

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia



Dissertação

**Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura
através de bioindicadores vegetais**

Pablo Machado Mendes

Pelotas, 2011

PABLO MACHADO MENDES

**Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura
através de bioindicadores vegetais**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Biotecnologia da Universidade
Federal de Pelotas, como requisito
parcial a obtenção do título de
Mestre em Ciências (área do
conhecimento: ciências agrárias)

Orientador: Prof. Dr. Thomaz Lucia Jr.

Co-Orientador: Prof. PhD. Érico Kunde Corrêa

Pelotas, 2011

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

M538a Mendes, Pablo Machado

Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais / Pablo Machado Mendes; orientador Thomaz Lucia Jr.; co-orientador Érico Kunde Corrêa. - Pelotas, 2011. - 67f. .- Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia. Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1. Biossegurança 2. Cama de aves 3. Poluição ambiental 4. Avicultura 5. Índice de germinação
I. Lucia Jr., Érico Kunde (orientador) II. Título.

CDD 636.5

Banca examinadora:

Prof. Dr. Thomaz Lucia Junior

Prof. PhD. Érico Kunde Corrêa

Prof. Dr. Éder João Lenardão

Profª. Drª. Idel Cristiana Bigliardi Milani

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter criado tudo e todos, permitindo que este momento acontecesse.

Aos meus Pais por terem sacrificado muitos de seus sonhos para que eu concretizasse meus estudos, criando em mim a consciência de me desenvolver como cidadão através do meio acadêmico.

A minha companheira, Lilian Bitencourt dos Santos, que acompanhou os momentos mais difíceis dessa jornada, alguns deles muito acentuados e complexos, sempre estando ao meu lado me dando forças.

Ao meu chefe, o maior administrador de todos os tempos da instituição aonde eu trabalho, por ter me incentivado a seguir em frente nos estudos e por ter me oportunizado os maiores aprendizados de vida relacionados à política e gestão pública.

A Luciara Bilhalva Corrêa que provocou esse desafio em mim, sempre incentivando.

Ao Érico Kunde Corrêa, meu mestre maior, orientador, que é pra mim o maior exemplo vivo de trabalho, dedicação e melhoria contínua de si mesmo.

Ao meu orientador, Thomaz Lucia Junior, que possibilitou essa jornada no PPGB (programa de pós-graduação em biotecnologia) da UFPel, sempre preocupado em fazer ciência através dos dados analisados criteriosamente e detalhadamente.

Ao Mestre em Biotecnologia Marcos Antônio Dai Prá, pelo auxílio na obtenção das amostras, sem a qual não seria possível a realização desse estudo.

Ao Professor Claudio Martin Pereira de Pereira que gentilmente contribuiu cedendo o seu laboratório, bem como alguns dos equipamentos que foram necessários para a realização desse trabalho.

A colega Alegani Vieira Monteiro, que me instruiu adequadamente em relação às normas para ingresso no PPGB, sempre disposta a contribuir nos debates para uma universidade melhor.

Ao colega Marco Aurélio Ziemann dos Santos por ter me introduzido a vida de funcionário público, me ensinando muito do que eu necessitei para cumprir com minhas funções nos 3 primeiros anos de serviço.

Aos mestres professores do PPGB, aos quais tenho o maior respeito e admiração, alguns sempre na busca pela excelência em suas áreas de atuação e através disso, conquistando um respeito a nível internacional.

A todos aqueles que contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aqueles que não acreditaram nesse projeto, me oportunizando um aprendizado significativo, fazendo-me acreditar que “eu posso ir até aonde eu acreditar que posso” e que “a limitação das pessoas está naquilo em que elas mesmas acreditam, e não naquilo que os outros querem que elas acreditem” sendo que por vezes, “acreditamos naquilo que os outros dizem sobre nós mesmos e tomamos isso como verdade, acreditando nessa semi-verdade induzida”.

Resumo

MENDES, Pablo Machado. **Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A sociedade atualmente caminha no sentido de procurar soluções para os problemas ambientais que ameaçam a continuidade da vida no planeta, sendo estes problemas causados ou não, exclusivamente pelo homem, segundo opiniões divergentes de diversos cientistas pelo mundo. A avicultura é uma das atividades mais impactantes do ramo da produção de alimentos, tendo a responsabilidade de caminhar ao encontro das pesquisas mundiais que tentam solucionar os problemas de poluição ambiental, surgindo a idéia de propor uma solução viável tanto técnica quanto economicamente e que suprisse uma necessidade fundamental no ramo da criação de frangos de corte: a cama aonde o frango é criado tem condições de ser descartada em solo agrícola com segurança e sem prejudicar o desenvolvimento do solo, ou seja, sem causar impacto ambiental no solo? Para responder essa pergunta procurou-se avaliar a cama de frango em relação a sua composição química, quantidade de lotes criados em cima da cama e a biossegurança dessas camas. Atualmente os produtores realizam análises físico-químicas para determinar se a cama pode ser destinada em solo agrícola, dentre elas a relação C/N (carbono/nitrogênio), que é o principal parâmetro para se decidir se a cama pode ser considerada estabilizada e por isso pronta para o descarte. Este estudo propõe o desenvolvimento de um teste de fitotoxicidade que serve de bioindicador para determinar se uma cama de aviário está apta a ser destinada em solo agrícola sem causar impacto ambiental ao solo, recursos hídricos e ao ambiente em geral.

Palavras-chave: Poluição ambiental. Avicultura. Índice de Germinação. Biossegurança. Cama de aves.

Abstract

Mendes, Pablo Machado. **Evaluation of stabilization beds used by the poultry plantbioindicators**. 2011. Thesis (MA)-Graduate Program in Agricultural Biotechnology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The society is currently moving in the direction of finding solutions to environmental problems that threaten the continuity of life on the planet, and these problems not caused exclusively by man, according to differing opinions of several scientists around the world. The poultry industry is one of the most striking of these food producers taking responsibility for going to meet the worldwide research trying to solve the problems of environmental pollution, the idea is proposing a viable solution both technically and economically and provide back a critical need in the field of creation of broiler chickens: the bed where the chicken are created is able to be discarded in agricultural land safely and without damaging the soil, in these case, without causing environmental impact on the ground? To answer this question we sought to evaluate the poultry litter in relation to their chemical composition, number of lots created on the poultry litter and biosecurity of these beds. Currently producers perform physical and chemical analysis to determine whether the bed can be designed in agricultural land, among them the C/N (carbon/ nitrogen), which is the main parameter to decide whether the bed can be considered stable and it ready for disposal. This study proposes to develop a test that serves as a bioindicator phytotoxicity to determine if a litter is ready to be allocated to agricultural soil without causing environmental impact to soil, water resources and the environment in general.

Keywords: Environmental pollution. Poultry. Germination Index. Biosafety. Poultry litter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Países com maiores índices de exportação de carne de frango (MAPA, 2008)	17
Figura 2 Placas contendo sementes de alface para diferentes diluições (D0, D4, D3, D2 e D1) após 48h de incubação	40
Figura 3 Placas contendo sementes de pepino para diferentes diluições (D0, D4, D3, D2 e D1) após 72h de incubação	41
Figura 4 Placas comparando a germinação das sementes de alface nas diluições D0 e D1	42
Figura 5 Placas comparando a germinação das sementes de pepino nas diluições D0 e D1	42
Figura 6 Níveis médios de carbono em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	47
Figura 7 Níveis médios de nitrogênio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	48
Figura 8 Relação C/N em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama	49
Figura 9 Níveis médios de cálcio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	50
Figura 10 Níveis médios de potássio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	51
Figura 11 Níveis médios de fósforo em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	51
Figura 12 Níveis médios de magnésio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama.....	52
Figura 13 Média do pH em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama	53
Figura 14 Nível de umidade em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Poder de retenção e radiação de calor dos diferentes gases por unidade de volume, comparado ao CO ₂	22
Tabela 2 Especificações e tolerâncias permitidas para fertilizantes organominerais e compostos, de acordo com a legislação brasileira	32
Tabela 3 Composição química da cama de aviários de frangos, após a criação de quatro lotes.....	34
Tabela 4 Parâmetros físico-químicos e índice de germinação (IG) para camas sem uso incubadas em sementes de alface e pepino de acordo com o número de lotes criados sobre a cama.....	56

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
I OBJETIVOS	15
1 Objetivo Geral.....	15
2 Objetivos específicos.....	15
II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
1 Produção de frangos de corte.....	16
2 Camas de aviários	17
3 Características dos Dejetos de Aves	18
4 Impacto ambiental dos dejetos de aves.....	19
4.1 Impacto sobre os recursos hídricos	20
4.2 Impacto sobre a atmosfera	21
4.3 Impacto sobre o solo	23
5 Tratamento dos dejetos de aves.....	24
5.1 Compostagem	27
6 Uso da cama de aviários como adubo.....	31
6.1 Conceito e aspectos legais	31
6.2 Características físico-químicas e microbiológicas	32
7 Bioindicadores de fitotoxicidade.....	35
III MATERIAL E MÉTODOS.....	38
1 Caracterização da área de estudo	38
2 Padronização do teste de germinação (5 sementes).....	39
3 Análises físico-químicas	44
4 Análises estatísticas	45
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
V CONCLUSÕES	59
VI POSSIBILIDADES FUTURAS	60
VII REFERÊNCIAS	61

INTRODUÇÃO

No Brasil, e também em nível mundial, a avicultura se modernizou rapidamente, alcançando níveis elevados de produtividade nos últimos 30 anos. Segundo a EMBRAPA (2003), em 1970, eram necessários 70 dias para o crescimento e engorda de um frango de corte, que consumia cerca de 2,0 kg de ração para 1,0 kg de ganho de peso, sendo que 80% desse peso era considerado comestível. Atualmente um frango de corte necessita 42 dias até o abate, com 2,4 kg de peso vivo e conversão alimentar de 1,8 kg de ração/kg de ganho de peso.

O aumento da produtividade dos grãos e a incorporação de novas áreas para o seu cultivo não apenas reduziram a produção extensiva de bovinos como, também, levaram à agregação de valor com a transformação desses cereais em proteína animal (carne, leite e ovos). Essa é a principal razão para o grande desenvolvimento da avicultura nacional, que se tornou um exemplo de avanço tecnológico e de capacidade gerencial. Essas competências não se concentram apenas no sistema de produção, mas no processamento e na distribuição (atacado e varejo), contribuindo para o desenvolvimento social do País. No agronegócio brasileiro, a avicultura industrial destaca-se por uma trajetória de expressivo incremento tecnológico. A cadeia produtiva de aves de corte assegura ao país posição de destaque no cenário mundial, ocupando o segundo lugar na produção de carne de frango. O modelo de produção integrada de frango teve um grande sucesso, sendo responsável pelo crescimento do setor. O avanço tecnológico permitiu à avicultura otimizar diversos índices de desempenho zootécnico e econômico (conversão alimentar, idade ao abate, uniformidade de planteis, produção de ovos, controle preventivo de enfermidades), todos obtidos com baixos custos de produção (BAMPI, 2010). As aves são alimentadas à base de

uma ração com milho/sorgo e soja, matérias-primas cujo aumento da demanda provocou um aumento nas áreas de produção e a necessidade da abertura de novas fronteiras agrícolas, deslocando a produção dessas commodities para regiões como o Centro-Oeste, na qual passaram a ser produzidas em escala superior à da região Sul. Em função deste fator, também houve uma expansão na instalação de unidades agroindustriais de abate e processamento de aves em todo o país.

Em 2020, a carne de frango representará cerca de metade do consumo de carnes no Brasil, sendo maior do que o consumo das carnes suína e bovina somadas (ACEAV, 2011). De acordo com a Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, os brasileiros consumiram, em 2010, 16,870 milhões de toneladas das carnes bovina, suína e de frango, com a carne de frango representando 46,8% do total, a frente do consumo das carnes bovina (37,4%) e suína (15,8%). Dentro de 10 anos, é esperado um consumo 28,39% maior que o atual, correspondendo a um volume de mais de 21 milhões de toneladas, sendo em torno de 50% de carne de frango.

A criação de frangos de corte utiliza um material suporte que serve para prover conforto zootécnico e ao mesmo tempo promover a absorção dos dejetos excretados, conhecidos como cama. A Cama é todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito suporte às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material utilizado sobre o piso. Corrêa, 2003 diz que as camas atuam como pavimento, evitando o contato direto das aves com o piso, e também como digestor das excreções oriundas do processo criatório dos animais, servindo de substrato para a absorção da água, incorporação de fezes, urina e penas. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais (GRIMES, 2004).

Considerando-se a produção média de cama de 2,19 kg por frango de corte (SANTOS & LUCAS JR., 2003), e a produção de frango de corte

no Brasil em 2007 de 5,15 bilhões, estima-se que a produção de cama tenha sido aproximadamente 11,27 bilhões de kg de cama de frango.

A tendência de aumento anual na produção de frangos acarreta, por consequência, um aumento também na produção de cama a ser descartada, causando uma preocupação relativa à poluição ambiental, já que a cama é normalmente destinada em solo agrícola. Como citado anteriormente, a cama recebe dejetos de frangos, ração, água e penas, causando acúmulo de material orgânico e proliferação de microorganismos, alguns deles patogênicos. A maturação da cama usada, atualmente é definida pela relação C/N, relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio contidos na cama, e é o principal fator utilizado como indicador de maturação de materiais orgânicos, assim como a cama de aviário.

I OBJETIVOS

1 Objetivo Geral

Desenvolver um teste de fitotoxicidade para determinar o grau de estabilização de camas usadas na criação de aves, utilizando sementes como bioindicadores.

2 Objetivos específicos

- Propor uma metodologia para avaliar a fitotoxicidade em camas de aviários;
- Testar sementes de agrião, alface, alho, pepino e tomate como bioindicadores;
- Desenvolver um kit comercial para ser utilizado em larga escala por geradores de cama de aviários e laboratórios prestadores de serviço;
- Reduzir a poluição da produção avícola;

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Produção de frangos de corte

A produção de frangos de corte é a forma mais eficiente e barata de produzir proteína animal para alimentação humana. Os frangos são os animais mais eficientes para transformar grãos em proteína animal, em curto tempo, com utilização de pouco espaço, pouca água e energia (Oviedo-Rondón, 2008). Adicionalmente, é possível utilizar o animal inteiro após o abate.

O setor de avicultura representa 1,5% do PIB brasileiro, gerando aproximadamente quatro milhões de empregos diretos e indiretos, rendendo ao Brasil US\$ 3,5 bilhões decorrentes de exportações (Surdi, 2006). A carne de frango é a carne mais vendida no mundo e a mais consumida no Brasil. Embora o consumo da carne suína supere o consumo de carne de frango em nível mundial, o Brasil mantém uma média de consumo per capita de 44 kg de carne de frango por ano. Em 2008, a produção de carne de frango no Brasil gerou uma receita aproximada de 7 bilhões de reais, apesar de apresentar uma repentina redução em 2009. Após o ano de crise mundial, o mercado interno se fortaleceu e as exportações voltaram a crescer. O consumo aumentou devido ao alto valor e escassez da carne bovina. Como consequência, o volume de carne de frango produzido pela avicultura brasileira tornou-se o terceiro maior do mundo, atrás apenas de EUA e China (MAPA, 2008). Porém, considerando os ritmos de produção de Brasil e China, a produção chinesa de frangos pode ser superada pela produção brasileira em 2012, e a produção dos EUA poderá ser superada em seis anos (AviSite, 2011). Em 2010, as exportações de frango atingiram recordes, com um crescimento

de 5,1% em relação a 2009, consolidando o Brasil como o maior exportador mundial de carne de frango (Figura 1).

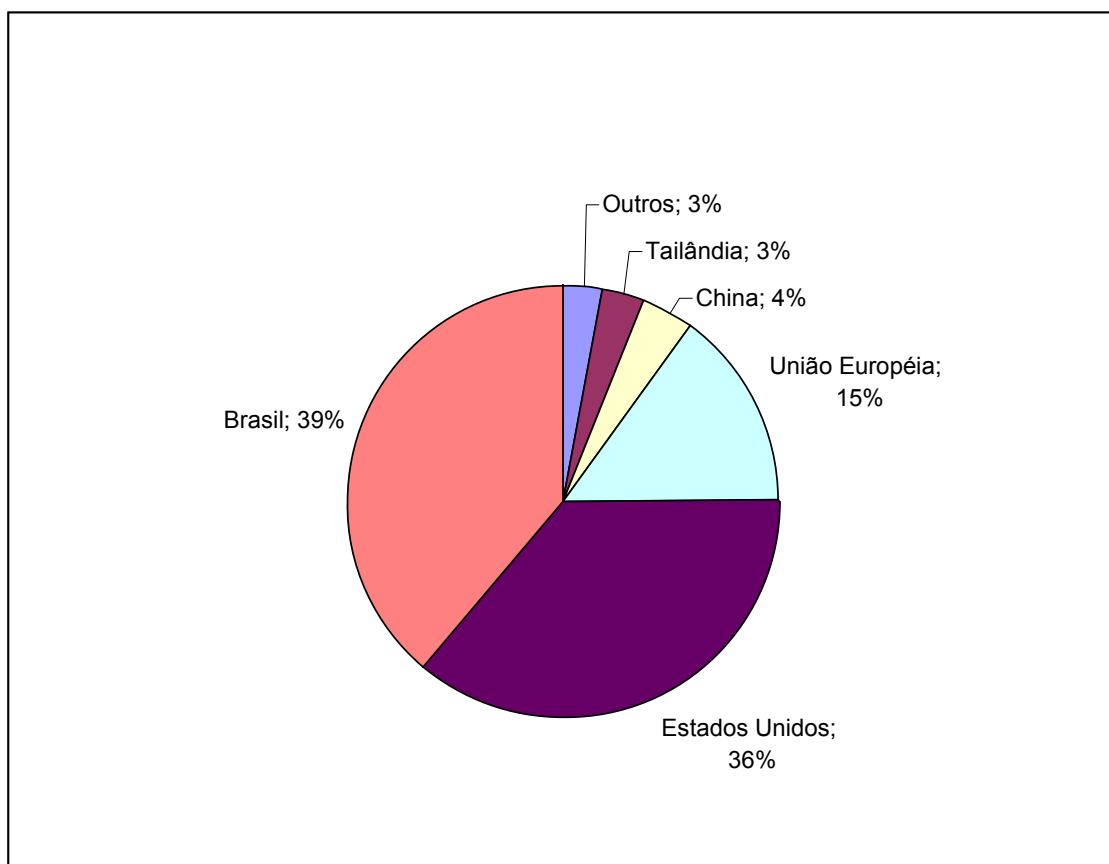


Figura 1: Países com maiores índices de exportação de carne de frango (MAPA, 2008)

2 Camas de aviários

O aumento anual da produção de frangos gera um aumento dos expurgos da produção, como resíduos orgânicos e outros tipos de lixo como embalagens de ração e outros (Oviedo-Rondón, 2008). Em 2009 foram produzidas mais de 7 milhões de toneladas de excretas da produção de frango no Brasil (Paiva, 2010). Os frangos são criados, em sua maioria, em galpões fechados, com o piso coberto com material macio e esponjoso, como a maravalha, serragem e/ou casca de arroz.

As camas seriam todos os materiais distribuídos em um galpão com o propósito de servir como leito para os animais. A altura das camas varia

entre 10 cm e 15 cm. As camas contribuem para a redução das oscilações de temperatura no aviário, proporcionando conforto aos animais, o que pode se refletir em otimização da conversão alimentar para ganho de peso em menor período de tempo.

O material selecionado para ser utilizado como cama deve apresentar características específicas em relação ao meio, proporcionar conforto aos animais, evitar oscilações de temperatura e o contato direto dos animais com as excreções. Além do citado acima, uma cama de boa qualidade deve apresentar capacidade higroscópica, ser rica em carbono (celulose e lignina), ter partículas de tamanho médio (material picado ou triturado), ter baixa condutividade térmica e baixo custo de aquisição (Corrêa, 2003). O material normalmente utilizado pelos produtores é a maravalha, um resíduo da industrialização da madeira (Daí Pra et al, 2009b).

3 Características dos Dejetos de Aves

As carcaças dos animais que vierem a óbito antes do período de abate e as camas dos aviários são os principais resíduos do sistema da produção de frangos. A cama apresenta um alto potencial poluidor, pois os animais excretam seus dejetos na cama, os quais se somam aos restos de ração e de penas. Quando em contato com a água, estes dejetos formam um meio altamente rico para o desenvolvimento microbiano, com potencial de contaminação de recursos hídricos, do solo e do ar. A composição dos dejetos das aves é variada, diferindo dos demais dejetos de animais por não produzirem urina aquosa, como os mamíferos, e pela excreção de uratos e metabólitos sólidos que são adicionados às fezes como uma mancha branca (Augusto, 2005). Durante o metabolismo, a proteína ingerida é convertida em ácido úrico, o qual, combinado com as fezes, se apresenta como um material pastoso branco e insolúvel em água. As características particulares dos dejetos das aves influenciam no

processo de estabilização e no produto final deste tratamento, no qual o ácido úrico vai ser usado por bactérias aeróbicas para a formação de uma massa de células, com teores de nitrogênio maiores que o próprio dejetos inicial. Posteriormente, esta massa será convertida em amônia e em seguida em nitrogênio, com a adição de materiais ricos em carbono, se tornando assim, assimiláveis pelas plantas.

O teor de nutrientes presentes nos dejetos depende de diversos fatores intrínsecos como a idade das aves, sistema de produção, instalações, manejo, nutrição, clima e outros (Augusto, 2005). O esterco das aves é mais rico em nutrientes que os de outros animais domésticos, pois contém uma mistura de dejeções sólidas e líquidas e provém de aves criadas, na maioria das vezes, com rações concentradas. Considerando os teores de nitrogênio, fósforo e potássio contidos no esterco destas aves, verifica-se que o esterco das aves apresenta concentração de nutrientes duas a três vezes maior do que o esterco dos mamíferos (Kiehl, 1985). O teor elevado de nitrogênio no esterco das aves pode queimar plantações se não for devidamente tratado antes de ser colocado no solo como adubo, além de representar um desperdício de materiais valiosos dos pontos de vista biológico e mineral (Augusto, 2005).

4 Impacto ambiental dos dejetos de aves

A estratégia adotada pelas empresas do setor de avicultura, de localizarem seus incubatórios, fábricas de rações, granjas e abatedouros a distâncias equidistantes (Oviedo-Rondón, 2008), para reduzir custos com o transporte de pintinhos, ração e frangos para o abate, leva a uma grande concentração de aves em áreas relativamente pequenas, ocasionando um impacto ambiental nas áreas de produção.

Além das penas e restos de ração presentes nos dejetos de aves, a sua composição bromatológica pode ser afetada por fatores como a linhagem e a idade das aves, composição da ração, o tipo de comedouros

e bebedouros, a temperatura e a umidade relativa do ar (Augusto, 2005). Quando mal manejados, os dejetos provenientes de aviários de postura constituem-se em fontes causadoras de grandes impactos ambientais, além de serem geradores de gases, maus odores e líquidos percolados (chorume), tornando-se atraentes para animais vetores de doenças. As repetidas aplicações de grandes quantidades de dejetos em solo agrícola, sem tratamento, nas mesmas áreas, geram a poluição do solo e das águas, uma vez que as plantas não são capazes de absorver os nutrientes aplicados em forma de dejetos. Cada solo possui uma capacidade diferente de absorção de dejetos e seu limite deve ser sempre respeitado.

4.1 Impacto sobre os recursos hídricos

A contaminação das águas se dá através do acúmulo de microrganismos e minerais no solo e da posterior lixiviação que ocorre através das chuvas, ou vazamentos de lagoas de represamento e depuração que constituem poluentes altamente impactantes, afetando significativamente a qualidade da água de rios, córregos e lagos (Augusto, 2005). No momento da liberação dos dejetos em um curso de água com boa quantidade de O_2 dissolvido, as bactérias aeróbicas ou facultativas têm um incremento em sua população, acelerando o processo de decomposição, consumindo o O_2 e originando dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), diminuindo consideravelmente a possibilidade de sobrevivência da fauna aquática (Daí Pra et al, 2009b).

As águas doces superficiais são importantes fontes de água potável para as populações, servindo também como habitat para a vida vegetal e animal. O aporte de íons fosfato (PO_4^{-2}), para estas águas funciona como nutriente determinante do crescimento de algas, ou seja, quanto mais abundante for o suprimento do íon, maior será o crescimento de algas. Quando uma grande massa de algas morre, ocorre a sua decomposição por oxidação, ocorrendo à depleção do O_2 dissolvido na água, afetando

negativamente a vida de toda a fauna e flora (Baird, 2002, *apud*. Daí Pra *et al*, 2009b).

4.2 Impacto sobre a atmosfera

Após uma área de solo ter recebido uma quantidade de camas maior do que sua capacidade de absorção, por anos ou décadas, a consequência mais característica é o odor desagradável, que muitas vezes é espalhado pelo ar a quilômetros de distância. Isso ocorre em função da evaporação de compostos voláteis presentes nos dejetos, que causam efeitos prejudiciais ao bem estar humano e animal. Os contaminantes do ar com presença mais frequente nos dejetos são a amônia, o metano, os ácidos graxos voláteis e o gás sulfídrico. A emissão de gases pode causar graves prejuízos às vias respiratórias do ser humano e dos animais, bem como a formação de chuva ácida (Perdomo, 1999; Lucas, 1999).

É importante ressaltar que a Terra é coberta por uma camada de gases, que são relativamente abertos à penetração de radiação solar de onda curta, sendo que a parcela dessa energia irradiada de volta para o espaço na forma de onda longa é determinada pela concentração de diversos gases na atmosfera. Dentre os principais gases que absorvem ondas longas destacam-se o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o clorofluorcarbono (CFC) e o óxido nitroso (N_2O). Estes são os chamados gases de efeito estufa, que absorvem radiação de onda longa e permitem que o calor seja irradiado novamente para a terra, criando um efeito de aquecimento conhecido como aquecimento global. O aumento do efeito estufa tem sido relacionado ao aumento da concentração de gases na atmosfera através da ação do homem, causando um desequilíbrio no sistema natural de aquecimento do planeta. A contribuição dos gases para o efeito estufa depende basicamente de dois fatores: sua concentração na atmosfera e seu poder de aquecimento molecular. O poder de aquecimento das moléculas dos gases é variável, podendo ser mensurado

de acordo com um referencial. O elemento utilizado como referência é o CO_2 , por ser o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera e de maior contribuição no aquecimento global. A Tabela 2 mostra a comparação entre os gases, quando comparado ao CO_2 .

Tabela 1: Poder de retenção e radiação de calor de diferentes gases por unidade de volume, comparado ao CO_2

	Gás de efeito estufa			
	CO_2	CH_4	N_2O	CFC
Poder de radiação relativo	1	32	160	14000

Fonte: Guyot, (1997), adaptado por Oliveira, 2003.

O termo efeito estufa significa um aumento médio da temperatura em função do aumento da presença de gases na atmosfera, oriundos principalmente das atividades antrópicas. Na agricultura, cabe destacar o CH_4 formado nas várzeas de arroz irrigado, enquanto a contribuição da pecuária é expressiva, pela liberação de metano (CH_4) para a atmosfera, tanto através da fermentação entérica dos ruminantes, como pela estabilização anaeróbica dos dejetos dos animais. O CH_4 é mais efetivo do que o CO_2 na absorção da radiação solar na superfície da terra. O CH_4 é produzido por bactérias metanogênicas e sua concentração global tem aumentado a uma taxa de 1% ao ano (Siqueira et al, 1994, apud Pitz, Possamai & Pereira, 2009).

Os gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos e aves, como o CO_2 , o CH_4 e os gases de N (NH_4 , N_2O e N_2) colaboram de forma significativa para as alterações climáticas. Como as emissões dos sistemas de tratamento de dejetos de suínos têm alto potencial de afetar negativamente a qualidade do ar, estas representam uma grande preocupação para a manutenção da qualidade do ar, devido aos seus efeitos prejudiciais na qualidade ambiental, no desconforto e na saúde humana (Oliveira et al, 2003).

É importante abordar a emissão de gases que ocorre durante o processo de compostagem, pois quando conduzida dentro dos preceitos da técnica, a compostagem possibilita uma redução expressiva nas emissões de NH_3 , N_2O e CH_4 , desde que não sejam criados sítios anaeróbicos dentro da pilha que se encontra em compostagem. Portanto, os principais fatores que afetam as emissões gasosas são os teores de N total inicial, o regime de temperatura do material em compostagem e a frequência com a qual as pilhas são revolvidas (Barrington, 2002, apud. Daí Pra et. al. 2009b).

4.3 Impacto sobre o solo

O impacto ambiental dos dejetos de animais somente se tornou uma preocupação a partir da década de 80, com o crescimento da criação intensiva de suínos e aves, concentrada na região sul do país. Em função do desconhecimento sobre a geração dos resíduos destes sistemas de produção, sua destinação era a deposição em solo agrícola. Porém, a capacidade de absorção do ambiente foi se reduzindo gradativamente, pois uma carga cada vez maior de dejetos era aplicada continuamente nas mesmas áreas.

O destino dos metais pesados e de outros compostos orgânicos tóxicos são a deposição e o soterramento em solos e sedimentos. Os metais pesados se acumulam frequentemente na camada superior do solo, onde ficam disponíveis para a absorção pelas plantas. Os materiais húmicos são moléculas que se originam da degradação de matéria orgânica e que são a fração mais estável da matéria orgânica (Demétrio, 1988) e apresentam propriedades únicas, tais como: capacidade de interagir com íons metálicos; manutenção do pH (efeito tampão); potencial fonte de nutrientes para as plantas; e grande afinidade pelos cátions dos metais pesados, de maneira que os extraem da água que passa através deles, por meio de processos de troca iônica, formando

complexos insolúveis em água. A presença de metais pesados em grandes quantidades nos dejetos é decorrente da sua alta concentração nas rações, nas quais são adicionados em excesso, para suprir a baixa taxa de absorção dos mesmos pelos animais (Demétrio, 1988).

Em áreas com criação intensiva de animais em confinamento, os dejetos são adicionados ao solo e se acumulam, devido à alta reatividade com os grupos funcionais da matéria orgânica e com argilominerais. Quando a capacidade de retenção dos metais pelo solo é atingida, estes podem alcançar camadas mais profundas, chegando inclusive ao lençol freático (Mattias, 2004).

O acúmulo de metais pesados leva a uma reação intensa com os constituintes coloidais e biológicos, na camada superficial do solo, ou após sua dissolução na água. No caso de uma eventual absorção por microorganismos ou vegetais, podem ocorrer altos riscos para o ecossistema e para a saúde humana. Este processo recebe o nome de bioacumulação. Quando os metais pesados percorrem outros níveis tróficos na cadeia alimentar, o processo passa a ser denominado biomagnificação. Medidas de redução de componentes limitantes de possíveis impactos ambientais como nitrogênio, fósforo e metais pesados podem ser implementadas através de modificações nas dietas dos animais. Portanto, programas de nutrição animal podem auxiliar na redução do potencial poluente dos dejetos, garantindo maior sustentabilidade nos sistemas de produção.

5 Tratamento dos dejetos de aves

De acordo com o artigo 225 da Constituição brasileira de 1988, o meio ambiente é um bem de uso comum do povo, essencial para a qualidade de vida. Dentro dos instrumentos da gestão ambiental, a política nacional de meio ambiente, instituída pela Lei Federal nº. 6.938, em 31 de agosto de 1981, delegou ao IBAMA e aos Estados da Federação

as medidas preventivas e de fiscalização relacionadas à proteção ambiental, dentre elas o licenciamento ambiental de atividades ou obras potencialmente poluidoras. Esta lei baseia-se no princípio da consideração do meio ambiente na tomada de decisões e demonstra a obrigação de considerar o fator ambiental em qualquer ação ou decisão que possa sobre ele causar efeito negativo, garantindo ações de prevenção, mitigação ou recuperação de áreas degradadas e destinação dos resíduos. O licenciamento ambiental só pode ser legitimado pelo poder público, sendo considerado um procedimento administrativo entendido como “uma sucessão itinerária e encadeada de atos administrativos que tendem, todos, a um resultado final e conclusivo”, obedecendo a preceitos legais, normas administrativas e protocolos bastante claros (Milaré, 2004). O licenciamento ambiental é definido pela Resolução Conama nº 237/97 como:

Ato administrativo onde o órgão ambiental competente estabelece condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser acatadas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e realizar atividades utilizadoras de recursos ambientais e consideradas efetivamente ou potencialmente poluidoras ou que possam, de qualquer modo, provocar degradação (Brasil, 1997).

Devido à aplicação da legislação ambiental vigente no estado do rio grande do sul (critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à avicultura, 2010, FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler), existe um grande interesse na indústria avícola, incluindo as empresas integradoras, produtores e instituições de pesquisa, no sentido de desenvolver tecnologias para o manejo de resíduos da produção de frangos de corte. Porém, a maioria das tecnologias conhecidas prevê a aplicação dos nutrientes remanescentes na terra como fertilizante, o que torna necessário planejar e delimitar as áreas onde os nutrientes serão aplicados. Ainda, é necessário capacitar produtores e operadores nos diferentes passos do manejo de resíduos e de aplicação final destes nutrientes, uma vez que os dejetos da produção de frangos, em especial

as camas usadas, são indicados pela FEPAM a serem dispostos em solo agrícola após sofrerem um processo de maturação conhecido como compostagem.

A eficiência da utilização de nutrientes e o uso de formulações precisas para reduzir as perdas de nutrientes que ocasionam contaminação no ambiente, podem ser alcançados pelos seguintes métodos:

- 1) A suplementação de aminoácidos cristalinos e a redução dos conteúdos de proteína crua das rações podem reduzir de 10 a 30% a excreção de Nitrogênio (Verstegen & Jongbloed, 2003);
- 2) A suplementação de enzimas resulta em reduções de 12 a 15% na matéria fecal dos frangos (Oviedo-Rondón, 2008);
- 3) A suplementação da enzima fitase resulta em reduções de 25 a 35% de fósforo nas rações (Coelho & Kornegay, 1996; Maguire *et al.*, 2005);
- 4) A alimentação por fases, com mais dietas que atinjam com mais acurácia as exigências nutricionais dos frangos, pode reduzir a excreção de Nitrogênio e Fósforo de 10 até 30% (Maguire *et al.*, 2005);
- 5) A utilização de alimentos com melhor digestibilidade pode diminuir a excreção de nutrientes em 5% (Oviedo-Rondón, 2008).

A utilização de aditivos como os extratos de *Yucca schidigera* (Amon *et al.*, 1997), zeolitas e alguns probióticos baseados em *Lactobacillus* (Chang & Chen, 2003) nas dietas de frangos tem resultado em reduções significativas na produção de amônia e na emissão de odores. Porém, existem também relatos de que estes aditivos não produziram efeitos significativos (Ullman *et al.*, 2004). Da mesma forma, algumas práticas de processamento de alimentos podem melhorar a digestibilidade de nutrientes e reduzir a sua excreção, tais como: a manutenção de partículas de tamanho e uniformidade adequados; melhor controle de qualidade das rações; e peletização ou expansão das rações.

Daí Pra *et al* (2009b) descrevem que, devido ao elevado número de aviários no Brasil, a demanda por materiais utilizados como cama é grande, acarretando a difusão de práticas de manejo específicas, como o

aumento do número de lotes sobre a mesma cama. Esse fator pode contribuir para a presença de microrganismos, como *Salmonella spp.* no ambiente de produção (Chernaki-Leffer, 2002). Em geral, a cama de aviários é reutilizada em vários lotes de frangos, sendo coletada completamente após um ou vários anos (Oviedo-Rondón, 2008). A reutilização da cama é feita na tentativa de minimizar o seu impacto ambiental. Outras razões para a reutilização da cama seriam a escassez do material ou os custos necessários para sua aquisição, a falta de disponibilidade de mão-de-obra para retirar a cama do galpão no curto período de tempo disponível entre lotes de frangos, e a necessidade de terrenos apropriados para espalhar estes nutrientes. Nestes sistemas de produção, as crostas ou materiais empastados e endurecidos pelas fezes são coletados e a umidade é medida ao final de cada lote, sendo que, em algumas ocasiões, novo material é adicionado à cama.

Uma vez que as carcaças de animais mortos e as camas dos aviários são os principais resíduos do sistema de produção de frangos, a especialização do manejo dos lotes de animais criados poderá reduzir tanto a mortalidade de animais, como o volume de resíduos a serem tratados. Para minimizar o impacto ambiental dos dejetos de aviários, o produtor deve utilizar boas práticas de produção ou programas de produção mais limpa, visando não apenas a produtividade, mas a sustentabilidade do sistema de produção como um todo (Ávila *et al*, 1992).

5.1 Compostagem

A compostagem é um processo biológico, controlado, de decomposição microbiana, que promove a decomposição de matéria orgânica resultando em perda de massa de materiais orgânicos e concentração de elementos minerais (Daí Pra *et al* 2009b). A compostagem pode ser utilizada em situações corriqueiras no sistema de

criação, quando ocorre a morte de animais. A eliminação das carcaças por meio da compostagem demanda um tempo relativamente longo, de forma a evitar a produção de odores desagradáveis, que podem atrair moscas e outros vetores potencialmente carreadores de problemas sanitários (Paiva *et al*, 2006). Os resíduos são decompostos em unidades mais simples, transformando-se em biomassa microbiana, havendo desprendimento de CO₂ e vapor de água e liberação de calor, gerado pela energia decorrente da atividade dos microrganismos (Daí Pra *et al* 2009b). Como resultado da digestão da matéria orgânica, há a liberação de nutrientes como Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio. Portanto, estes nutrientes minerais, antes imobilizados na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas, a partir de um processo conhecido como mineralização (Aquino, 2005).

O material usado na compostagem pode incluir diversos resíduos vegetais (palha, cascas, podas e aparas) e alguns resíduos de origem animal (restos de abatedouro, escamas de peixe), misturados ao esterco oriundo das criações (Diniz Filho *et al*, 2007). A serragem pode ser usada, desde que a madeira não tenha sido tratada. Também é comum a adição de termofosfato, pó de rocha, cinzas, tortas, farinha de ossos, borra de café, e outros suplementos diversos. A adição de uma fonte de fósforo favorece a compostagem e a formação de um material orgânico de alto valor agrônômico, pois, durante o processo ocorre formação de fósforo orgânico, que é uma excelente fonte para as culturas, principalmente em solos ácidos. A cinza é fonte de diversos nutrientes e enriquece o material orgânico a ser compostado, sobretudo em potássio. Contudo, existem alguns subprodutos que não devem ser usados: madeira tratada com pesticidas ou verniz, couro, papel e esterco de animais alimentados em pastagens que receberam herbicidas. Todo o material que vier de fora da unidade de produção deve ser usado com o máximo cuidado e sempre mediante autorização da certificadora (Diniz Filho *et al*, 2007).

Os fatores que afetam o processo de compostagem são: a relação Carbono/Nitrogênio, a área da superfície das partículas, a aeração, a

umidade e a temperatura. (Daí Pra *et al*, 2009b). O principal parâmetro usado para indicar os índices de maturação de substâncias orgânicas é a relação Carbono/Nitrogênio (C/N), ou seja, o resultado da divisão entre a quantidade de carbono e a quantidade de nitrogênio total (Daí Pra *et al*, 2009b). O material a ser compostado fornece carbono, que serve como fonte de energia, e é o maior componente da celulose e da lignina, responsáveis pela resistência da parede celular dos microrganismos. O nitrogênio é um componente indispensável na síntese de proteínas, para que os microrganismos presentes no solo possam decompor a matéria orgânica, promovendo sua maturação. Uma relação C/N inicial satisfatória para que os processos de maturação ocorram com alta eficiência seria de 30:1, sendo que um material orgânico é considerado maduro quando a relação C/N estiver entre 12:1 e 20:1.

Com relação à área da superfície das partículas, quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial sujeita ao ataque microbiano (Daí Pra *et al*, 2009b).

Quanto à aeração, a decomposição da matéria orgânica ocorrerá de forma eficiente somente se houver quantidade suficiente de oxigênio no interior da leira. Se faltar oxigênio, haverá decomposição anaeróbia, com produção de maus odores (Daí Pra *et al*, 2009b).

No que diz respeito à umidade, a presença de água é base para o bom desenvolvimento do processo, devendo estar entre 40 a 60%, dependendo do material a ser compostado (Daí Pra *et al*, 2009b).

Quanto à temperatura, os microrganismos geram calor à medida que se multiplicam, ao consumirem a matéria orgânica. Se a temperatura permanecer entre 30 e 60°C, o processo de compostagem será eficiente. Durante o inverno, ou em locais mais frios, o processo pode se tornar mais lento. (Daí Pra *et al*, 2009b).

A estabilização da matéria orgânica pela compostagem apresenta algumas vantagens, tais como: a melhora da saúde do solo; a ligação da matéria orgânica composta às partículas (areia, limo e argila), ajudando na retenção, drenagem e aeração do solo; aumento na capacidade de

infiltração de água, reduzindo a erosão; dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras; aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, devido à presença de matéria orgânica, reduzindo a incidência de doenças de plantas; mantêm a temperatura e os níveis de acidez do solo; permite o aproveitamento agrícola da matéria orgânica; é processo ambientalmente seguro; permite a eliminação de patógenos, trazendo economia com o tratamento de efluentes e dejetos e a redução de maus odores (Nascimento et al, 2005). No entanto, segundo Silva e Andreoli (2010), algumas limitações também podem ocorrer. Entre estas podem ser citadas: a necessidade de grandes áreas para a operação; a possibilidade de contaminação de lençóis freáticos pela produção de chorume; e o prolongado período necessário para a bioestabilização da matéria orgânica (de 90 até 120 dias).

Após este período, haverá a produção de um material orgânico normalmente escuro e de textura turva. O material orgânico maturado, gerado ao final do processo de compostagem, é um fertilizante de alto valor para uso agrícola, usado quando houver necessidade de aplicação de nutrientes em solos empobrecidos de nutrientes. O material orgânico maturado compostado deve apresentar um cheiro agradável, temperatura ambiente por indicar o término da fase termófila (decrece até a temperatura do local), pH próximo de 7 e ser livre de agentes patogênicos (Daí Pra et al, 2009b).

No entanto, devido a questões sanitárias, este material orgânico só deve ser aproveitado para a adubação de culturas florestais e jardinagem. Nas regiões produtoras de aves, a cama dos aviários é usada, em 100% dos casos, para adubação de lavouras de milho, soja, sorgo, cevada, trigo e outras culturas. Prioritariamente os dejetos devem ser usados como adubo orgânico, mas, quando isso não for possível, estes devem ser tratados adequadamente, para reduzir o risco de poluição quando retornarem à natureza (Embrapa, 2003). Independentemente do tipo de substrato, sua aplicação no solo deve respeitar condições básicas para que não ocorra poluição ambiental ou risco para a saúde humana e animal. A

aplicação do adubo no solo deve considerar um balanço dos seus nutrientes, assim como as características do solo e da cultura (Palhares, 2009).

6 Uso da cama de aviários como adubo

6.1 Conceito e aspectos legais

Um adubo ou fertilizante orgânico é todo produto de origem vegetal ou animal que, quando aplicado ao solo em determinadas quantidades, em épocas e formas adequadas, proporciona melhorias de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, podendo atuar também como um corretivo de acidez (Kiehl, 1985). O adubo também é um complexante de elementos tóxicos e uma fonte de nutrientes para as plantas, permitindo a colheita de produtos de qualidade, sem causar danos ao solo, às plantas ou ao ambiente.

O uso de fertilizantes organominerais e os materiais orgânicos compostados foi regulamentado através do decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Este decreto foi complementado pela portaria nº 31, de 8 de junho de 1982 (que aprova os métodos analíticos oficiais para análise de materiais orgânicos) e pela portaria nº 1, de 4 de março de 1983, que fixa as especificações, garantia e tolerância dos produtos orgânicos de uso agrônômico. Os valores aceitáveis são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações e tolerâncias permitidas para fertilizantes organominerais e compostos, de acordo com a legislação brasileira

Nutriente	Organomineral	Composto (matéria orgânica)
	Mínimo tolerado	Mínimo tolerado
Matéria orgânica total (%)	15,0 – 13,5	40,0 – 36,0
Nitrogênio total (%)	*	1,0 – 0,9
Umidade (%)	20,0 – 22,0	40,0 – 44,0
Relação C/N	-	18/1 – 21/1
pH	6,0 – 5,4	6,0 – 5,4
P ₂ O ₅	*	-
K ₂ O	*	-
NPK (%)	6,0 5,0	-

* Conforme registro no rótulo

- Não especificado

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

Quando a aplicação de dejetos no solo é contínua, pode ocorrer um aumento da movimentação de nitratos, fósforo e outros elementos no solo e nos lençóis freáticos. O acúmulo de fósforo e potássio no solo, pelo uso de grandes quantidades de dejetos por períodos longos (vários anos ou décadas), pode causar um desbalanceamento de nutrientes. O efeito do acúmulo excessivo de fósforo disponível nos solos produz deficiência de zinco, e o excesso de potássio pode causar deficiência de magnésio. Já o acúmulo de sódio e potássio na forma em que eles estão disponíveis para mobilidade nos solos, pode causar desagregação e diminuir a estabilidade da estrutura do solo.

6.2 Características físico-químicas e microbiológicas

O uso de dejetos de animais como adubo orgânico é uma prática milenar. Entretanto, as condições atuais não são as mesmas da época dos

pequenos rebanhos e da agricultura, com baixa escala de produção. Para utilizar os dejetos como condicionadores do solo, é necessário que se tenham critérios de cálculo das quantidades a aplicar por área, o conhecimento dos teores de nutrientes contidos nos dejetos e a sua exigência por parte do solo, além do risco de impacto ao meio ambiente, resultante de sua utilização em excesso.

Em muitas regiões, os dejetos suínos competem por espaço com a cama de aviários para destinação como adubação do solo. Assim, em certas situações, pode haver uma sobreposição com os dejetos suínos, sendo ambos colocados nas mesmas áreas de lavouras. A Tabela 3 apresenta a composição química da cama de aviários após a criação de 4 lotes consecutivos.

As taxas de aplicação de resíduos de atividades agropecuárias são, na maioria das vezes, excessivas se comparadas a real necessidade das plantas, quando os resíduos são aplicados no solo com o único intuito de destinação final dos dejetos sem utilizar qualquer critério agrônomo (Daí Pra *et al*, 2009). Nestes casos, o resíduo animal não difere de outros fertilizantes, pois seus constituintes, como carbono, nitrogênio e fósforo, quando deslocados por perdas e lixiviação, podem prejudicar as plantas e a qualidade da água, as vidas humana e aquática, tanto pela diminuição do O₂ dissolvido, como pelas altas concentrações de íon amônio (NH₄⁺) e consequente eutrofização causada.

Os dados apresentados pela tabela 3 servem de comparação para verificar a similaridade das camas avaliadas nesse estudo, conforme podem ser comprovadas através da tabela 4.

Tabela 3: Composição química da cama de aviários de frangos, após a criação de quatro lotes

Parâmetros químicos	Concentração
pH	8,2
Nitrogênio (g/kg)	30,0
P ₂ O ₅ (g/kg)	24,0
K ₂ O (g/kg)	23,0
Cálcio (g/kg)	31,0
Magnésio (g/kg)	6,4
Cobre (g/kg)	153,0
Zinco (g/kg)	179,0

Fonte: Menezes *et al* (2004).

Como os adubos nitrogenados são os mais caros e os mais poluentes, o conteúdo de nitrogênio deve ser considerado como critério, quando dejetos forem aplicados no solo. Em função da mobilidade dos nitratos no solo, estes são facilmente lixiviados, enquanto que o aumento da concentração desse elemento na água acarreta muitos riscos ambientais. Outros nutrientes, como o fósforo e o potássio, quando aplicados em excesso no solo, podem, através da erosão, chegar facilmente aos cursos de água e causar poluição. O fósforo, se liberado em águas superficiais, desencadeia muito rapidamente o crescimento de algas, originando o fenômeno denominado eutrofização, que reduz de maneira significativa a concentração de oxigênio (O₂), com a consequente mortalidade de peixes e a proliferação de insetos.

É importante considerar que o uso dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequados, para que se torne economicamente competitivo, frente ao fertilizante mineral. Para isso, deve-se considerar a concentração dos principais nutrientes, como o nitrogênio, fósforo, potássio e, também, o custo logístico do mesmo.

7 Bioindicadores de fitotoxicidade

Bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude de impactos ambientais em um ecossistema aquático e em sua bacia de drenagem (Callisto & Gonçalves, 2002). Sua utilização permite a avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição. O uso dos bioindicadores é mais eficiente do que as medidas instantâneas de parâmetros físicos e químicos, tais como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, teores totais e dissolvidos de nutrientes, etc, que são normalmente medidos no campo e utilizados para avaliar a qualidade das águas. Os bioindicadores fornecem sinais rápidos sobre problemas ambientais, antes que o homem perceba sua ocorrência e amplitude; permitindo a identificação das causas e efeitos entre os agentes estressores e as respostas biológicas, e a avaliação da resposta dos organismos a modificações ambientais e da efetividade de ações mitigadoras tomadas para contornar problemas criados pelo homem (Zocche, 2007). Os bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre fenômenos naturais, como mudanças de estação e ciclos de chuva e seca, e estresses de origem antrópica, relacionados a fontes de poluição pontuais ou difusas. Outros bioindicadores seriam: a biomassa microbiana que tem relação com a atividade microbiana e a reposição de nutrientes; a respiração do solo, relacionada à atividade microbiana; e a fixação biológica do nitrogênio relacionada ao suprimento de nitrogênio às plantas e a atividade das enzimas (Araújo & Monteiro, 2007).

Alguns aspectos negativos quanto ao uso de sementes como bioindicadores são a baixa seletividade e a especificidade, relativa a tipos de sementes que apresentam um melhor resultado para determinado tipo de material orgânico que se quer determinar o grau de maturação, exigindo que para cada tipo de material orgânico a ser avaliado, deve ser determinada a semente adequada.

Para que seja possível aplicar corretamente os dejetos de aviários em solo agrícola é necessário, além das análises físico-químicas, análises que contemplem o uso de Bioindicadores. Esses bioindicadores informariam se determinado material está apto a ir para o solo sem poluir o meio ambiente ou se, antes disso, necessita ser encaminhado para algum tipo de tratamento (maturação). Em função disso, os bioindicadores podem ser classificados como: espécies sentinelas, introduzidas para indicar; espécies detectoras, que ocorrem naturalmente e respondem ao estresse de forma mensurável; espécies exploradoras, que reagem positivamente ao distúrbio ou agente estressor; espécies acumuladoras, que acumulam agentes estressores permitindo avaliar a bioacumulação; e espécies bioensaio, que são usadas na experimentação (Louzada, 2001).

O potencial poluidor dos resíduos orgânicos pode ser avaliado através dos testes de fitotoxicidade. A fitotoxicidade é a ação tóxica provocada em plantas, por uma ou mais substâncias, que iniba ou prejudique a sua germinação e/ou o seu desenvolvimento. Podem ser citados como exemplos de fitotocixidade: a aplicação incorreta de herbicidas ou de adubos; a ação tóxica de metais pesados presentes no meio. A fitotoxicidade é o tipo de bioindicador mais utilizado para avaliação da toxicidade de dejetos de animais.

Um material orgânico compostado estabilizado é considerado livre de fitotoxinas e, portanto, sua aplicação não deve causar efeitos negativos sobre as plantas. Plantas e índices de germinação de sementes são usados como indicadores dos danos causados pelas combinações tóxicas presentes em vários tipos de compostos orgânicos, por serem simples, rápidos, seguros e reproduzíveis (Wang & Keturi, 1990).

A ausência de fitotoxicidade seria atingida com índices de germinação acima de 50% (Zucconi *et al*, 1981). No entanto, outros relatos indicam que o material orgânico estaria estabilizado apenas com índices de germinação entre 80% e 90% (Saviozzi *et al*, 1992). De acordo com o conselho Canadense de Ministérios do Ambiente, para a qualidade

de materiais orgânicos (CCME, 1996), a germinação de agrião (*Lepidium sativum*) em extratos aquosos desses materiais orgânicos deve atingir valores acima de 90% de germinação em relação ao controle, para que se possa indicar a ausência de Fitotoxicidade. Portanto, apesar das divergências encontradas na literatura em relação aos valores mínimos recomendados para os índices de germinação, os estudos mais recentes tendem a adotar índices mais elevados, visando aumentar a biossegurança relativa ao uso de materiais orgânicos.

Baixos índices de germinação (fitotoxicidade) podem ser associados à presença de metais pesados, elementos inorgânicos, sais solúveis e compostos orgânicos. Os compostos fitotóxicos podem ser produzidos também durante a compostagem, como resultado de condições anaeróbicas. Se essas características estão presentes no material orgânico, a germinação de sementes diminuirá, dependendo do grau de fitotoxicidade da mistura. De acordo com estudos que usaram a germinação de sementes como indicadora do grau de maturação de material orgânico, sementes incubadas em amostras de material orgânico imaturo não germinam, ou, na eventualidade de germinarem, morrem rapidamente após a germinação (Zucconi *et al*, 1988; Warmann, 1999; Ozores-Hampton *et al*, 1999). Um teste de fitotoxicidade para estabelecer o grau de maturação do material orgânico gerado a partir do resíduo de camas de aviários ainda não foi estabelecido. Portanto, o presente estudo apresenta como objetivo o desenvolvimento de um teste de fitotoxicidade para determinar o grau de estabilização de camas usadas na criação de aves, utilizando sementes de alface e pepino como bioindicadores.

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Caracterização da área de estudo

As amostras foram colhidas de aviários localizados na cidade de Serafina Corrêa, ao norte do estado do Rio Grande do Sul, através de um pool com cobertura de toda a área útil do galpão com posterior mistura e extração de duas embalagens para cada pool, contendo aproximadamente 1 Kg de amostra em cada saco. Os aviários pertencem a cinco produtores diferentes, sendo que cada um forneceu amostras de 5 tipos diferentes de camas, totalizando 25 amostras obtidas através do profissional habilitado com liberação para entrada nos aviários, já que em função dessa produção ter sido para exportação, não foi permitida a entrada de outras pessoas alheias ao controle da empresa juntamente com os órgãos fiscalizadores da união européia. Os 5 tipos diferentes de amostras foram classificados com relação ao número de lotes de frangos que haviam sido anteriormente criados sobre esta cama (1 a 5 lotes). A cama dos aviários era composta de 50% de maravalha de *Pinus elliottii* e 50% de casca de arroz. Em cada lote de frangos, eram adicionados à cama dejetos dos animais, penas, umidade e calcário, que é aplicado ao final de cada lote de frangos, para reduzir a carga microbiana, como preparação da cama para receber o próximo lote de frangos.

Adicionalmente, também foram colhidas mais duas amostras: uma cama original sem uso, apresentando composição de 50% maravalha e 50% casca de arroz, usada como padrão para as análises físico-químicas; e outra na qual foi usada água destilada ao invés do extrato de cama, usada como padrão para o teste de germinação. A cama sem uso também foi incubada nos testes de germinação para a determinação de sua

influência no resultado da germinação das sementes em comparação com as camas com dejetos e com a amostra incubada somente com água destilada.

2 Padronização do teste de germinação

Em função da não existência, até a presente data, de um teste padronizado de germinação para avaliar os efeitos da cama de aviários, houve a necessidade de realização de um teste preliminar para avaliar os itens descritos a seguir:

- selecionar dentre as 5 sementes propostas (agrião, alho, alface, pepino e tomate), aquelas que apresentarem um crescimento compatível com outros tipos de amostras (materiais orgânicos) e com o padrão de água destilada;
- selecionar a diluição adequada (dentre as 4 testadas), já que não há até o momento um padrão atual a ser seguido;
- avaliar a substituição do uso da centrífuga, descrito como necessário pelo método de Zucconi et al. (1988), pelo uso de papel filtro comum, já que o objetivo é simplesmente obter a separação sólido líquido para a obtenção do extrato aquoso. Nesse item também foi acrescido o tempo de repouso das amostras de cama no escuro (de 15 para 24h) com a água destilada para permitir que a água dissolvesse melhor os materiais a serem separados.

A padronização foi realizada como um pré-teste de germinação, com cinco sementes: agrião (*Lepidium sativum*, L.); tomate (*Lycopersicum esculentum*); alho (*Alium sativum*); alface (*Lactuca sativa*); e pepino (*Cucumis sativus*). O pré-teste de germinação utilizado foi baseado em Zucconi et al (1988), com as modificações descritas acima e foi procedido da seguinte forma, para cada amostra: pesagem de 10 gramas de amostra em Becker de 250mL; adição de 100mL de água destilada; vedação com papel alumínio e colocado em repouso, no escuro, por 24h;

após o repouso, filtração em papel filtro comum, por duas vezes; filtrar em papel Whatman nº1, obtendo o filtrado; com o filtrado, preparação das diluições a partir do líquido filtrado (concentrado, ou seja, sem adição de mais água), sendo a segunda igual a 50% do filtrado + 50% de água, sendo a terceira igual a 50% da segunda (ou 25% do filtrado + 75% de água) e sendo a quarta igual a 50% da terceira (ou 12,5% do filtrado + 87,5% de água). Em resumo, temos a D1 (concentrada), D2 (50% da concentrada), D3 (25% da concentrada), D4 (12,5% da concentrada) e D0 (água destilada sem cama); adição de 5 mL do extrato aquoso filtrado em cada placa, previamente preparadas com papel filtro Whatman nº3 e os diferentes tipos de sementes (sementes diferentes em cada placa); aplicar papel parafilm de maneira que as placas sejam totalmente tampadas; incubar a 20°C na ausência de luz; conferência em 48, 72 e 96 horas, avaliando a germinação entre as sementes das diferentes diluições. As diluições são mostradas na figura 2 através da diferença de coloração, da mais diluída (D0) para a mais concentrada (D1).

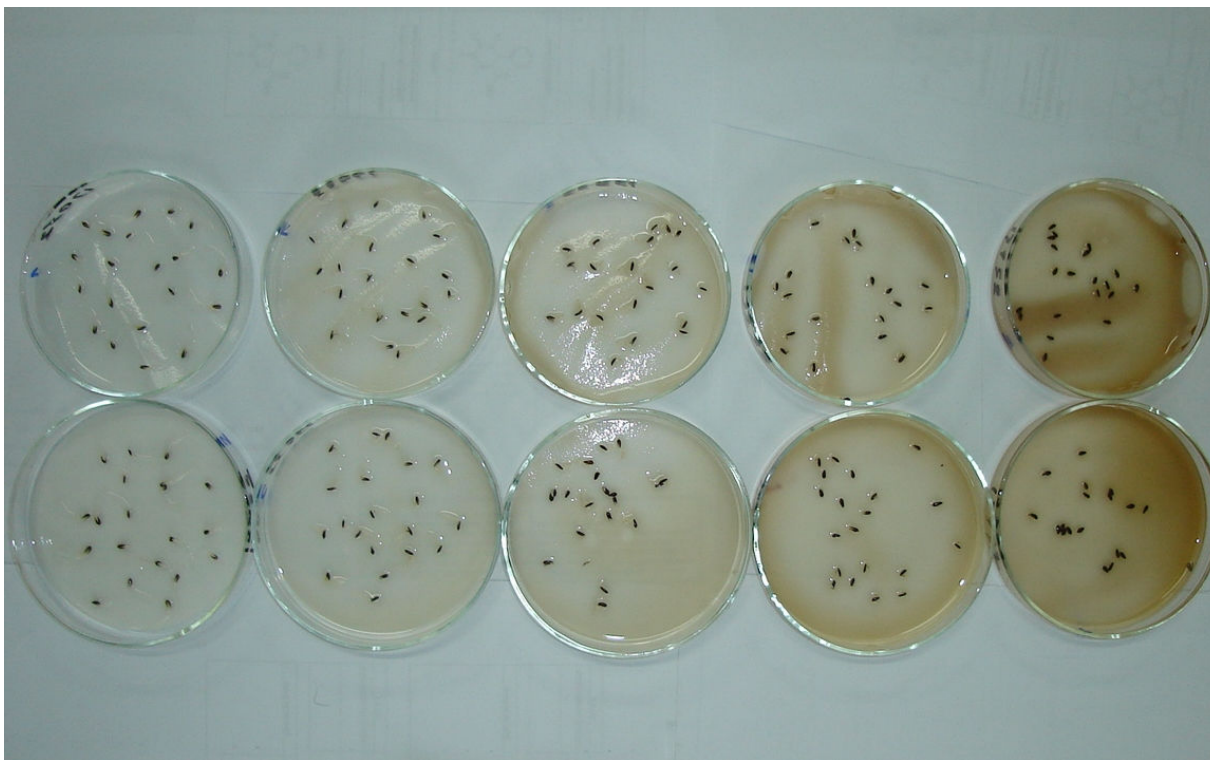


Figura 2: Placas contendo sementes de alfaca para diferentes diluições (D0, D4, D3, D2 e D1) após 48h de incubação

A germinação observada em 24h obteve como resultado a eleição da alface como adequada para esse tipo de amostra. Já em 72h a semente de pepino (figura 3) se mostrou adaptada a servir como bioindicador. As amostras testadas com as demais sementes não obtiveram sucesso no teste, apresentando demora excessiva na germinação (após 96 h de incubação). A diluição que obteve sucesso no teste foi a D1 (amostra filtrada concentrada), apresentando um padrão de germinação, ou de não germinação, constante.

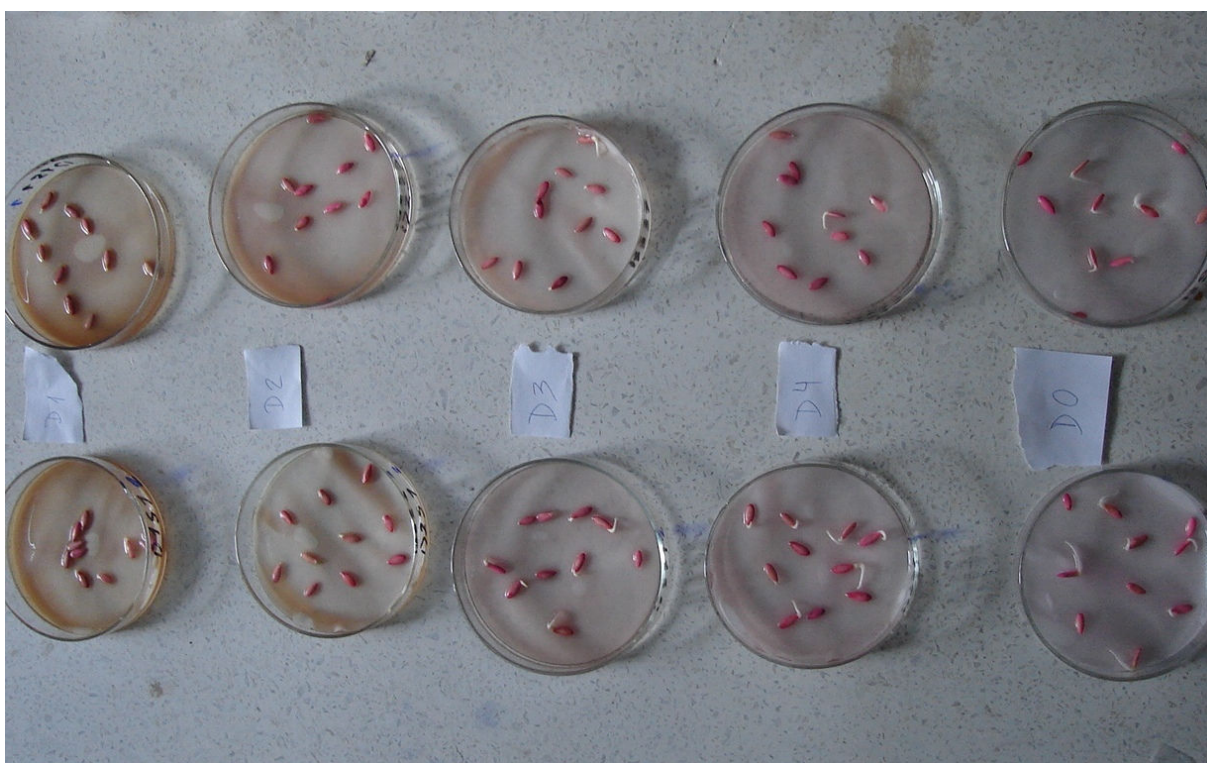


Figura 3: Placas contendo sementes de pepino para diferentes diluições (D0, D4, D3, D2 e D1) após 72h de incubação

As sementes de Alface e Pepino obtiveram como melhor resultado a amostra mais concentrada, ou seja, a D1, como pode ser observado nas figuras 4 e 5.

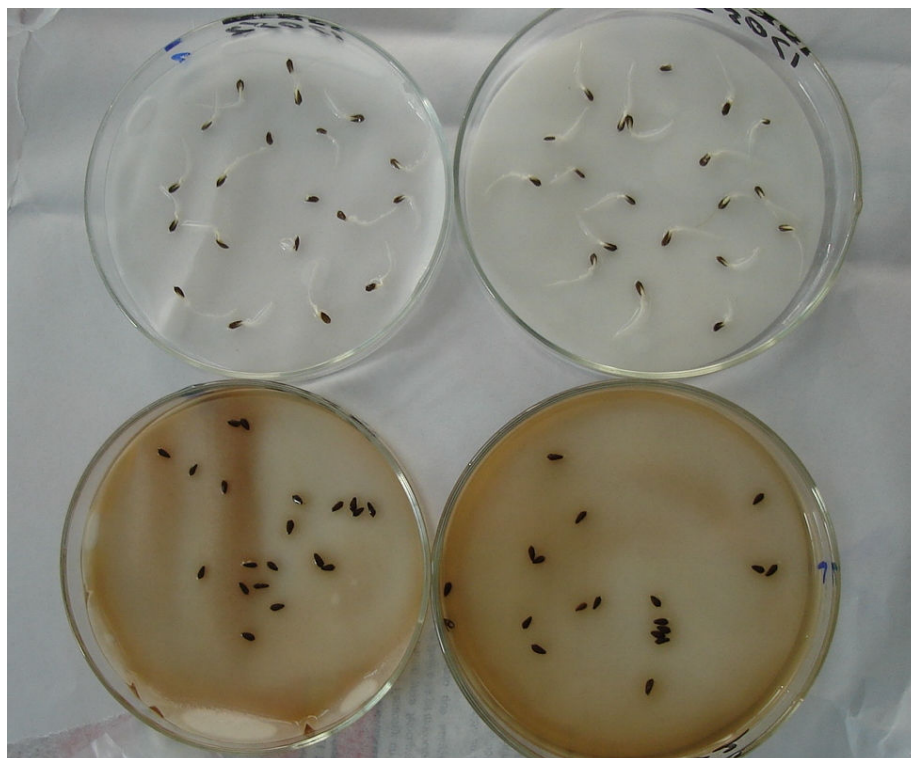


Figura 4: Placas comparando a germinação das sementes de alface nas diluições D0 e D1

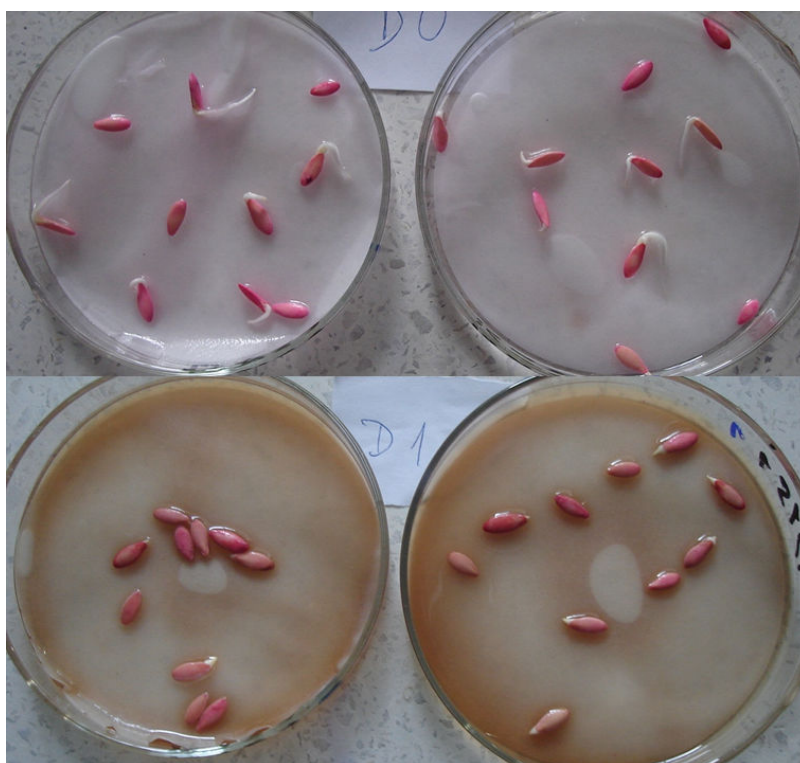


Figura 5: Placas comparando a germinação das sementes de pepino nas diluições D0 e D1

O teste de germinação aplicado nas 25 amostras coletadas nos aviários mais a amostra de cama sem uso (cama virgem com 50% maravalha e 50% casca de arroz), totalizando 27 amostras, foi conduzido com as modificações mencionadas acima, seguindo os mesmos passos citados anteriormente, apresentados resumidos abaixo:

- pesagem de 10g de amostra de cama em Becker de 250mL;
- adicionar 100 ml de água destilada;
- descanso durante 24h, em temperatura ambiente e no escuro;
- filtrar com papel filtro comum por duas vezes;
- filtrar com papel filtro Whatman nº1, obtendo o filtrado;
- colocar as sementes (vinte de Alface e 10 de Pepino), separadas, em placas de petri com 9 cm de diâmetro forradas com papel filtro (Whatman nº3);
- aplicar 5 mL de cada amostra em placas identificadas contendo sementes de pepino e alface;
- vedar as placas com papel parafilm;
- incubar a 20°C por 48h para alface e 72h para pepino;
- contar o número de sementes germinadas de cada placa, assim como medir o comprimento médio da cada placa com o objetivo de compor o IG (índice de germinação).

Obs.: Placas de petri com papel filtro e 5 ml de água destilada serviram como amostra controle e mais a amostra de cama sem uso serviram para mostrar a interação entre a cama sem uso e as sementes propostas. As placas de petri foram vedadas com papel parafilm para minimizar a perda de água por evaporação, permitindo a penetração de ar na placa sem saída de água.

O índice de germinação foi calculado através da fórmula $IG = (G \cdot Lm / Lc)$ descrita por Zucconi *et al* (1988), na qual:

- IG = índice de germinação;
- G = número de sementes germinadas na amostra, dividido pelo número de sementes germinadas no controle;
- Lm = longitude média das raízes da amostra (mm);

- Lc = longitude média das raízes do controle (mm);

3 Análises físico-químicas

Nas amostras avaliadas foram realizadas as seguintes análises físico-químicas:

- pH: 10 g da amostra *in natura* diluída em 50 ml de água destilada, com leitura em pHmetro digital (Tedesco *et al*, 1995);
- Umidade: secagem da amostra a 105°C por 24 h (Silva *et al*, 2004);
- Carbono orgânico: Método de Walkley-Black (Tedesco *et al*, 1995);
- Nitrogênio total: Processo semi-micro de Kjeldahl (Silva *et al*, 2004);
- Cálcio e Magnésio: Análise da solução mineral através de espectrofotômetro de absorção atômica (Tedesco *et al*, 1995);
- Potássio: análise da solução mineral através da fotometria de chama (Tedesco *et al*, 1995);
- Fósforo: análise da solução mineral através do espectrofotômetro ultravioleta visível (Tedesco *et al*, 1995).
- Relação C/N (carbono/nitrogênio): calculada pela divisão dos níveis de carbono pelos de nitrogênio (Tedesco *et al*, 1995).

As análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório de solos da FAEM – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, que possui certificação pelo programa interlaboratorial da SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

4 Análises estatísticas

A comparação dos níveis dos indicadores físico-químicos em função da ordem de utilização das camas de aviários (1 a 5) foi feita através de análise de variância de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, devido à falta de normalidade. Devido à falta de normalidade, o índice de germinação foi transformado para a escala logaritmica, tendo sido posteriormente comparado em função da ordem de utilização das camas de aviários e entre as duas sementes testadas como bioindicadores através de análise de variância. As comparações entre médias foram feitas através do teste de Tukey. Para fins de interpretação, todos os dados submetidos à transformação foram relatados em sua escala original. Todas as análises foram conduzidas com o software Statistix® (2008).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos parâmetros físico-químicos em função do número de utilizações das camas, a origem das camas (os diferentes produtores) foi avaliada, porém não apresentou significância estatística ($P > 0,05$) para nenhum dos parâmetros estudados.

Os níveis de carbono mantiveram-se estáveis, apresentando um maior índice na cama sem uso e na cama do primeiro lote ($P < 0,05$), em comparação com as camas usadas por 2 ou mais lotes (Figura 6). Possivelmente, isto se deve ao reduzido período de estabilização (em torno de 42 dias), na cama na qual foi criado apenas 1 lote de frangos, o qual não deve ter sido suficiente para que ocorresse uma redução significativa do C. TIQUIA et. al (2000) encontrou resultados semelhantes em relação ao carbono, com um teor de 491,4 g/Kg. A pequena diferença em relação a cama sem uso pode-se atribuir as possíveis fontes diferentes de material utilizado na cama.

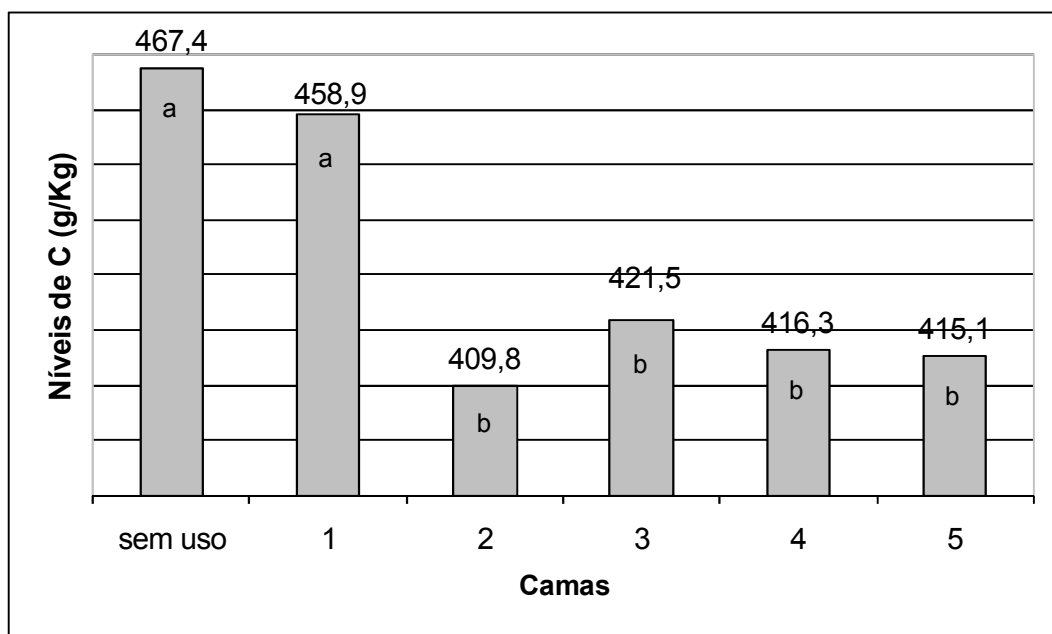


Figura 6: Níveis médios de carbono em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Os níveis de nitrogênio não diferiram ($P > 0,05$) entre a cama sem uso e as usadas por 1 ou 2 lotes de frangos (Figura 7). Um aumento do nível de nitrogênio foi observado em camas usadas na criação de 3 ou mais lotes de frangos ($P < 0,05$), o que sugere que, na medida em que mais lotes são criados sobre a mesma cama, ocorre maior fixação de nitrogênio. O nitrogênio adicionado a cama, assim como ocorre com outros nutrientes, seria originário da ração consumida pelos animais. Os valores de nitrogênio obtidos (28,7 g/Kg) são próximos dos 33,9 g/Kg descritos por TIQUIA et. al (2000) porém essa diferença pode ser explicada possivelmente em função dos tipos diferentes de ração utilizadas para alimentar os animais criados nas diferentes granjas dos dois experimentos.

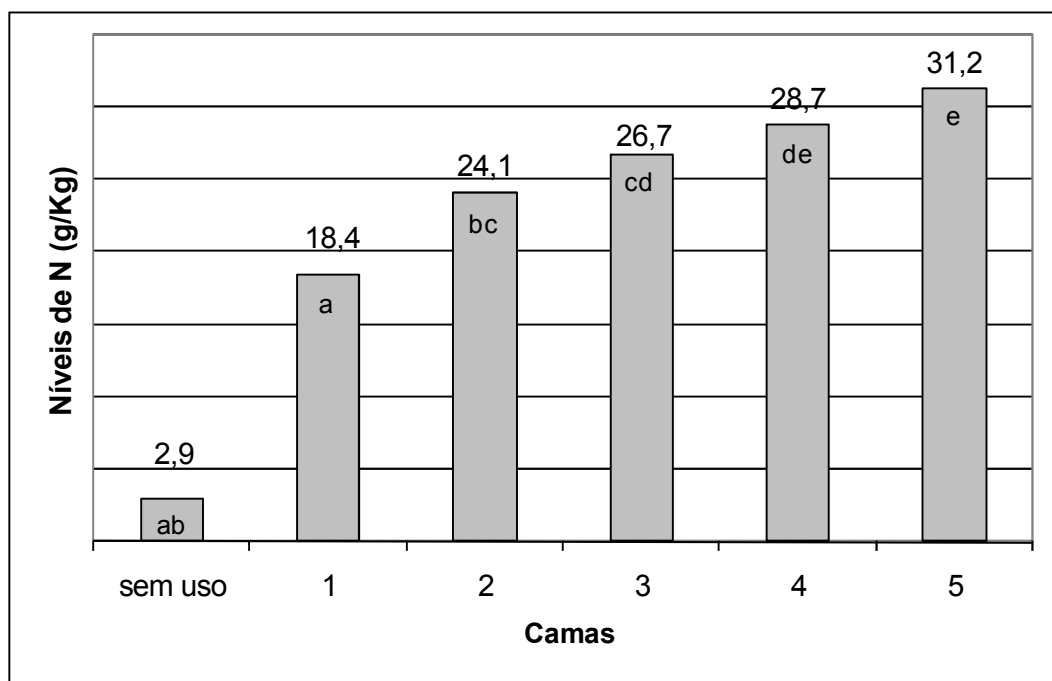


Figura 7: Níveis médios de nitrogênio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

a,b,c,d,e Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

A variação nos níveis de nitrogênio em função do uso da cama se refletiu na relação C/N (Figura 8), que também se diferenciou da cama sem uso somente nas camas usadas na criação de 3 ou mais lotes de frangos ($P < 0,05$). Considerando que a relação C/N é um índice usado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas (Daí Pra et al, 2009), pode-se inferir que as camas usadas por 3 ou mais lotes de frangos seriam candidatas a serem consideradas como materiais orgânicos estáveis, o que pode ser corroborado a partir da avaliação do índice de germinação.

A relação C/N informada por TIQUIA et. al (2000) demonstrou uma forte semelhança com as camas de 3 a 5, com um valor de 14,5, apresentando exatamente a mesma relação entre carbono e nitrogênio da cama 4 deste trabalho, ilustrado na figura 8.

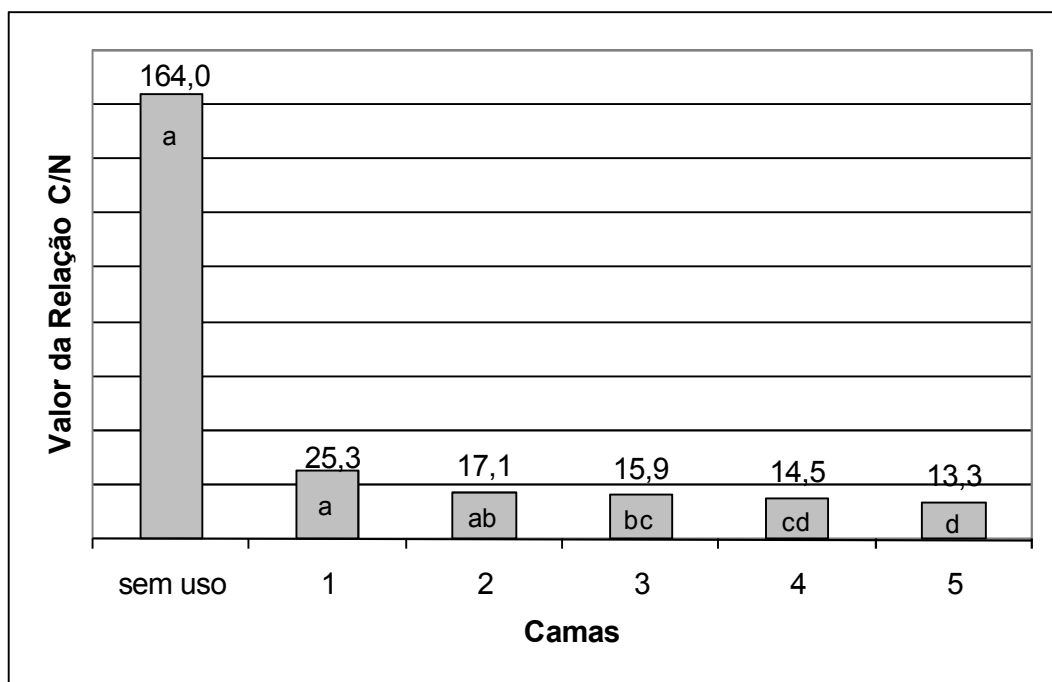


Figura 8: Relação C/N em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c,d}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Os níveis de cálcio nas camas usadas duas ou mais vezes foram mais elevados ($P < 0,05$) do que os observados na cama sem uso ou na cama usada por apenas um lote de frangos (Figura 9). Este incremento certamente está associado a incorporação do cálcio através da Cal, adicionada a cama ao final de cada lote, no intuito de promover um melhor controle microbiológico, ou seja, higiênico sanitário. Há uma tendência de incremento a cada lote criado, já que sempre existe a soma de cálcio ao final de cada lote. O teor de cálcio diferiu entre o resultado apresentado na figura 9, de 24,2 g/Kg e o resultado de MENEZES et. al (2004), de 31 g/Kg. A diferença é de aproximadamente 22%, indicando uma provável diferença nos métodos de criação dos frangos.

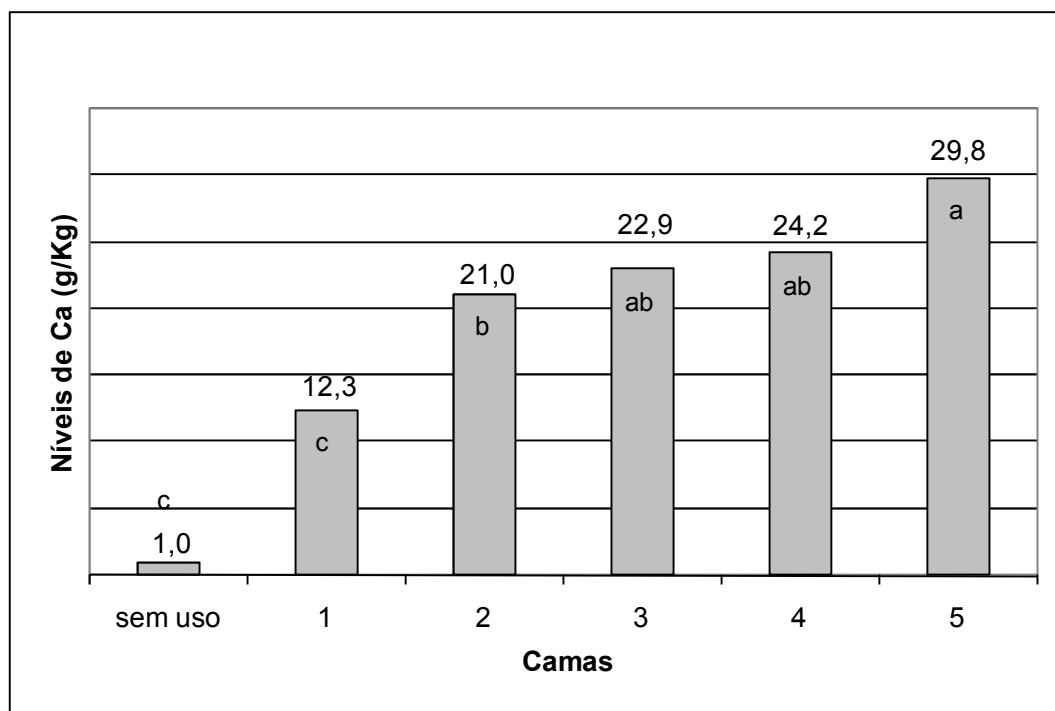


Figura 9: Níveis médios de cálcio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Os níveis de potássio (Figura 10) e fósforo (Figura 11) nas camas usadas por 2 ou mais lotes de frangos foram superiores aos observados na cama sem uso ou nas camas usadas para a criação de apenas um lote de frangos ($P < 0,05$). Para ambos os nutrientes, os níveis observados nas camas usadas na criação de 5 lotes de frangos foram mais elevados do que os observados nas demais camas ($P < 0,05$).

Os níveis de potássio, se comparados a TIQUIA et. al (2000) com 20,3 g/Kg, foram iguais ou maiores, apresentando teores bem maiores para as camas de 2 a 5. Esse aumento pode ser atribuído à diferença nas rações consumidas pelos animais.

Já o elemento fósforo apresentou níveis inferiores ao mesmo autor, chegando ao máximo de 9,3 g/Kg na cama 5, enquanto que o valor afirmado pelo autor é de 16,9 g/Kg. Possivelmente isso se deve a uma formulação diferente das rações, em função dos diferentes países e situações diferenciadas a nível local a que estão expostos os animais.

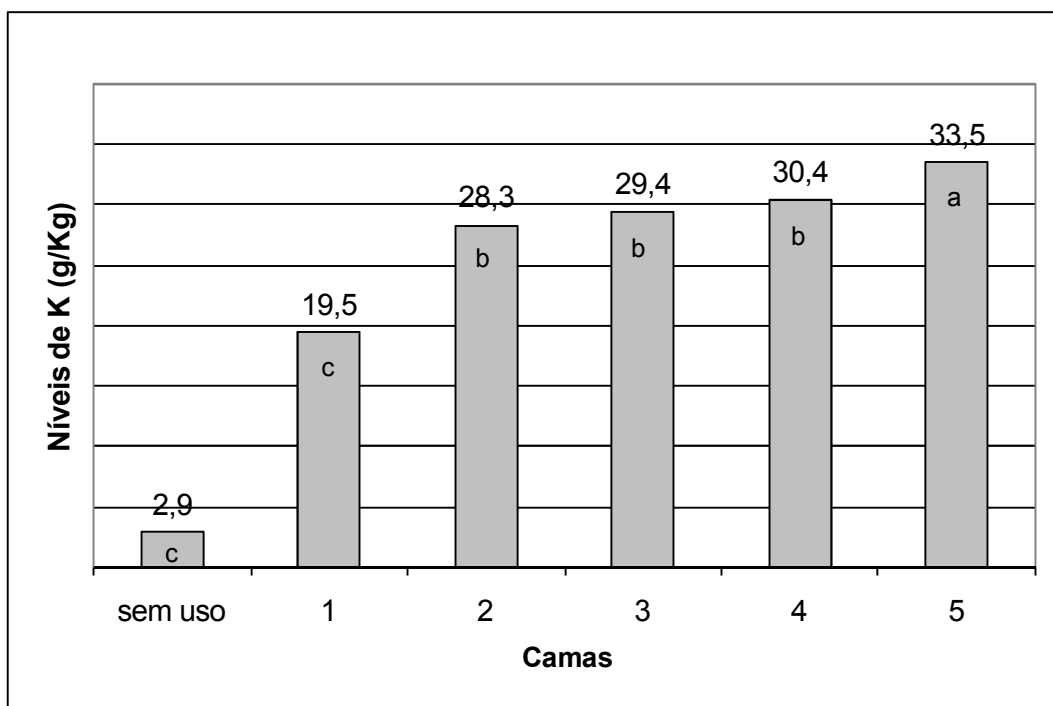


Figura 10: Níveis médios de potássio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

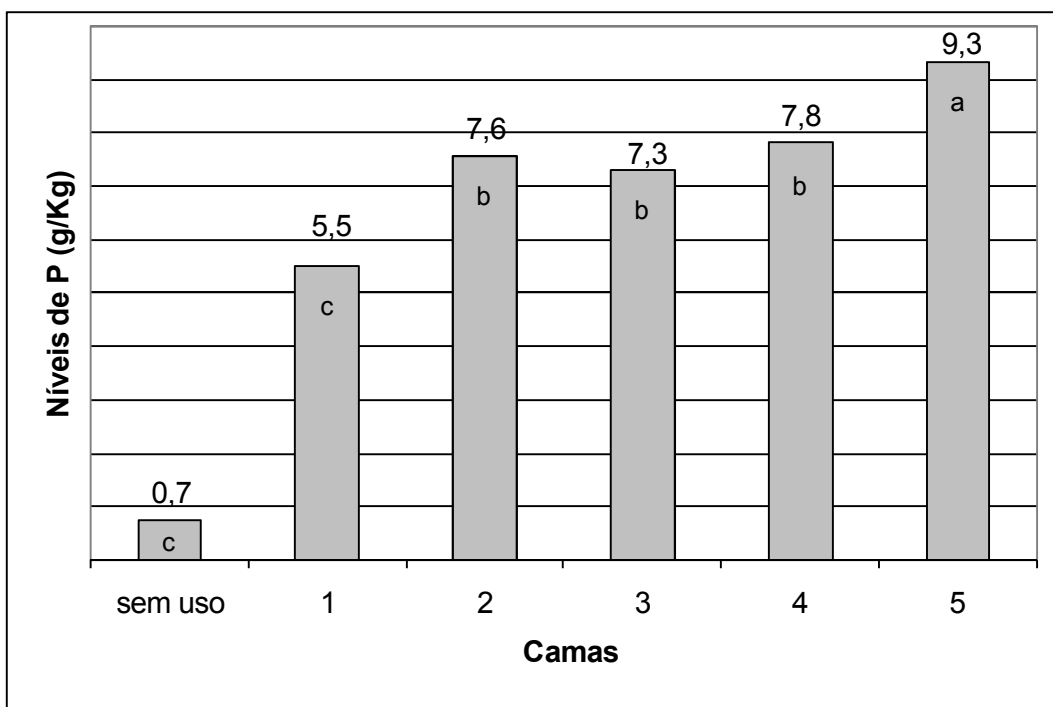


Figura 11: Níveis médios de fósforo em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Os níveis de magnésio variaram de forma semelhante aos demais nutrientes, se mostrando mais elevados nas camas usadas por 2 ou mais lotes de frangos ($P < 0,05$) do que nas camas usadas por apenas um lote ou na cama sem uso (Figura 12). MENEZES et. al (2004) apresenta o teor de 6,4 g/Kg, sendo cerca de 20 pontos percentuais menor do que a cama com 4 lotes de criação com um teor de 8,5g/Kg. A cama 5 apresentou um valor de 10,4 g/Kg, apresentando um acréscimo de 40 pontos percentuais para o teor encontrado pelo referido autor, confirmando a tendência de aumento nas concentrações dos elementos conforme mais lotes são criados em cima de uma mesma cama.

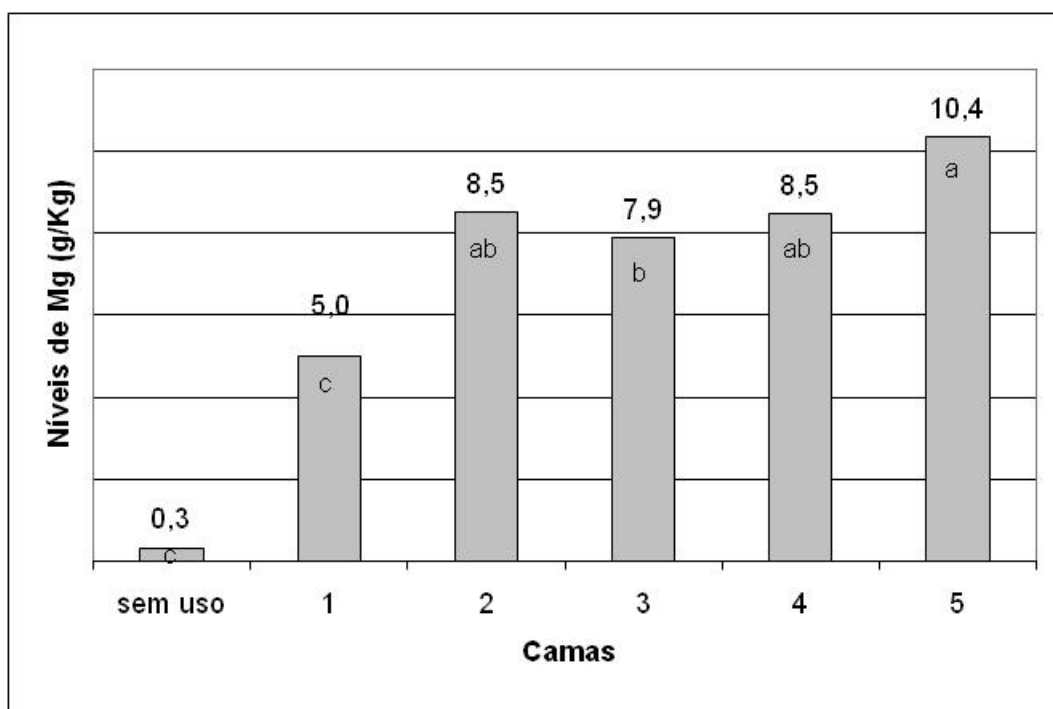


Figura 12: Níveis médios de magnésio em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c,d}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

O pH observado na cama sem uso foi ligeiramente ácido (Figura 13), tornando-se alcalino na medida em que as camas foram usadas por lotes sucessivos de frangos ($P < 0,05$). O acúmulo de amônia e excretas aumenta o pH da cama, que varia tipicamente de 7 a 8,5 (REHBEGGER, 2002). A formação da amônia na cama pode ocorrer de duas maneiras: como amônia - NH_3 (sem carga) ou como íon amônio (NH_4^+), dependendo

do pH da cama (BLAKE, 2000). Quanto maior o pH, menor será a conversão de NH_3 , que é volátil, em NH_4^+ , que não volatiliza.

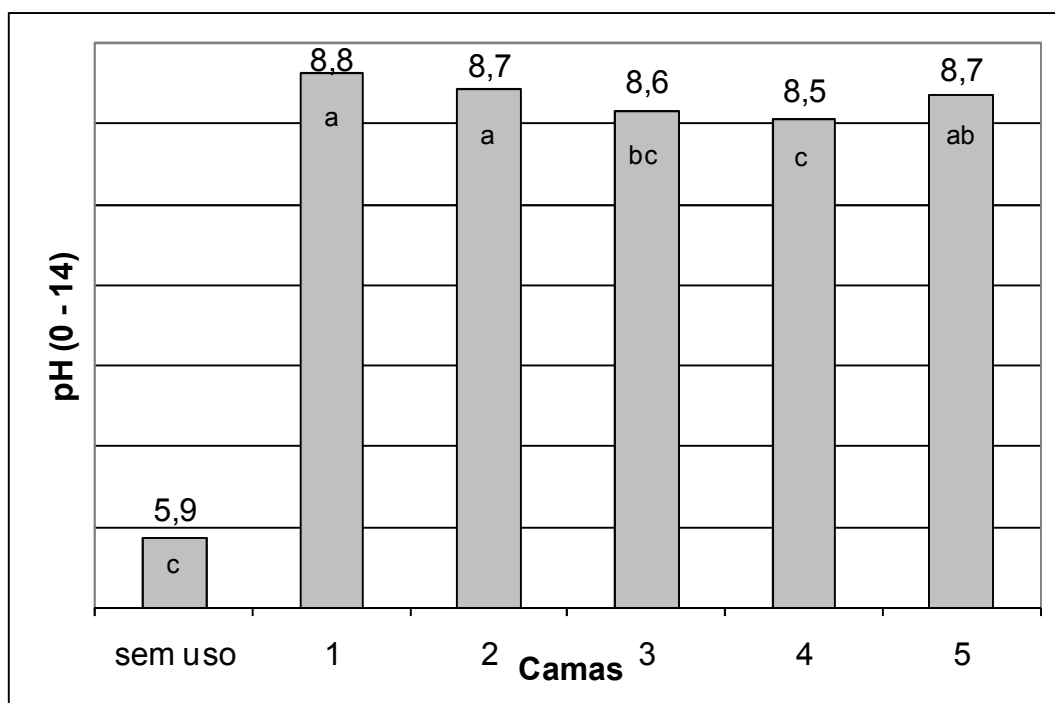


Figura 13: Média do pH em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Conforme mostrado na Figura 14, as camas usadas na criação de apenas um lote de frangos apresentaram o maior teor de umidade ($P < 0,05$). As camas usadas na criação de 2 lotes também apresentaram teor de umidade superior ao observado na cama sem uso ($P < 0,05$). Porém, as camas usadas na criação de 3 ou 4 lotes de frangos apresentaram umidade similar à observada na cama sem uso ($P > 0,05$), mas a cama usada por 5 lotes voltou a ter umidade mais elevada em relação à cama sem uso ($P < 0,05$).

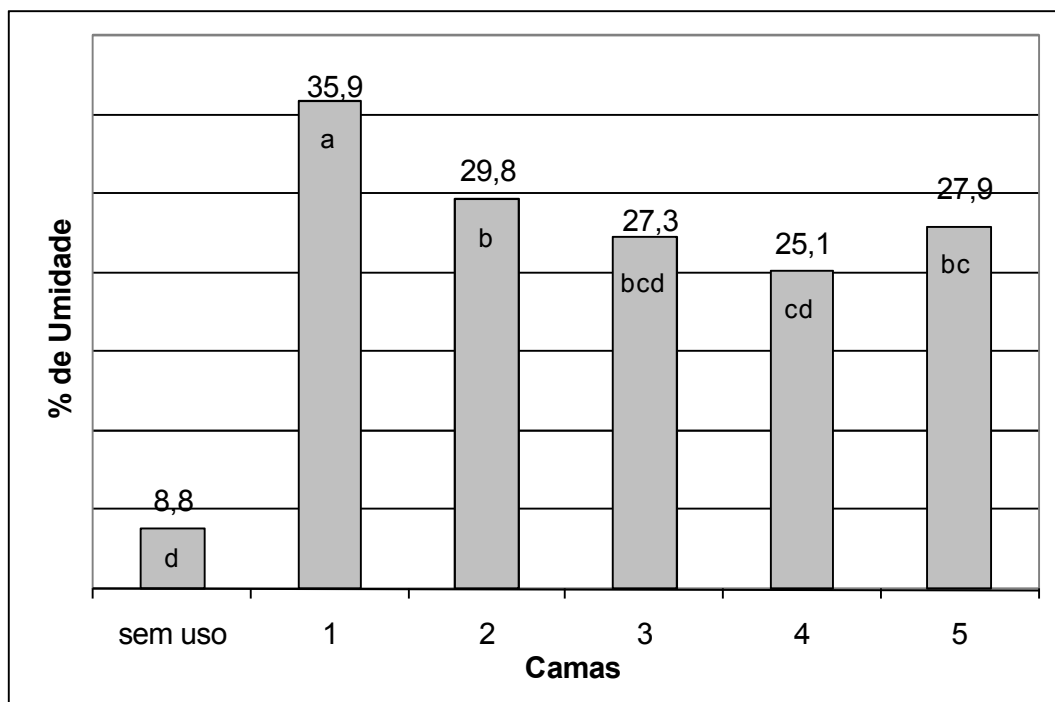


Figura 14: Nível de umidade em função do número de lotes de frangos criados sobre a cama

^{a,b,c,d}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Índice de germinação

A cama sem uso, quando incubada com semente de pepino, apresentou um IG de 109,6%, o qual foi superior ($P < 0,05$) ao IG observado para a amostra de cama sem uso incubada com alface 49,5%.

Quando os IG médios foram comparados em função do número de lotes de frangos criados sobre as camas (Tabela 4), a cama sem uso e a cama usada na criação de apenas um lote apresentam IG mais elevado que o das demais camas ($P < 0,05$), sem que tenham sido observadas diferenças entre os IG observados para as camas usadas na criação de 2 a 5 lotes de frangos ($P > 0,05$). O IG observado para a cama sem uso foi mais elevado do que o observado na cama usada na criação de somente um lote de frangos ($P < 0,05$). Portanto, os níveis de fitotoxicidade das camas usadas na criação de 2 a 5 lotes de frangos são os mais elevados, porém semelhantes. Não foi observada interação entre o número de lotes

criados sobre as camas e as sementes usadas para gerar o índice de germinação - IG ($P > 0,05$). Assim, a incubação das camas em sementes de pepino aparentemente produziu menor fitotoxicidade, independentemente do número de lotes de frangos criados sobre a cama (Tabela 4). Também não foram observadas diferenças no IG entre os vários produtores que forneceram amostras de camas de aviários ($P > 0,05$).

TIQUIA, et. al (1998) observou que a fitotoxicidade do material proveniente da compostagem de cama de suínos para a germinação de sementes é significativamente afetada pelo tempo de compostagem, indicando que realmente é necessário a realização de algum tipo de tratamento nas camas provenientes da criação de animais em confinamento. No mesmo trabalho, os autores comprovaram que devido à alta toxicidade da amostra no primeiro dia de compostagem, ou seja, a cama recém chegada do galpão dos suínos, praticamente não ocorreu germinação das sementes, enquanto que no 49º dia de compostagem, a germinação apresentou valores entre 80 e 100%, similares ao controle que incubava sementes com água destilada. Essa diferença entre pouca ou nenhuma germinação na amostra sem tratamento para níveis de germinação iguais ao controle para a amostra em compostagem indica que esse processo elimina a fitotoxicidade ao longo do tempo de duração do sistema.

Os índices de germinação foram comparados com o padrão de H_2O , que gerou um IG de 1 ou 100%, indicando que esse é o padrão referente a 100% de germinação. Assim, o crescimento das amostras incubadas com sementes de pepino pode ser considerado 9,6 pontos percentuais mais elevados do que o padrão com H_2O , enquanto que o crescimento das amostras incubadas com alface seriam 49,5 pontos percentuais inferiores ao padrão, indicando que o pepino demonstra comportamento mais próximo do ideal por apresentar mais semelhanças ao padrão com água destilada.

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos e índice de germinação (IG) para camas sem uso incubadas em sementes de alface e pepino de acordo com o número de lotes criados sobre a cama

Lotes	IG (%)			Parâmetros físico-químicos (g/kg)							pH	Umidade (%)
	Alface	Pepino	Médio	C	N	C/N	Ca	K	Mg	P		
0	49,5	109,6	79,5 ^a	467,4	2,9	164,0	1,0	2,9	0,3	0,7	5,9	8,8
1	10,2	24,0	17,1 ^b	458,9	18,4	25,3	12,3	19,5	5,0	5,5	8,8	35,9
2	1,8	5,9	3,9 ^c	409,8	24,1	17,1	21,0	28,3	8,5	7,6	8,7	29,8
3	3,3	6,5	4,9 ^c	421,5	26,7	15,9	22,9	29,4	7,9	7,3	8,6	27,3
4	0,4	7,5	3,9 ^c	416,3	28,7	14,5	24,2	30,4	8,5	7,8	8,5	25,1
5	1,1	5,9	3,5 ^c	415,1	31,2	13,3	29,8	33,5	10,4	9,3	8,7	27,9

^{a,b,c}Expoentes distintos indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

Uma vez que os níveis de carbono se mantiveram estáveis, em camas com diferentes usos, estas camas formariam dois grupos: um incluindo as camas sem uso e aquelas camas usadas na criação de um lote de frangos; e outro incluindo as demais camas (com 2 a 5 usos). Desta forma, na cama usada pelo primeiro lote de frangos, haveria uma pequena redução nos níveis de carbono em comparação com a cama sem uso, em função da incorporação de materiais com menor conteúdo de carbono com relação à massa de cama, considerando uma multiplicação de microorganismos, em função do número de animais. Posteriormente, a partir do segundo lote de frangos, há um equilíbrio entre a quantidade de carbono incorporado ao sistema (na forma de dejetos e ração), e a quantidade eliminada na forma de CO_2 e água, pela decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos. Aparentemente, este equilíbrio é mantido durante a criação de, pelo menos, cinco lotes de frangos.

Com o aumento gradativo das concentrações de nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e fósforo nas camas, na medida em que mais lotes de frangos são criados, é possível que as camas desempenhem papel similar ao de uma esponja, aumentando a concentração de nutrientes no meio. Ainda, os dados deste experimento sugerem que, com o aumento no número de lotes de frangos criados sobre uma mesma cama, a relação carbono nitrogênio (C/N) decai, favorecendo a decomposição microbiana através da compostagem, indicando que há um processo de decomposição logo após as primeiras incorporações de excretas dos animais. De acordo com alguns autores (Kiehl, 1998; Daí Pra et al, 2009), haveria uma estabilização gradativa da cama, na medida em que mais lotes de frangos são criados, possivelmente indicando que estas camas seriam consideradas mais maturadas. Inicialmente, esta pressuposição seria confirmada pela comparação da relação C/N entre as diferentes camas avaliadas neste estudo. Porém, os índices de germinação (IG) estimados a partir da incubação nas sementes usadas como bioindicadores, indicaram que todas as amostras de cama usadas na criação de lotes frangos foram consideradas fitotóxicas, em comparação com o padrão, uma vez que

amostras são consideradas maturadas quando apresentam IG entre 0,8 e 0,9 (Saviozzi *et al*, 1992). Portanto, embora demonstre a associação entre a concentração de carbono em função da concentração de nitrogênio, a relação C/N, isoladamente, não é um indicador eficiente do grau de maturação das camas. Por outro lado, o IG pode ser usado como um bioindicador, determinando se um material orgânico está maturado o suficiente para permitir o crescimento de sementes específicas.

Os resultados do presente estudo sugerem que o excesso de nutrientes pode ser associado ao caráter fitotóxico das amostras, pois, nas camas sem uso, os níveis de nutrientes são baixíssimos quando comparados com as demais camas e permitem um crescimento de sementes comparado ao do padrão com água, compondo um resultado de IG equivalente. O aumento das concentrações de alguns nutrientes pode ter sido decisivo como limitador dos processos de decomposição biológica, já que alguns deles, como o magnésio, são considerados tóxicos para microorganismos, quando depositados em excesso no meio. Estudos mais detalhados ainda são necessários para elucidar a associação entre um possível excesso dos nutrientes e a alta fitotoxicidade observado nas camas usadas por 2 ou mais lotes de frangos, que reduziram a germinação das sementes testadas, formando um material orgânico de baixo valor agronômico.

V CONCLUSÕES

As amostras de camas usadas na criação de 1 a 5 lotes de frangos apresentaram relação carbono/nitrogênio (C/N) dentro dos padrões considerados aceitáveis para materiais orgânicos estabilizados e aumento nos níveis de cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, em comparação com a cama sem uso. No entanto, de acordo com o índice de germinação, todas estas amostras de camas foram consideradas fitotóxicas. A semente de pepino foi um bioindicador mais eficiente para avaliar a fitotoxicidade de camas de aviário, em comparação com a semente de alface. A proposta de avaliação do grau de maturação de camas de aviário através de sementes de pepino como bioindicador se mostrou adequado para ser adotado como teste padrão pelo setor de avicultura.

VI POSSIBILIDADES FUTURAS

Esse trabalho indica a possibilidade de elaboração de um protocolo comercial para a realização do teste de fitotoxicidade, a partir de alterações no método originalmente proposto por Zucconi et al (1988), a ser adotado com padrão para ser utilizado pelos avicultores.

Este protocolo seria baseado no uso de semente de pepino como bioindicador, para a avaliação do índice de maturação de camas de aviários, com o objetivo de prevenir a aplicação em solo agrícola de camas ainda não devidamente maturadas, o que permitiria reduzir a poluição ambiental da avicultura no país, através da inclusão de critérios de biossegurança no processo de descarte de materiais orgânicos.

Através do estabelecimento do protocolo, bem como os materiais utilizados, torna-se possível o desenvolvimento de um kit de análise contendo a semente de pepino, os filtros, placas, papel parafilm e dosador para a cama, com o intuito de facilitar a realização das análises bem como o de padronização do método, com todos os interessados utilizando os mesmos tipos de materiais e sementes, oriundos de um único fornecedor.

VII REFERÊNCIAS

ACEAV. Associação Cearense de Avicultura, **Em 2020, consumo brasileiro de frango irá superar o das carnes vermelhas**, notícia, 2011. Disponível em: <http://www.aceav.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5144:em-2020-consumo-brasileiro-de-frango-ira-superar-o-das-carne-vermelhas&catid=45:avicultura-frango&Itemid=37>. Acesso em: 13 de março de 2011.

AMON, M.; DOBEIC, M.; SNEATH, R.W.; PHILLIPS, V.R.; MISSELBROOK, T. H.; PAIN, B.F. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. **Bioresource Technology** v.61, p.229-237, 1997.

AQUINO, A. M. **Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos**. EMBRAPA. Circular Técnica. n. 12. 2005.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Uberlândia. **Bioscience Journal**. v.23, n.3. p. 66-75, 2007.

AUGUSTO, K.V.Z. **Manejo de dejetos em granjas de postura comercial**. Avicultura industrial nº05, 2005.

AUGUSTO, K.V.Z. **Comentário Avícola**: Produção de fertilizantes a partir dos dejetos de aves, Revista Avicultura Industrial, 2009.

ÁVILA, V.S., GIROTTO, A.F. **Importância econômica: aspectos da produção, exportação, consumo e custos de produção e implantação de aviários**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoFrangodeCorte/Preservacao.html>>. Acesso em: 18 de abril de 2009.

ÁVILA. V.S.; JAENISCH, F. R. F.; PIENIS, L.C.; LEDUR, M.C. ALBINO, L. F.; OLIVEIRA, P: A: V: **Produção e manejo de frangos de corte**. Documentos Número 28. Embrapa Suínos e Aves. 1992. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoFrangodeCorte/Importancia-economica.html>>. Acesso em: 15 de março de 2011.

AVISITE, **Dados sobre a produção de frangos de corte em 2010** – Artigo Produção e mercado em resumo da Revista do AviSite, Produção Animal - Avicultura - Edição 45, janeiro de 2011.

AVIZOM – Associação dos Avicultores da Zona da Mata. **Projeto de pesquisa: Cama de frango**. Visconde do Rio Branco – MG, 2006.

BAIRD, C. **Química Ambiental**; 2ª Ed. Porto Alegre; 622 p. 2002.

BAMPI, V. **Avicultura industrial brasileira é a melhor do mundo**. ENGORMIX. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/industria-carne/artigos/avicultura-industrial-brasileira-melhor-t291/471-p0.htm>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2011.

BLAKE, J. P. Managing and processing poultry manure. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA**, 2, Santiago, 2000, **Anales**, p. 1-5.

BRASIL. **Ministério da agricultura**. DECRETO Nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982.

_____.Lei Federal nº. 6.938 de 31 de agosto de 1.981. Brasília: **Senado Federal**, 1981.

_____.**Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente** - Conama nº. 237 de 19 de dezembro de 1.997.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. Jr. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje**, v. 31, p. 68-71, 2002.

CCME. Canadian C. Environment Ministerial. **Guidelines for Compost Quality**. CCME 106 E. Toronto, 1996.

CHANG, M.H.; CHEN, T.C. Reduction of broiler house malodor by direct feeding of a Lactobacilli containing probiotic. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, p.313-317, 2003.

CHERNAKI-LEFFER. A.M. et al. Isolamento de Enterobactérias em Alphitobius Diaperinus e na cama de aviários no oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, p. 243-247, 2002.

COELHO, M.B.; KORNEGAY, E.T. **Phytase in animal nutrition and waste management**. BASF. 728 pp, 1996.

CORRÊA, E. K. **Produção de Suínos sobre Cama**, Pelotas, 2003.

DAÍ PRA, M.A. et. al. Uso de cal virgem para o controle de Salmonella spp. e Clostridium spp. em camas de aviário. **Ciência Rural**, v.39, p.1189-1194, 2009a.

DAÍ PRA, M.A. et. al. **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos**, Porto Alegre, Ed. Evangraf Ltda., 2009b.

DEMÉTRIO, R. **Efeitos da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa** – Carga microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ. 1988.

DINIZ FILHO, E. T.; MESQUITA, L. X.; OLIVEIRA, A. M.; NUNES, C. G. F.; LIRA, J. F. B. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde**, v.2, p 27-36, 2007.

Embrapa 2003, **Embrapa Suínos e Aves, Sistemas de Produção 2**, ISSN 1678-8850 Versão Eletrônica Jan/2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/manejodejetos.html>>. Acesso em: 14 de março de 2011.

Embrapa 2005, **Embrapa vai investigar eficácia de métodos para reutilização da cama de aviário**, 2005, Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=1679>>. Acesso em: 14 de março de 2011.

GIROTTTO, A.F.; ÁVILA, V.S.2003. **Embrapa Suínos e Aves, Sistema de Produção de Frangos de Corte**, Jan/2003, Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoFrangodeCorte/Importancia-economica.html>>. Acesso em: 15 de março de 2011.

GIROTTTO, A.F.; ÁVILA, V.S. **Sistemas de Produção de Frangos de Corte**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoFrangodeCorte/Preservacao.html>>. Acesso em: 24 de março de 2009.

GRIMES, J. L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, v. 1, 2004.

JARDIM, N. **Lixo Municipal**: manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica, IPT, 1995.

KELLER, P. Methods to evaluate maturity of compost. **Compost Science**, v. 2, p.20-26, 1961.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, SP. 1998.

LOUZADA, J.N.C. **Bioindicadores de qualidade ambiental**. Departamento de Biologia, UFL. V Congresso Brasileiro de Ecologia. Porto Alegre, RS, 2001.

LUCAS, J.; SANTOS, T.M.B.; OLIVEIRA, R.A.; **Possibilidade de uso de dejetos no meio rural**. In: WORKSHOP: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, 1, 1999, Campinas. Memória. Embrapa Meio Ambiente, 1999. p.42.

MAGUIRE, R.O.; DOU, Z.; SIMS, J.T.; BRAKE, J.; JOERN, B.C. Dietary strategies for reduced phosphorus excretion and improved water quality. **Journal of Environmental Quality**, v.34, p.2093-2103, 2005.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO/ SECRETARIA DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS DO AGRONEGÓCIO. **Balança Comercial do Agronegócio – 2007**. 2008. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acessado em: 26 de fevereiro de 2011.

MATTIAS et al. **Lixiviação de Cobre, Zinco e Manganês no solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2004. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2004/Fs239.pdf>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2011.

MENEZES, J. F. S; KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; PIMENTA, F. F. Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. **Boletim Técnico nº3**, FESURV, Rio Verde, GO, 2004.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

NASCIMENTO, A.M. et al. **Química e meio ambiente**: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico. Secretaria de Educação: Curso Formação Continuada Ciências Da Natureza, Matemática E Suas Tecnologias, 2005.

OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M.; NUNES, M.L.A. **Informe Embrapa - Efeito Estufa**. Suinocultura Industrial, ed. 172, 2003.

OVIEDO-RONDÓN, E.O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, (Supl) p.239-252, 2008.

OZORES-HAMPTON, M. et al. Effect of age of composted MSW and biosolids on weed seed germination. **Compost Science and Utilization**, v.7, p.51-57, 1999.

PAGANINI, F.J.; Manejo da cama. Macari M. (Eds) **Produção de frangos de corte**. Campinas, FACTA. p.107-116; 2004.

PAIVA, D. P. **Cartilha de compostagem de carcaças e resíduos das criações na propriedade rural**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Cartilha, 2006.

PAIVA, E.C.R. **A qualidade agronômica do composto produzido a partir de carcaças de frango e diferentes materiais orgânicos**. I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Bauru, 2010

PALHARES, J.C.P. **Manejo ambiental**. In: Embrapa Suínos e Aves. In: Sistemas de Produção de Frangos de Corte. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaoFrangodeCorte/Preservacao.html>>. Acesso em: 24 de março de 2009.

PAULA, S.N.C. Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais. **Monografia**. Monografia apresentada ao Curso de MBA em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Veiga de Almeida, VITÓRIA, 2010.

PERDOMO, C.C. **Suinocultura e meio ambiente**. In: WORKSHOP: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, 1, 1999, Campinas. Memória. Embrapa Meio Ambiente, 1999. p.43.

PITZ, I.W.; POSSAMAI, J.; PEREIRA, G.R. **Alternativas para tratamento de dejetos suínos**. Anais da X FETEC - Feira de Conhecimento Tecnológico e Científico. Rio do Sul, 2009.

RATHUNDE, P.H. **Viabilidade econômica da geração distribuída do biogás de dejetos animais no município de Cruz Machado**, Dissertação de Mestrado, UniFAE, Curitiba, 2010.

REHBEGER, T. C. Controlling litter microorganisms. **e-Digest**, v.2, n.6, p.1-6, 2002.

RICCI, M.S.F.; NEVES, M.C.P. **Embrapa agrobiologia sistemas de produção**, 2 - 2ª Edição, ISSN 1806-2830 Versão Eletrônica, Dez./2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/anexo04.htm>. Acesso em: 5 de abril de 2011.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JUNIOR, J. **Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia**. In: ZOOTECA, 2003; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECA, 13., 2003, Uberaba, 2003. p. 131-141.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R.; BENETTI, A. Evaluating garbage compost. **BioCycle, Emmaus**, v.33, p.72-75, 1992.

SILVA, C. A.; ANDREOLI, C. V. Compostagem como alternativa à disposição final dos resíduos sólidos gerados na CEASA CURITIBA/PR, **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 27-40, 2010

SURDI, L. **AVISITE.** Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/reportagem/anexos.asp?codigo=73&>>. Acesso em: 13 de março de 2011.

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

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of Nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, 110 p. 535-541, 2000

TURRA, F. **UBA – ABEF.** Disponível em: <<http://www.diariodamanha.com/noticias.asp?ID=5331>>. Acesso em: 13 de março de 2011.

ULLMAN, J.L.; MUKHTAR, S.; LACEY, R.E.; CAREY, J.B. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. Remedial management practices. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.521-531, 2004.

VERSTEGEN, M.W.A.; JONGBLOED, A.W. Crystalline amino acids and nitrogen emission. In: D'Mello J. P. F. **Amino acids in animal nutrition.** (Ed.) CAB International. London, UK. pp. 449-458, 2003.

WANG, W.; KETURI, P.H. Comparative seed germination tests using ten plant species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample. **Water Air and Soil Pollution**, v. 52, p. 369-376. 1990.

WARMANN, P.R. Evaluation of seed germination and growth tests for assessing compost maturity. **Compost Science and Utilization**, v.7., p.33-57, 1999.

ZOCHE J. J. Bioindicadores de qualidade ambiental. Laboratório de Ecologia de Paisagem Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2007. **Apostila didática pela disciplina de Análise Ambiental.**

ZUCCONI, F. et al. Evaluating toxicity in immature compost. **Biocycle, Emmaus**, v. 22, p.54-57, 1988.

_____. Evaluating toxicity of immature compost. **BioCycle, Emmaus**, v.22, p.27-29, 1981.