kg.dia⁻¹.

LEMOS NETO e ALMEIDA (1993) observaram, no Estado de São Paulo, rebanhos confinados, com predominância de animais das raças Saanen e Alpina, com média diária de 1,2 kg de leite por cabra em lactação.

BRESSLAU *et al* (1997) caracterizaram os sistemas de produção de leite de cabra de 12 fornecedores da Queijaria Escola de Nova Friburgo – RJ, onde 83% adotaram o sistema de confinamento, com predomínio das raças Saanen e Alpina, obtendo uma média diária de 2,0 kg de leite por cabra em lactação.

Conforme apresentado, a produção média das cabras, no presente estudo, esteve dentro das médias de produção de leite de raças especializadas.

4.2.2 Variação de peso

Na Tabela 10, estão apresentadas as médias diárias de variação de peso, para cada tratamento, onde se verifica que os animais mantidos na cama de capim obtiveram o maior ganho de peso, diferindo significativamente daqueles mantidos na cama de maravalha, onde houve o menor ganho de peso. Apesar da diferença na variação de peso entre os tratamentos, pode-se observar que não houve perda de peso em nenhum dos tratamentos. Tal fato pode indicar condição de conforto dos animais, uma vez que, sob estresse térmico, os animais perdem peso devido à redução no consumo de alimento.

TABELA 10 – Valores médios da variação de peso para cada tratamento

Tratamento	Variação de Peso (kg.dia ⁻¹)
Casca de arroz	0,073 ^{ab}
Maravalha	0,047 ^b
Capim	0,092 ^a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

4.3 Respostas fisiológicas

4.3.1 Freqüência respiratória

Na Tabela 11, estão apresentados os valores médios da freqüência respiratória obtidos para cada tratamento, no período da manhã e da tarde. Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos nem entre horários de observação.

A freqüência respiratória é um mecanismo de termorregulação na dissipação de calor corporal. Segundo Mcdowell (1975), citado por TAVARES (1989), a freqüência respiratória constitui o primeiro sintoma visível de reação animal ao estresse térmico.

A temperatura do ar, nos horários de 9 e 15 horas, era de 21 e 24°C, respectivamente, indicando que as cabras se encontravam em condições termoneutras.

BIANCA e KUNZ (1978) encontraram, para cabras leiteiras, um valor de 261 movimentos respiratórios por minuto, quando as condições ambientais variaram, por um período de quatro horas, de 20 para 40°C. Da mesma forma, BRASIL *et al* (2000) observaram que a frequência respiratória de cabras Alpinas, sob estresse (33,84°C), variou de 80 mov/min no período da manhã, para 174 mov/min no período da tarde.

TABELA 11 – Valores médios da frequência respiratória (FR), em movimentos/minuto, para cada tratamento, em dois horários

Tratamento	FR (mov/min)	
	9 horas	15 horas
Casca de arroz	36 ^{Aa}	52 ^{Aa}
Maravalha	35 ^{Aa}	50 ^{Aa}
Capim	38 ^{Aa}	54 ^{Aa}

Médias seguidas de mesmas letras, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.3.2 Temperatura retal

Na Tabela 12, estão apresentados os valores médios da temperatura retal, obtidos para cada tratamento, no período da manhã e da tarde. Observa-se que não houve diferença significativa, entre os tratamentos, em nenhum dos horários de observação. No entanto, entre os horários de leitura da temperatura retal, a diferença foi significativa, em nível de 5% de probabilidade, para cada tratamento.

De acordo com Hafez (1968), citado por TAVARES (1989), as cabras mantêm a temperatura retal numa média diária de 39°C, com uma variação de 37,5 a 40,5°C. Os valores de temperatura retal encontrados neste estudo estão dentro da média citada.

TABELA 12 – Valores médios da temperatura retal (TR), para cada tratamento, em dois horários de observação

Tratamento	TR (°C)	
	9 horas	15 horas
Casca de arroz	38,76 ^{Ab}	39,20 ^{Aa}
Maravalha	38,75 ^{Ab}	39,14 ^{Aa}
Capim	38,73 ^{Ab}	39,26 ^{Aa}

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

4.4 Comportamento

Na Tabela 13, estão apresentadas as médias diárias, em porcentagem, do total das cabras, exibindo os padrões de comportamento definidos em função das horas de observação, para cada tratamento, onde se pode verificar que não houve diferença significativa entre as camas, para todos os padrões observados.

Com base nas observações de comportamento, pode-se verificar que as cabras permaneceram comendo ou deitadas na maior parte do tempo. Nos intervalos de maior ITGU, 12:00 às 14:00 h, as cabras se mantinham deitadas, em ócio, preferindo o ambiente interno, sobre as camas, ao o solário. Este era mais procurado ao final da tarde. Às 14:00 h, ainda horário de maior temperatura efetiva, a maioria das cabras, em todos os tratamentos, estava de pé, comendo. Foi observada também que a frequência das cabras ao bebedouro era pequena.

Nos horários mais quentes do dia, menos de 2% das cabras estariam ingerindo água. Tais fatos são mais um indicativo de que as condições do ambiente não proporcionaram desconforto térmico aos animais.

TABELA 13 – Valores médios diários, em porcentagem, do total das cabras, exibindo os padrões de comportamento definidos em função da hora do dia para cada tratamento: Casca de arroz (T1), Maravalha (T2) e Capim (T3)

Hora	Padrões de Comportamento (%)																							
	Solário			Comendo			Pé ócio			Bebendo			Pé ruminando			Saleiro			Deit. ruminando			Deit. ócio		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
8	8 ^a	5 ^a	6 ^a	47 ^a	42 ^a	50 ^a	15 ^a	20 ^a	15 ^a	6 ^a	5 ^a	4 ^a	0 ^a	0 ^a	1 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	3 ^a	3 ^a	2 ^a	19 ^a	25 ^a	21 ^a
10	8 ^a	8 ^a	10 ^a	28 ^a	27 ^a	33 ^a	18 ^a	13 ^a	16 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	0 ^a	1 ^a	6 ^a	8 ^a	5 ^a	35 ^a	39 ^a	31 ^a
12	8 ^a	7 ^a	10 ^a	15 ^a	18 ^a	15 ^a	10 ^a	12 ^a	12 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	4 ^a	3 ^a	1 ^a	1 ^a	0 ^a	17 ^a	16 ^a	18 ^a	48 ^a	40 ^a	40 ^a
14	13 ^a	14 ^a	14 ^a	32 ^a	33 ^a	35 ^a	25 ^a	22 ^a	22 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	9 ^a	10 ^a	7 ^a	13 ^a	13 ^a	12 ^a
16	17 ^a	16 ^a	19 ^a	56 ^a	57 ^a	46 ^a	13 ^a	16 ^a	21 ^a	3 ^a	3 ^a	2 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	0 ^a	0 ^a	2 ^a	2 ^a	1 ^a	7 ^a	5 ^a	8 ^a
18	18 ^a	19 ^a	18 ^a	36 ^a	42 ^a	39 ^a	22 ^a	17 ^a	19 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	1 ^a	1 ^a	3 ^a	1 ^a	0 ^a	1 ^a	1 ^a	3 ^a	1 ^a	16 ^a	13 ^a	14 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.5 Variação das características dos materiais de cama

A caracterização do dejetos de cabras, assim como a dos materiais utilizados como cama estão apresentados na Tabela 14, na qual estão relacionadas as características iniciais, as finais e o percentual de aumento ou redução de cada elemento analisado.

TABELA 14- Características iniciais, finais e índice de variação dos parâmetros analisados, na matéria seca, dos materiais utilizados na formação das camas

Parâmetro	Casca de arroz	Maravalha	Capim	Dejetos de cabra
pH _i	6,63	5,22	6,47	8,02
pH _f	9,55	9,31	9,65	-
V (%)	44,04	78,35	49,15	-
U _i (%)	10,87	18,45	57,83	69,51
U _f (%)	60,32	68,35	64,70	-
V (%)	454,92	270,46	11,88	-
Mo _i (dag.kg ⁻¹)	65,74	92,73	93,73	84,06
Mo _f (dag.kg ⁻¹)	66,61	84,23	76,15	-
V (%)	1,32	-9,16	-18,76	-
C _i (dag.kg ⁻¹)	36,52	51,52	52,07	46,7
C _f (dag.kg ⁻¹)	37,00	46,80	42,30	-
V (%)	1,31	-9,16	-18,76	-
N _i (dag.kg ⁻¹)	0,41	0,185	0,63	2,9
N _f (dag.kg ⁻¹)	1,22	1,69	1,55	-
V (%)	197,56	813,51	146,03	-
C/N _i	89	278	83	16
C/N _f	30	28	27	-
V (%)	-66,29	-90,00	-67,47	-
K _i (dag.kg ⁻¹)	0,18	0,08	0,40	0,41
K _f (dag.kg ⁻¹)	1,60	1,80	2,27	-
V (%)	788,88	2150,00	475,0	-

P _i (dag.kg ⁻¹)	0,019	0,004	0,018	1,45
P _f (dag.kg ⁻¹)	0,57	0,71	0,57	-
V (%)	2900,00	17650,00	3066,66	-
Ca _i (dag.kg ⁻¹)	0,04	0,07	0,27	3,74
Ca _f (dag.kg ⁻¹)	1,33	1,73	1,39	-
V (%)	3225,00	2371,42	414,81	-
Mg _i (dag.kg ⁻¹)	0,02	0,02	0,15	0,38
Mg _f (dag.kg ⁻¹)	0,25	0,31	0,38	-
V (%)	1150,00	1450,00	153,33	-
Na _i (dag.kg ⁻¹)	0,0075	0,0125	0,0225	0,155
Na _f (dag.kg ⁻¹)	0,95	1,1	1,3	-
V (%)	12566,66	8700,00	5677,77	-
Cu _i (mg.kg ⁻¹)	0,0	0,0	1,50	76,75
Cu _f (mg.kg ⁻¹)	27,0	33,75	28,5	-
V (%)	-	-	1800,00	-
Mn _i (mg.kg ⁻¹)	148,5	52,5	145,0	141,25
Mn _f (mg.kg ⁻¹)	221,0	154,5	164,25	-
V (%)	48,82	194,28	13,27	-
Zn _i (mg.kg ⁻¹)	4,25	1,75	26,25	348,25
Zn _f (mg.kg ⁻¹)	136,0	160,0	154,5	-
V (%)	3100,0	9042,85	488,57	-

pH- potencial hidrogênico; U- umidade; Mo- matéria orgânica; C- carbono; N- nitrogênio; C/N- relação carbono/nitrogênio; K- potássio; P- fósforo, Ca- cálcio; Mg- magnésio; Na- sódio, Cu- cobre; Mn- manganês; Fe- ferro; Zn- zinco.

De acordo com o que está apresentado na Tabela 14, pode-se verificar que o material final de cada cama teve suas características alteradas pelo acréscimo de dejetos, ou seja, a cama funciona como um acumulador de nutrientes.

Após 90 dias de degradação bioquímica, as concentrações finais de Cu e Zn foram respectivamente, 27 e 136 mg.kg⁻¹ para a cama de casca de arroz; 33,75 e 160 mg.kg⁻¹ para a cama de maravalha; 28,5 e 154,5 mg.kg⁻¹ para a cama de

capim. Considerando que os limites máximos para a concentração desses metais em compostos orgânicos são de 750 mg.kg⁻¹ para o cobre e de 1.400 mg.kg⁻¹ para o zinco (WA DOE Interim Guidelines for Compost Quality, citado por BEAVER, 1994), pode-se concluir que as concentrações desses metais situam-se dentro de padrões bastante seguros para a utilização daqueles compostos orgânicos na agricultura.

De acordo com o Ministério da Agricultura, os limites máximos para a concentração de cobre e zinco em biossólidos para uso agrícola são, respectivamente, 4300 mg.kg⁻¹ e 7500 mg.kg⁻¹ (MATOS, 2004). A concentração desses metais nos materiais em estudo permaneceu bem abaixo dos limites máximos estabelecidos.

Os valores de carbono e matéria orgânica total e também da relação carbono/nitrogênio diminuíram durante o período experimental considerado. Isso se deve ao fato de o carbono, que é constituinte importante da matéria orgânica do material, ter sido consumido ao longo do tempo e à relação carbono/nitrogênio diminuir com o nível de degradação dos materiais.

A casca de arroz se mostrou um material de mais difícil degradação, uma vez que o conteúdo do carbono orgânico final foi ligeiramente maior que o inicial.

4.6 Temperatura

Na Tabela 15, estão apresentadas às médias de temperatura das camas.

TABELA 15 – Médias da temperatura interna da massa orgânica e da temperatura de superfície das camas (°C)

Material (camas)	Temperatura Interna	Temperatura de superfície
Casca de arroz	29,57 ^b	24,68 ^a
Maravalha	32,24 ^a	25,73 ^a
Capim	33,42 ^a	25,52 ^a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05)

Verifica-se, na Tabela 15, que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as camas de capim e maravalha, as quais apresentaram os maiores valores médios de temperatura interna entre as três camas. A temperatura da cama composta por casca de arroz foi ligeiramente menor que a de maravalha e capim, indicando menor atividade dos microrganismos naquela cama. Tal fato pode ser atribuído às características próprias da casca de arroz: material menos higroscópico, conteúdo maior de sólidos fixos, o que dificulta a ação dos microrganismos, resultando em menor temperatura.

Durante o período experimental, não houve o desenvolvimento de temperaturas termofílicas ($45-65^{\circ}\text{C}$) no processo de degradação dos materiais (Figura 16). Tal fato pode ser atribuído à falta de melhores condições para a degradação da massa, como, por exemplo, aeração do substrato por meio de reviramentos. As camas não tiveram esse tipo de manejo. A queda de temperatura durante o processo de degradação bioquímica pode ser indicativo de falta de oxigenação na massa orgânica, uma vez que, de acordo com KIEHL (1985), a aeração tem por finalidade suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica e atua como agente de controle da temperatura.

A temperatura de superfície das camas esteve próxima à ambiente, a qual foi de $23,1^{\circ}\text{C}$, na média geral. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as três camas (Tabela 15).

Verifica-se, na Figura 16, que os maiores valores de temperatura foram observados no início do processo de degradação bioquímica, fase na qual a concentração de carbono e nitrogênio poderia estar em quantidades satisfatórias para potencializar a decomposição. Exauridas as fontes de carbono mais imediatas, a temperatura no interior das camas decresceu.

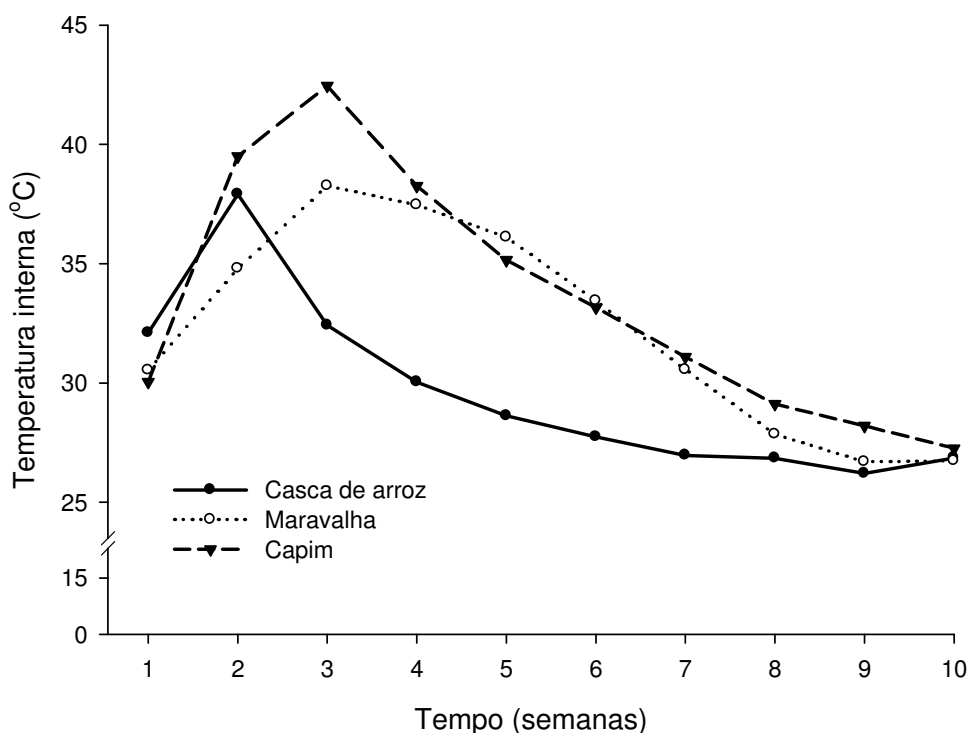


FIGURA 16 - Variação da temperatura interna de cada material utilizado como cama

4.7 Umidade e pH

A umidade é essencial à atividade microbológica e, de acordo com KIEHL (1985), a matéria orgânica a ser compostada deve ter uma umidade ótima em torno de 50 dag.kg^{-1} , sendo de 60 e 40 dag.kg^{-1} os limites máximo e mínimo desejáveis, respectivamente.

No experimento em questão, o teor de água apresentou valores entre $41,95 \text{ dag.kg}^{-1}$ na cama de casca de arroz, e 68 dag.kg^{-1} nas camas de maravalha e capim (ver Quadro 8A, do apêndice). Entre os materiais estudados, as camas de maravalha e capim apresentaram os maiores valores de umidade em média geral, as quais não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$), conforme pode ser observado na Tabela 16. O teor de água na cama de casca de arroz manteve-se dentro do limite considerado propício à compostagem ($40\text{-}60 \text{ dag.kg}^{-1}$) e foi estaticamente menor ($p < 0,05$) do que as de maravalha e de capim. Tal fato pode

ser atribuído à menor higroscopicidade da casca de arroz, o que permite a infiltração da porção líquida dos dejetos no solo, podendo, inclusive, causar poluição desse e do lençol subterrâneo. Dessa forma, recomenda-se, então, que seja feita uma boa compactação no solo antes da utilização desse material.

TABELA 16 – Valores médios de teor de água e pH nos materiais utilizados como cama

Material (camas)	Teor de água (dag.kg ⁻¹)	pH
Casca de arroz	51,76 ^b	9,05 ^{ab}
Maravalha	61,82 ^a	8,68 ^a
Capim	61,84 ^a	9,23 ^b

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05)

Baixos teores de água (<40 dag.kg⁻¹) inibem a atividade microbológica, o que faz diminuir a taxa de estabilização do material, já teores acima de 65 dag.kg⁻¹ podem causar anaerobiose ao sistema, conforme PEREIRA NETO (1992). Para MERKEL (1981), o teor de água acima de 60 dag.kg⁻¹ contribui para a compactação do material, devido ao reduzido suprimento de ar.

O manejo adotado para controlar a elevação da umidade, uma vez que não foi feito reviramento das camas, foi o de sobreposição das mesmas com novo material seco, com o objetivo de absorver o excesso de umidade.

Conforme pode-se observar na Figura 17, a tendência natural é o aumento do teor de água ao longo do tempo, uma vez que, dia a dia, os dejetos são acrescentados ao sistema.

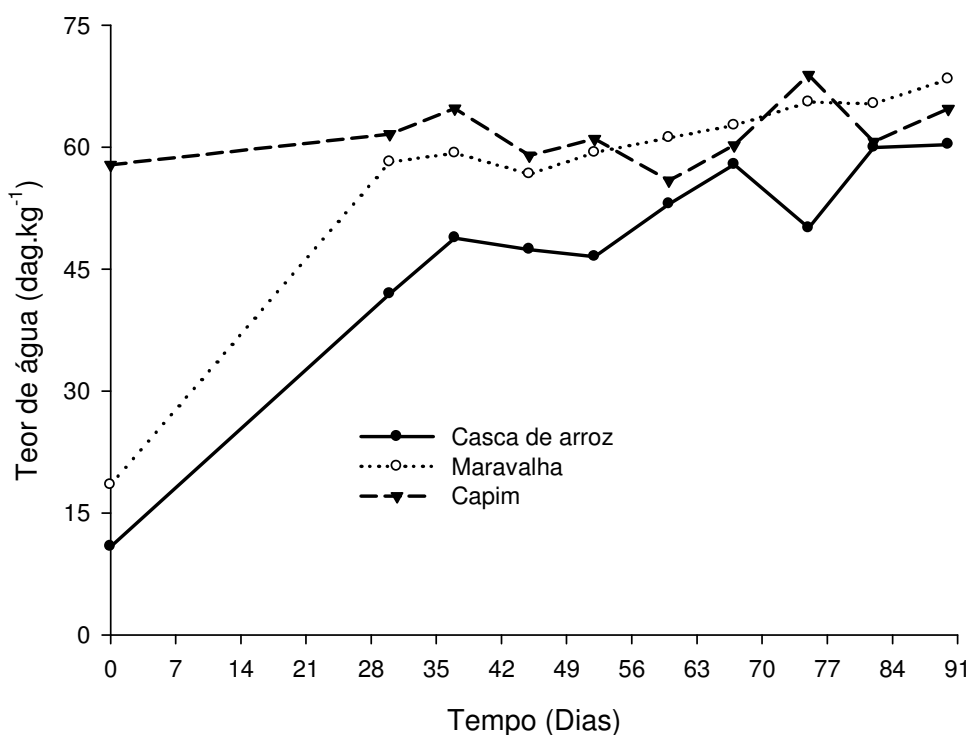


FIGURA 17 - Variação do teor de água em cada material utilizado como cama

Realizando-se determinações periódicas de pH durante a compostagem, pode-se saber como está se desenvolvendo a decomposição. De acordo com KIEHL (1985), a matéria orgânica crua, de origem vegetal ou animal, é naturalmente ácida. A degradação aeróbia provoca a elevação do pH, que vai crescendo com o tempo de compostagem.

Na média geral, todas as camas analisadas apresentaram pH na faixa alcalina. De acordo com KIEHL (1985), quando o pH alcança valores acima de 9,0, o nitrogênio pode se perder na forma de amônia, se o meio for mantido em condição de baixa umidade (<40 dag.kg⁻¹) e temperaturas elevadas (>70°C).

A faixa de pH encontrada ao final do experimento atende às exigências da legislação brasileira para fertilizantes orgânicos, na qual o valor mínimo de pH para o composto orgânico é 6,0.

4.8 Matéria orgânica e carbono orgânico total

A matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo. Solos com altos teores de matéria orgânica apresentam, em geral, alta CTC (Capacidade de Troca Catiônica), melhor estruturação, com a agregação das partículas e grande capacidade de retenção da umidade. (VAN RAIJ, 1981 e KIEHL, 1985).

Na Tabela 17, estão apresentadas as médias de matéria orgânica e carbono orgânico total.

TABELA 17- Valores médios de matéria orgânica e carbono orgânico total, em dag.kg^{-1} , nos materiais utilizados como cama, em relação à matéria seca

Material (camas)	Matéria orgânica total	Carbono orgânico total
Casca de arroz	68,72 ^b	38,18 ^b
Maravalha	84,31 ^a	46,84 ^a
Capim	76,05 ^{ab}	42,30 ^{ab}

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em média geral, a cama de capim não apresentou diferença estatística das camas de maravalha e de casca arroz, no que se refere às concentrações de carbono orgânico. A cama de casca de arroz apresentou o menor valor médio geral, no conteúdo de carbono orgânico total, no entanto o conteúdo inicial do mesmo também era menor. A cama de casca de arroz se mostrou um material mais resistente à decomposição microbiológica, uma vez que o conteúdo final do carbono orgânico foi ligeiramente maior que o inicial (Tabela 14). Tal fato pode ser atribuído à menor capacidade de absorção de água que esse material apresentou em relação à maravalha e ao capim, ou ainda ao maior valor de sólidos fixos contidos na palha de arroz em relação aos outros materiais, (Quadro 14 A, apêndice).

O comportamento natural do carbono orgânico total é de decrescer continuamente, se em condições controladas de compostagem.

Observa-se, na Figura 18, que, inicialmente, o conteúdo de carbono orgânico foi decrescendo e, com a reposição dos materiais, a tendência da concentração foi de aumentar e, com isso, atrasar a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos, já que o aumento da relação C/N leva ao aumento no tempo de decomposição. Com o acréscimo de dejetos nas camas, alcançou-se proporção satisfatória de carbono e nitrogênio e, corrigido o equilíbrio nutricional, a flora microbiológica voltou a se desenvolver e proporcionou maior eficiência ao processo. Dessa forma, o conteúdo do carbono decresceu novamente.

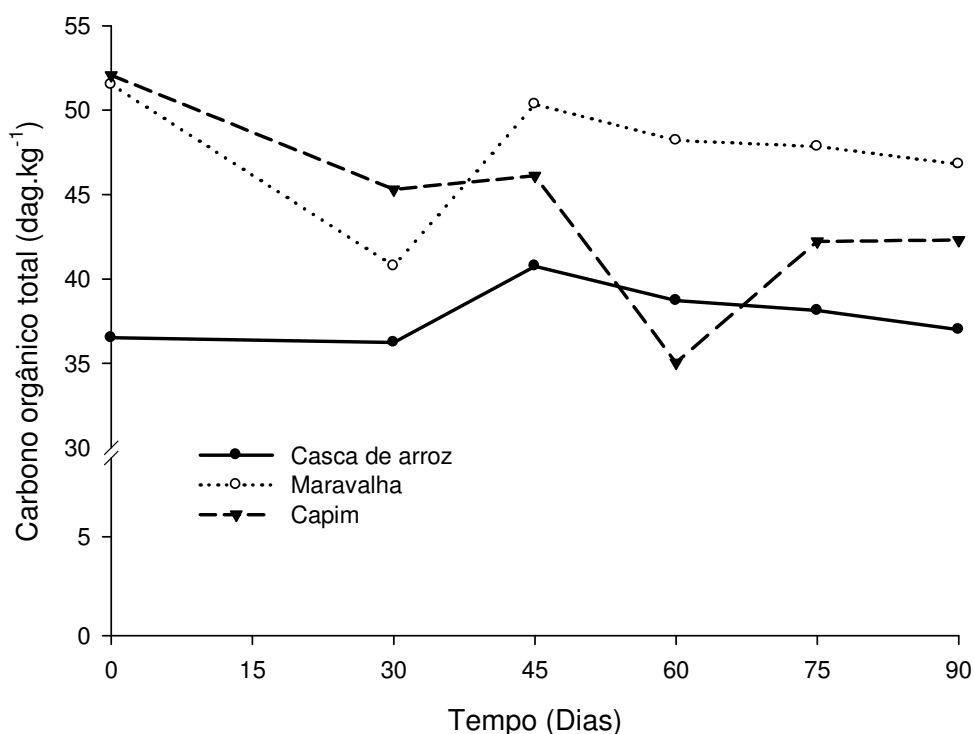


FIGURA 18 - Variação da concentração de carbono orgânico em cada material utilizado como cama

De acordo com MATOS, (2001), as alterações da matéria orgânica dependem de fatores que vão controlar a atividade microbiológica. Se algum fator for limitante, haverá acúmulo de matéria orgânica. Na ausência de boas condições de aeração, a alteração dos resíduos é lenta, caracterizando pequena atividade

microbiológica. Em meio essencialmente aeróbio, essas alterações podem ser mais rápidas.

4.9 Nitrogênio total

O nitrogênio, assim como o carbono, é considerado essencial ao desenvolvimento microbiológico, pois é utilizado na síntese de proteína.

Durante o experimento, após 30 dias da montagem da cama, o nitrogênio apresentou valor mínimo de 1,2 dag.kg⁻¹, na cama de casca de arroz, e máximo de 2,1 dag.kg⁻¹, na cama de capim (Quadro 12 A, apêndice).

TABELA 18 - Concentração média de Nitrogênio Total, em dag.kg⁻¹, nos materiais utilizados como cama, em relação à matéria seca

Material (camas)	Nitrogênio Total
Casca de arroz	1,28 ^b
Maravalha	1,56 ^{ab}
Capim	1,72 ^a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05)

A cama de capim obteve a maior concentração de nitrogênio total, diferindo-se estatisticamente da cama de arroz, que apresentou a menor concentração de nitrogênio durante o processo de compostagem (Tabela 18).

A tendência natural é o aumento da concentração de nitrogênio ao longo do experimento, à medida que, diariamente, mais dejetos vão sendo acrescentados ao sistema. No entanto, parte do nitrogênio pode ser perdida por volatilização na desnitrificação, em sítios anaeróbios, conforme representado na Figura 19.

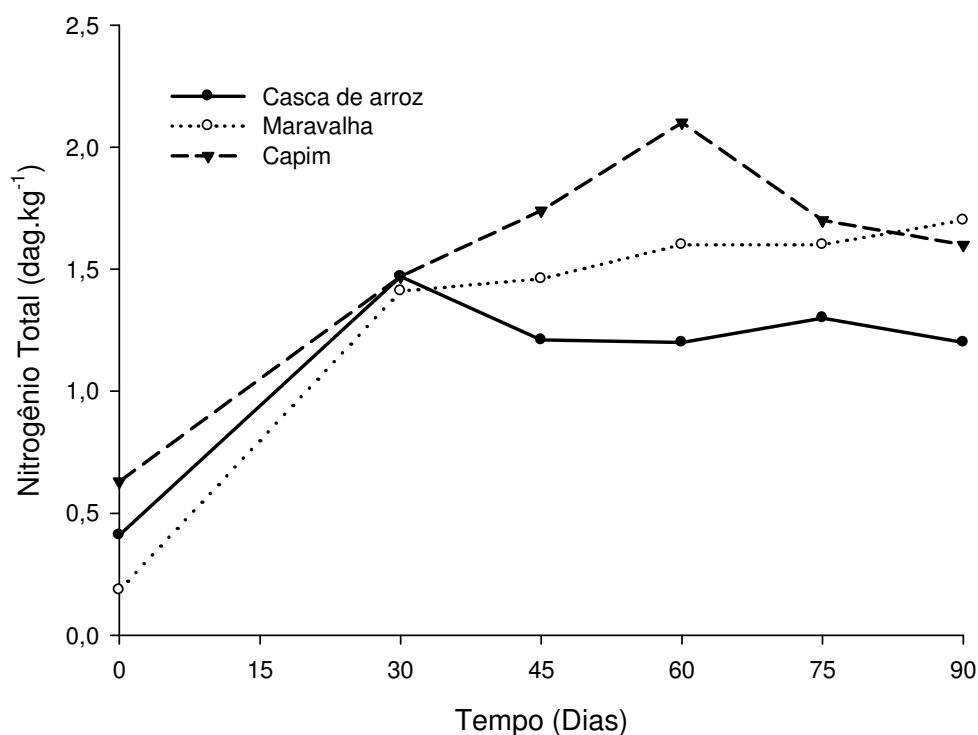


FIGURA 19 - Variação da concentração de nitrogênio total em cada material utilizado como cama

4.10 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

Durante o período em estudo, 30 dias após a montagem das camas, a relação carbono/nitrogênio apresentou valor máximo de 34,49, na cama de maravalha e mínimo de 16,61, na cama de capim (Quadro 13 A, Apêndice).

Verifica-se, na Tabela 19, que, em média geral, não houve diferença significativa na relação C/N entre as camas ($p > 0,05$). O menor valor da relação C/N apresentado na cama de capim pode ser atribuído à grande capacidade de absorção do teor de água que esse material apresentou, indicando maior atividade microbológica nesse meio, uma vez que a umidade é essencial à atuação da flora microbológica.

TABELA 19 - Valores médios da relação carbono/nitrogênio nos materiais utilizados como cama, ao final do período de três meses de experimentação

Material (camas)	Relação Carbono/Nitrogênio
Casca de arroz	29,93 ^a
Maravalha	30,14 ^a
Capim	25,15 ^a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Os valores médios apresentados na Tabela 19 indicam que os materiais ainda não estão estabilizados, ou seja, o processo de degradação bioquímica deverá continuar até que a proporção de carbono/nitrogênio diminua. De acordo com MERKEL (1981), o composto é considerado estável ou maturado quando a relação C/N se estabelece entre valores de 12 e 20.

A tendência natural da relação carbono/nitrogênio é de decrescer ao longo do tempo, uma vez que parte do carbono é despreendida na forma do gás CO₂. Essa relação, na caracterização inicial dos materiais, era de 89, 278 e 83, para a casca de arroz, a maravalha e o capim, respectivamente (Tabela 14). Um mês após a montagem das camas essa proporção já se encontrava próxima a 30:1 tal como mostrado na Figura 20. O comportamento irregular da relação carbono/nitrogênio se deve à sobreposição das camas (reposição de material palhoso no sistema).

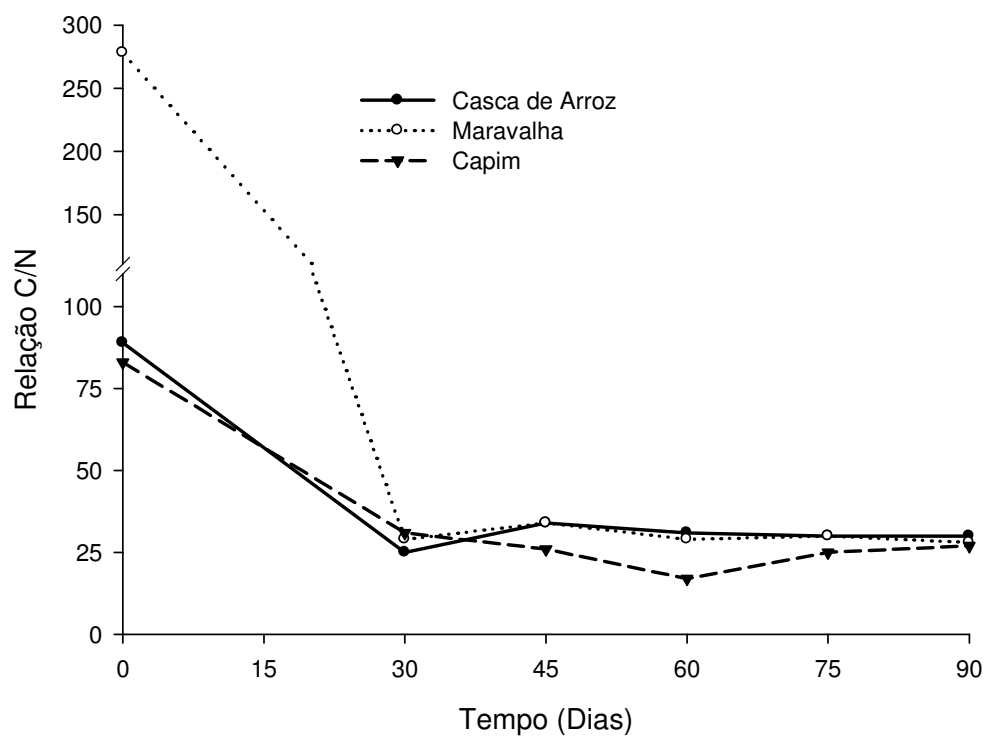


FIGURA 20 - Variação da relação carbono/nitrogênio de cada material utilizado como cama

5. CONCLUSÕES

Considerando-se a forma de condução do presente trabalho e os resultados encontrados, conclui-se que:

- 1) O conforto térmico das cabras, nos três tratamentos: cama de casca de arroz, de maravalha e de capim, avaliado com base nos resultados de Tar, UR, ITGU e CTR foi considerado satisfatório, ou seja, os materiais não interferiram no conforto térmico dos animais;
- 2) O valor da relação carbono/nitrogênio, ao final do período experimental, não caracterizou ter ocorrido finalização do processo de degradação bioquímica dos materiais de cama. Porém, ao final do período experimental, esse valor foi equivalente para os três tratamentos e, apesar de a casca de arroz ser um material mais resistente à decomposição microbológica, quando comparada ao capim e à maravalha, pode-se considerar o mesmo tempo de permanência desses materiais, como cama, no capril;
- 3) A cama acumulou nutrientes contidos nos dejetos, conferindo aos materiais características como fertilizantes agrícolas;
- 4) Os materiais maravalha e capim proporcionaram bom desempenho no que se refere à absorção dos dejetos, por outro lado, a casca de arroz se mostrou menos eficiente nesse quesito;
- 5) Os resultados de desempenho animal, de respostas fisiológicas e comportamentais comprovaram a viabilidade técnica da utilização do sistema de camas sobrepostas para criação de cabras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAZ, G. A. A **Caprinotecnia 1**. México: Limusa, 1984. 829p.

ANUALPEC, ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA, 2004, Fnp – Consultoria e Comércio. Ed. Argos Comunicação. São Paulo, 2004.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BEAVER, T. **Pilot study of coal ash compost**. Compost Science & Utilization, v. 2, n.3, p.18-21. 1994.

BIANCA, W. & KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and altitude. Liv. Production Sci., 5, p. 57-69, 1978.

BOND, T.E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 36, n. 4, p. 251-255, 1955.

BORGES, C.H.P; e BRESSLAU,S. Planejamento de custos na construção do capril. In Encontro Nacional para o Desenvolvimento da Espécie Caprina, VII ENDEC, Santos, SP, 2002.

BORGES, C. H. P. Planejamento de instalações para caprinos leiteiros. In: SEMANA ACADÊMICA DA FMVZ – USP, 11, Pirassununga, 2001, **Anais...** Pirassununga: FMVZ – USP, 2001.

BRASIL, L.H.A.; WECHESLER, S.W.; BACCARI, W.J.; GONÇALVES, H.C.; BONASSI, I.A. Efeitos do Estresse Térmico Sobre a Produção, Composição Química do Leite e Respostas Termorreguladoras de Cabras da Raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol 29, nº, 6 Viçosa, Nov/Dez 2000.

BRESSLAU, S.; FONSECA, M. F. A C.;BORGES, C. H. P. Caracterização dos fornecedores de leite de cabra da Queijaria Escola de Nova Friburgo, RJ. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...**Juiz de Fora: SBZ, 1997, p. 322-324.

BUFFINGTON, C. S., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D., THATCHER, W.W., COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v. 24, n. 3, 1981. p. 711-714.

CAMARGO, A. C. Confinamento em "free stall". In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 6, Piracicaba, 1989, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1989, p.129-165.

CAMPOS, A. T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa – MG.** Viçosa: UFV, 1986, 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

CHEVILLON, P. O. Bem estar dos suínos durante o pré-abate e o atordoamento. I Conferência Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 2000. Disponível no site www.embrapa.gov.br, (acesso em: 30 Maio 2004).

COLUEKE, C. G. **Principles of composting.** In Biocycle guide to the Art & Science of composting. Emmaus, Pennsylvania, J.G. Press, 1991. 14-37p.

CORDEIRO, M. B. **Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto ao conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 62p. 2003.

CORDEIRO, P. R. C. Opções de mercado do leite de cabras e derivados. <http://www.caprítec.com.br/artigo6.htm>. 6p, 2001 (acesso em 10 de outubro 2001).

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture.** Ames, Iowa States University Press, 1983. 403p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de método de análises de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 212 p.1997.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment.** 2 ed. Westport: AVI Publishing Company, 1969. 325p.

FORTES, R. S. Conforto e saúde animal versus engenharia de construção de confinamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS, Cambeí, 2000. **Anais...** Cambeí: Fundação ABC, 2000.

FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1999. v.65:171-189.

HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA. **Anais...** Jaboticabal: SBBiomet, 1995. p.26-68.

JARDIM, W. R. **Criação de caprinos**. 3ª ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1977. 239p.

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

KOOSTER, C. E.; GREUTINK, G. J. Water evaporatinon in deep litter houses. Proc. Workshop Deep Litter for Pig Farming, Rosmalen. 1992.

LEMONS NETO, M.J., ALMEIDA, J. E. Levantamento da situação da caprinocultura no Estado de São Paulo. **Zootecnia**, v.31, 1993, p. 29-46.

LU, C. D. Heat stress and goat production. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1, Fortaleza, CNPC – EMBRAPA, 1986.

MAGALHÃES, M. A **Parâmetros para projeto e operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 103p. 2002.

MALAVOLTA, E.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. Micronutrientes, uma visão geral. In: **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p. 1-33.

MATOS, A T. Poluição ambiental e seus efeitos, Brasília: ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, 2001. 121p (ABEAS Curso de Uso Racional dos Recursos naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente, Módulo 6).

MATOS, A. T. Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos. Caderno Didático, Viçosa-MG: AEAGRI, n. 37, 2004. 136p.

MATTOS, W. R. S. Confinamento de bovinos leiteiros. In: FARIA, V.P. (coord). Produção de leite: conceitos básicos. Piracicaba: FEALQ, 1988, p. 81-86.

MERKEL, J. A. **Managing livestock wastes**. Connecticut: AVI Publishing, 1981. 419 p.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre, 1982. 158p.

NATIONAL WETHER SERVICE – Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Letter C-31-76. 1976.

NETO, A C. Sistema de produção de leite: Fazenda Paraíso. In SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE LEITE, 4, Caxambu, 1999. **Anais...** São Paulo: Instituto Fernando Costa, 1999, p.93-108.

OLIVEIRA, P. A V. **É possível usar a compostagem no tratamento dos dejetos de suínos**. Disponível em <http://www.cnps.embrapa.br>, 2004. (acesso em agosto de 2004).

OLIVEIRA, P.A.V. Produção de suínos em sistema “deep bedding”: experiência brasileira. In Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, 9, Gramado, RS, 2001 <http://www.suinoculturaindustrial.com.br> (acesso em: 30 Maio 2004).

OLIVEIRA, P.A.V. Produção de suínos em sistema “deep bedding”: experiência brasileira. In Seminário Internacional de Suinocultura, 5, São Paulo, SP. Anais... – Expo Center Norte, SP, 2000. p.89-100.

OLIVEIRA, P.A.V. de **Comparaison des systèmes d'élevage de litière de sciure ou caillebotis integral**. Thèse de Docteur, Université de Rennes I, Ecole National Supérieure de Chimie de France, 183p., 1999.

PEIXOTO, J. O. **Destinação final dos resíduos, nem sempre uma opção econômica**. Engenharia Sanitária, 1: 1988. 15-18p.

PEREIRA, M. F. **Construções rurais**. São Paulo: Nobel, 1986. 330p

PEREIRA NETO, J. T. Compostagem de resíduos urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos. Publicação técnica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa – Portugal, 1992. 23p.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 1989, n.2, p. 104-109.

RIBEIRO, S.D.A, **Caprinocultura: Criação Racional de Caprinos** – São Paulo: Nobel, 1998.

RYNK, R. **On-Farm composting handbook**. Ithaca – NY: North Agricultural Engineering Service, 188p., 1992.

SILVA, M. G. C. M. **Criação de Cabras**. Boletim de Extensão – Universidade Federal de Lavras – Ano VIII – Número 63. Lavras – 2001.

SILVA, I. J. O Influência dos materiais de cobertura no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Rural**. Piracicaba: ESALQ/USP, v. 1, n.2, 1990. 102p.

SMITH, M. C. & SHERMAN, D. M. **Goat medicine**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994. 620p

TAVARES, S. L. S., **Reações fisiológicas e produção de cabras leiteiras, sob quatro temperaturas aparentes, em câmaras climáticas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 60p 1989

TINÔCO, I. F. F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono.** Belo Horizonte: UFMG, 169p, 1996. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal) – Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TINÔCO, I. F. F. Estresse calórico – meios naturais de condicionamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas. **Anais...**Campinas, SP: FACTA. 1995, p.99-108.

TUMELEIRO, I. L. **Avaliação de materiais para o sistema de criação de suínos sobre cama.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFSC. Florianópolis – SC, 83p. 1998.

VAN, R. B. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

VANDERHOLM, D. H. **Handling of manure from different livestock and management systems.** Journal of Animal Science, v.48, n. 1, 1979. 113 – 120p.

VAQUERO, E. G. **Projeto e Construção de alojamento para animais.** 7. Ed. Lisboa: Litexa, 1981. 237p.

ZOLNIER, S. **Psicometria I.** Caderno didático Engenharia na Agricultura. Viçosa, UFV, 1994. 14p.

APÊNDICE

Tabelas dos Resultados do Experimento

QUADRO 1 A – Dados médios horários de temperatura de bulbo seco (TBS) para os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2), cama de capim (T3) no interior do galpão e no ambiente externo durante o período experimental

TBS (°C)				
HORA	Casca de arroz	Maravalha	Capim	Ambiente externo
8	20,50	20,60	20,73	20,80
10	22,44	22,43	22,43	23,19
12	24,28	24,32	24,35	25,19
14	24,82	24,87	24,97	25,71
16	24,72	24,85	24,96	25,52
18	21,85	22,04	21,91	22,59

QUADRO 2 A – Dados médios horários da umidade relativa do ar (UR) para os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2), cama de capim (T3) no interior do galpão e no ambiente externo durante o período experimental

UR (%)				
HORA	Casca de arroz	Maravalha	Capim	Ambiente externo
8	79,96	79,11	80,27	80,84
10	72,02	71,00	73,51	71,48
12	65,72	65,03	65,82	64,88
14	63,29	62,88	63,60	62,44
16	64,97	63,75	64,39	63,91
18	78,02	75,43	78,32	74,72

QUADRO 3 A – Dados médios horários do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2), cama de capim (T3) no interior do galpão e no ambiente externo durante o período experimental

ITGU				
HORA	Casca de arroz	Maravalha	Capim	Ambiente externo
8	69,26	69,21	69,64	73,57
10	70,83	70,72	71,00	78,88
12	72,90	72,76	72,93	81,59
14	73,10	73,11	73,18	80,23
16	72,87	72,98	72,97	76,77
18	70,29	70,23	70,31	69,29

QUADRO 4 A – Dados médios horários da carga térmica radiante (CTR) para os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2), cama de capim (T3) no interior do galpão e no ambiente externo durante o período experimental

CTR ($W \cdot m^{-2}$)				
HORA	Casca de arroz	Maravalha	Capim	Ambiente externo
8	435,48	438,49	438,69	545,20
10	444,18	443,17	445,85	611,39
12	459,46	454,89	455,82	657,14
14	456,78	458,13	455,08	607,64
16	453,48	452,46	451,77	526,39
18	434,06	434,32	420,20	423,45

QUADRO 5 A – Dados médios semanais da temperatura máxima e mínima, em °C, para os tratamentos: cama de casca de arroz (T1), cama de maravalha (T2), cama de capim (T3) no interior do galpão e no ambiente externo durante o período experimental

Semana	Casca de arroz		Maravalha		Capim		Ambiente externo	
	T.máx	T.mín	T.máx	T.mín	T.máx	T.mín	T.máx	T.mín
1	25,17	14,33	26,00	14,00	26,00	14,17	27,67	12,00
2	27,67	19,67	28,00	19,67	28,00	19,67	28,00	19,33
3	26,38	16,75	26,50	16,63	26,75	16,75	27,75	15,75
4	28,83	17,83	29,83	17,67	30,00	17,83	29,83	16,67
5	30,50	17,88	31,13	17,88	31,13	17,88	31,63	17,38
6	26,83	18,00	27,33	17,83	27,67	18,00	27,33	17,00
7	26,75	18,75	27,25	18,88	27,25	18,88	27,50	18,00
8	27,17	16,50	27,83	16,67	27,67	16,33	27,67	15,33
9	25,00	19,00	25,38	18,88	25,13	18,88	25,75	17,75
10	28,25	19,50	28,50	19,50	29,00	19,50	29,50	18,00

QUADRO 6 A – Temperatura média interna dos materiais utilizados como cama

Temperatura (°C)			
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
1	32,10	30,53	30,05
2	37,91	34,80	39,50
3	32,43	38,26	42,45
4	30,04	37,46	38,26
5	28,62	36,10	35,15
6	27,74	33,44	33,16
7	26,97	30,55	31,09
8	26,85	27,85	29,12
9	26,21	26,70	28,20
10	26,86	26,73	27,26

QUADRO 7 A – Temperatura média de superfície das camas

Temperatura (°C)			
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
1	23,33	22,30	22,25
2	24,90	23,84	26,41
3	23,65	24,62	25,1
4	25,59	28,54	27,72
5	26,0	29,8	27,9
6	24,75	27,26	26,18
7	23,76	24,8	24,71
8	24,65	23,6	24,56
9	23,13	22,21	23,23
10	25,89	25,04	24,74

QUADRO 8 A – Valores do teor de água dos materiais utilizados como cama

Teor de água (%)			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	10,87*	18,45*	57,83*
30	41,95	58,15	61,58
37	48,82	59,24	64,74
45	47,4	56,67	58,97
52	46,52	59,33	61,0
60	53,0	61,15	55,87
67	57,87	62,67	60,21
75	50,06	65,53	68,87
82	59,96	65,32	60,65
90	60,32	68,35	64,7

* umidade referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 9 A – valores de pH dos materiais utilizados como cama

pH			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	6,63*	5,22*	6,47*
30	8,96	8,26	9,84
37	8,58	8,36	9,26
45	8,96	9,0	9,2
52	8,2	8,3	8,6
60	9,4	8,7	9,0
67	9,23	8,8	8,7
75	9,14	8,58	9,58
82	9,47	8,82	9,21
90	9,55	9,31	9,65

* pH referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 10 A – Valores de Matéria orgânica total, na massa seca, dos materiais utilizados como cama

Matéria orgânica total (dag.kg ⁻¹)			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	65,74 *	92,73 *	93,73 *
30	65,19	73,37	81,55
45	73,37	90,64	83
60	69,7	86,6	63,09
75	68,6	86,13	76,01
90	66,61	84,23	76,15

* Matéria orgânica total referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 11 A – Valores de Carbono orgânico total, na massa seca, dos materiais utilizados como cama

Carbono orgânico total (dag.kg ⁻¹)			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	36,52 *	51,52 *	52,07 *
30	36,25	40,76	45,31
45	40,76	50,35	46,11
60	38,72	48,2	35,05
75	38,13	47,85	42,23
90	37	46,8	42,3

* Carbono orgânico total referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 12 A – Valores de Nitrogênio total, na massa seca, dos materiais utilizados como cama

Nitrogênio total (dag.kg ⁻¹)			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	0,41 [*]	0,185 [*]	0,63 [*]
30	1,47	1,41	1,47
45	1,21	1,46	1,74
60	1,2	1,6	2,1
75	1,3	1,6	1,7
90	1,2	1,7	1,6

* Nitrogênio total referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 13 A – Valores da Relação Carbono/Nitrogênio, na massa seca, dos materiais utilizados como cama

Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)			
Dias	Casca de arroz	Maravalha	Capim gordura
0	89 *	278 *	83 *
30	25	29	31
45	34	34	26
60	31	29	17
75	30	30	25
90	30	28	27

* C/N referente à caracterização inicial do resíduo

QUADRO 14 A - Valores dos Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF), e Sólidos Voláteis (SV) em (dag.kg -1), na massa fresca, dos materiais em estudo

Dias	Casca de arroz			Maravalha			Capim gordura			Dejeto de cabra		
	ST	SF	SV	ST	SF	SV	ST	SF	SV	ST	SF	SV
0	89,1*	30,5*	58,6*	81,5*	6,1*	75,4*	42,2*	2,6*	39,6*	30,4*	4,8*	25,6*
30	58,1	20,2	37,9	42,0	11,0	31,0	38,4	6,9	31,5			
45	52,6	14,0	38,6	43,3	4,0	39,3	41,0	6,9	34,1			
60	46,9	14,2	32,7	38,8	5,1	33,7	44,1	16,2	27,9			
75	49,9	15,6	34,3	34,5	4,8	29,7	31,1	7,4	23,7			
90	39,7	13,2	26,5	31,6	5,0	26,6	35,3	8,4	26,9			

* ST, SF, SV, referente à caracterização inicial dos resíduos.