

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ALEX JUNIOR BARBOSA DE FARIAS

**ESTUDO DE VIABILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO PELETIZADA NÃO
COMPOSTADA COMO ADUBO ORGÂNICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2016

ALEX JUNIOR BARBOSA DE FARIAS

**ESTUDO DE VIABILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO PELETIZADA NÃO
COMPOSTADA COMO ADUBO ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do Curso de Licenciatura em Química do Departamento Acadêmico de Química – DAQUI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Estela Dos Reis Crespan

CAMPO MOURÃO

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE VIABILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO PELETIZADA NÃO COMPOSTADA COMO ADUBO ORGÂNICO

por

ALEX JUNIOR BARBOSA DE FARIAS

Este trabalho foi apresentado em 25 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química. O Candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Nelson Consolin Filho

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Marcilene Ferrari B. Consolin

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Estela Dos Reis Crespan

(UTFPR)

À minha mãe Eliana Barbosa De Farias, que sempre me apoiou, incentivando e quebrando barreiras para que eu pudesse concluir o curso de graduação.

À meu avô José Pedro De Farias, que as vezes sem mesmo perceber, em suas humildes conversas sempre passou inspiração para continuar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família em especial minha Mãe Eliana e meu avô José por sempre estarem ali preparados a qualquer momento para me dar o suporte necessário.

A minha orientadora Prof^o Dr. Estela Dos Reis Crespan pelo apoio, pela incansável orientação e sempre me incentivar.

A minha namorada Bruna pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos (as) pelo companheirismo, pela cumplicidade tanto no laboratório quanto em sala de aula e também nos bons momentos.

A todos os professores que participaram da minha formação acadêmica.

Aos professores Ms. Adriano Lopes Romero, Dr. Marcos Antonio Piza, Dra Morgana Suszek Gonçalves e Dra Darlene Lopes do Amaral Oliveira, pelas contribuições ao meu trabalho.

Aos técnicos Kássia, Marcos e Marcelo por passar todo esse tempo me auxiliando, sanando as dúvidas com paciência e compreensão.

Aos estagiários, Alex, Tatiana e Vinicius que assim como os técnicos me auxiliaram.

A UTFPR-CM por proporcionar o espaço utilizado na execução do trabalho.

A empresa Organix por proporcionar as amostras de cama de frango estudadas no trabalho.

Aos professores Dr. Nelson Consolin Filho e Dra Marcilene Ferrari Consolin que realizaram análises com apoio da Fundação Araucária através do convênio 043/2015.

E a Deus por me proporcionar saúde para viver tudo isso.

Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade.

(Marie Curie 1867-1934)

RESUMO

FARIAS, A. J. B. Estudo de viabilização da cama de aviário peletizada não compostada como adubo orgânico. 2016. 61 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2016.

O Brasil é um dos maiores produtores de aves de corte do mundo, como consequência gera toneladas de resíduos que podem causar inúmeros impactos ambientais, entretanto os nutrientes presentes nesse resíduo podem apresentar resultados satisfatórios em atividades agrônomicas. Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo estudar a viabilização do uso da cama de frango peletizada não compostada como adubo orgânico. Análises de caracterização físico-químicas foram realizadas, afim de avaliar os teores de nutrientes em camas de frango com diferentes ciclos de criação de aves para determinar o melhor material possível para a produção de pellets de cama de frango. Posteriormente foram realizados testes agrônomicos para estudo da atividade agrônômica do composto em estudo, por fim foram realizadas análises foliares para a quantificação de nutrientes absorvidos pelo cultivo da cultura do milho (*Zea mays*) em sistemas adubados com o pellet de cama de frango e sistemas adubados com adubo mineral para comparação. Os valores encontrados para os nutrientes P, K e principalmente N são satisfatórios, se enquadrando dentro dos valores determinados pela legislação (BRASIL-MAPA) e sempre próximos aos valores citados na literatura. Os resultados obtidos nos testes agrônomicos mostram uma boa atividade agrônômica, onde pudemos ver uma significativa vantagem no crescimento do milho cultivado em solo tratado com o pellet de cama de frango em relação ao crescimento do milho sem adubação e uma pequena inferioridade em relação ao cultivo em solo adubado com adubo mineral. A análise foliar em alguns casos, mostrou uma maior absorção de alguns nutrientes em cultivos do milho com a adubação orgânica. Assim concluímos que a utilização de cama de frango peletizada não compostada como adubo apresenta bons resultados no cultivo de culturas como o milho (*Zea mays*).

Palavras chave: Cama de frango, Pellet, Não Compostada, atividade agrônômica, Milho (*Zea mays*).

ABSTRACT

FARIAS, A. J. B. Feasibility study of the bed of poultry not composted pellet as organic fertilizer. 2016. 61 f. Work Completion Course (Licenciatura in Chemistry) - Federal Technological University of Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2016.

Brazil is one of the largest producers of poultry in the world, as a consequence generates tons of waste that can cause numerous environmental impacts, however the nutrients present in this residue can present satisfactory results in agronomic activities. In this context, the objective of this study was to study the viabilization of the use of non-compost pellet poultry as an organic fertilizer. Physical-chemical characterization analyzes were carried out in order to evaluate the nutrient content in chicken litters with different breeding cycles to determine the best possible material for the production of chicken bed pellets. Afterwards, agronomic tests were performed to study the agronomic activity of the compound under study. Finally, foliar analyzes were performed to quantify nutrients absorbed by maize (*Zea mays*) cultivation in systems fertilized with chicken bed pellets and fertilized systems With mineral fertilizer for comparison. The values found for nutrients P, K and mainly N are satisfactory, being within the values determined by the legislation (BRASIL-MAPA) and always close to the values quoted in the literature. The results obtained in the agronomic tests show a good agronomic activity, where we could see a significant advantage in the growth of the maize grown in soil treated with the chicken bed pellet in relation to the growth of corn without fertilization and a small inferiority in relation to the cultivation in Only fertilized with mineral fertilizer. Leaf analysis in some cases showed a higher uptake of some nutrients in maize crops with organic fertilization. Thus, we conclude that the use of a bed of pelleted chicken not composted as fertilizer has good results in the cultivation of crops such as maize (*Zea mays*).

Keywords: Chicken bed, Pellet, Uncooked, agronomic activity, Maize (*Zea mays*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cama de frango e galpão com criação de aves.	17
Figura 2: Máquina pelletizadora e cama de frango peletizada.	20
Figura 3: Sistema de absorção solo planta.	22
Figura 4: Variação de cor na titulação para determinação de Carbono Orgânico.....	35
Figura 5: Destilação e Titulação para a determinação do N total.....	39
Figura 6: Curva de calibração utilizada para determinação de K em cama de frango.	41
Figura 7: Curva de calibração utilizada para a determinação do P em diferentes ciclos de cama de frango.....	42
Figura 8: Germinação (sete dias) dos sistemas 1 e 2.....	46
Figura 9: Desenvolvimento inicial (vinte e sete dias) dos sistemas 1,2 e 3.	46
Figura 10: Processo de Modificação do Nitrogênio.	47
Figura 11: Germinação (sete dias) dos sistemas 1,2 e 3.....	49
Figura 12: Desenvolvimento inicial (vinte e dois dias) dos sistemas 1,2 e 3.....	49
Figura 13: Absorção do nitrogênio no cultivo do milho.	50
Figura 14: Curva de calibração utilizada para determinação de P na análise foliar.....	53
Figura 15: Curva de calibração utilizada para determinação de K na análise foliar.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Umidade de camas com diferentes ciclos de criação de aves.	32
Tabela 2: Umidade Gravimétrica.	33
Tabela 3: pH da cama de frango em seus diferentes ciclos de criação de aves.....	34
Tabela 4: Quantidades de C encontrados na cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.	36
Tabela 5: Quantitativo de N encontrado na cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.	38
Tabela 6: Valores de relação C/N da cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.	39
Tabela 7: Concentração de potássio encontrado na cama de frango com diferentes ciclos de criação de aves.....	41
Tabela 8: Concentração de fósforo nos diferentes ciclos de cama de frango.....	43
Tabela 9: Volume gasto de NaOH.....	43
Tabela 10: Valores de CTC encontrados nos diferentes ciclos da cama de frango.....	44
Tabela 11: Valores de Nitrogênio determinados pela análise foliar.....	52
Tabela 12: Valores de pH encontrados no solo (vermiculita) utilizado para plantio.	53
Tabela 13: Concentração de fósforo encontrados na análise foliar.	54
Tabela 14: Concentração de K encontrada na análise foliar.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAA – Espectrofotômetro de Absorção Atômico

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPNI – International Plant Nutrition Institute

ISO – International Standard Organization

BRASIL-MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

NPK – É uma sigla utilizada em estudos da agricultura, que indica a relação dos três nutrientes principais para as plantas (nitrogênio, fósforo e o potássio), também conhecidos como macro nutrientes, na composição de um fertilizante.

ONU – Organização das Nações Unidas

UV/VIS – Espectroscopia no Ultravioleta Visível

C/N – Relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio presente no material

CO – Carbono Orgânico

CTC – Capacidade de troca catiônica

LD – Limite de detecção

pH – Potencial hidrogeniônico

U – Umidade

M_i – Massa inicial

M_f – Massa final

M – Molar (mol/L)

HCl – Ácido clorídrico

H₂SO₄ – Ácido sulfúrico

NaOH – Hidróxido de sódio

NH₄⁺ - Íon amônio

(NH₄)₂SO₄ – Sulfato de amônio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO TEÓRICA	17
2.1 CAMA DE FRANGO	17
2.2 CAMA DE FRANGO E O IMPACTO AMBIENTAL	17
2.3 REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO	18
2.4 PELETIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO	19
2.5 PROCEDIMENTOS PARA ESTUDO DE VIABILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO COMO ADUBO ORGÂNICO	20
2.5.1 Caracterização Físico-Química	21
2.5.2 Testes Agronômicos	21
2.6 SISTEMA DE ABSORÇÃO DAS PLANTAS	22
2.7 NUTRIÇÃO DO MILHO	23
3 OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 UMIDADE ATUAL	25
4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	26
4.3 CARBONO ORGÂNICO (CO)	26
4.4 NITROGÊNIO TOTAL (N)	27
4.5 RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO (C/N)	27
4.6 POTÁSSIO (K)	27
4.7 FÓSFORO ASSIMILÁVEL (P)	28
4.8 CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIOS (CTC)	29
4.9 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE MILHO E DESENVOLVIMENTO INICIAL	29
4.10 ABSORÇÃO DE NUTRIENTES	30
4.10.1 Digestão $H_2SO_4 + H_2O_2$ (Kjeldahl)	30
4.10.2 Determinação do Nitrogênio	30
4.10.3 Determinação do Fósforo	31
4.10.4 Determinação do Potássio	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA DE FRANGO	32
5.1.1 Umidade Atual	32
5.1.2 Potencial Hidrogeniônico	33
5.1.3 Carbono Orgânico (CO)	34
5.1.4 Nitrogênio Total (N)	36
5.1.5 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)	39
5.1.6 Potássio (K)	40
5.1.7 Fósforo Assimilável (P)	41
5.1.8 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	43
5.2 TESTES AGRONÔMICOS	44
5.2.1 Primeiro Lote	45
5.2.2 Segundo Lote	49
5.3 AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NPK PELA CULTURA DO MILHO	50

5.3.1 Determinação do Nitrogênio	51
5.3.2 Determinação do Fósforo	52
5.3.4 Determinação do Potássio	54
6 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Desde a descoberta do Brasil o frango é utilizado como alimento, entretanto apenas a partir de meados do século XX que produções em grande escala começaram a se estruturar a nível comercial, o que ocorreu principalmente devido as novas possibilidades de melhoramento genético, assim como um maior investimento na estrutura de criação e abate. Na década de 90 a produção aviária deu um salto decisivo para a integração no mercado mundial, graças a abertura da economia latino-americana, da reorganização e reestruturação da base agroindustrial da cadeia produtiva do frango e o aumento per capita de consumo de frango (RODRIGUES; GARCIA et al., 2014).

A produção de frangos de corte é a forma mais eficiente e barata de produzir proteína animal para alimentação humana no mundo, em curto tempo, com utilização de pouca água, energia e espaço. A maior parte dos frangos é produzida em sistemas industriais com alta eficiência econômica na utilização de recursos e mão de obra (OVIEDO-RONDÓN, 2008). Aproveitando-se destas características, o Brasil, é hoje, um dos maiores produtores de carne de frango do mundo, sendo o maior exportador mundial e se tornou o segundo colocado do ranking de produção geral a partir do final de 2015, ultrapassando a China, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

No entanto, assim como toda atividade humana de produção, a avicultura também gera resíduos (OVIEDO-RONDÓN, 2008). Com a grande produção de aves de corte, surgem resíduos na forma de esterco, efluentes, camas e aves mortas. Estes resíduos possuem concentrações importantes de nitrogênio, fósforo, potássio, minerais traço como cobre e zinco, e uma alta carga de bactérias (TERZICH et al., 2000). Porém, a rápida decomposição destes resíduos, dentro e fora dos lugares de produção avícola, pode afetar a qualidade do ar, devido a produção de muito pó, emissões de gases como amônia, exalação de odores, pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio, e outros compostos orgânicos voláteis que aumentam os odores e além disso a incineração de carcaças de aves mortas libera dióxido de sulfuroso, oxido nítrico, cinzas e odores (ROBARGE et al., 1999; ZHONGCHAO & ZHANG, 2004; LACEY et al., 2004; WILLIAMS et al., 1999; NAHM, 2000; SEIFFERT et al., 2000).

Resíduos aviários ainda são responsáveis por poluir as águas superficiais e o lençol freático, aumentando os nutrientes minerais, as substâncias orgânicas que demandam

oxigênio, materiais em suspensão e em algumas ocasiões microrganismos patogênicos, tornando a água imprópria para o consumo humano e animal. (SEIFFERT, 2000). Nitrogênio e o fósforo são os dois nutrientes com maior potencial poluente para os corpos de água superficiais. A concentração de fósforo nas águas superficiais não deve ser maior de 0.05 mg L⁻¹ para cursos de água e 0,10 mg L⁻¹ para lagos e reservatórios. A eutrofização ocasionada por estes nutrientes é responsável pelo aumento da população de algas na água, elevando a concentração de oxigênio dissolvido durante o dia, sendo utilizado no processo de respiração das algas à noite e sob condições de dias nublados (NAHM, 2004; MAGUIRE et al., 2005). A baixa concentração de oxigênio dissolvido pode resultar na mortandade de peixes e ictiofauna associada. Igualmente, o ambiente anaeróbico causa a produção de metano, aminas e sulfitos (WILLIAMS et al., 1999). A matéria sólida suspensa nos corpos de água pode afetar o oxigênio dissolvido por redução na penetração de luz solar e conseqüentemente à geração de oxigênio livre através da fotossíntese de algas e plantas aquáticas (SEIFFERT, 2000).

Os resíduos aviários podem ser tanto um poluente como um recurso e desde que ocorra o manejo adequado, os altos índices de nutrientes levam a um impacto ambiental mínimo. Atualmente existe um grande interesse, a nível mundial, da indústria avícola incluindo empresas integradoras, produtores, instituições de pesquisa agropecuária e universidades, para desenvolver e aplicar novas tecnologias desse manejo dos resíduos da produção de frangos de corte (OVIETO-RONDÓN, 2008).

Para se utilizar resíduos na agricultura alguns aspectos, tanto do resíduo como da cultura em questão, devem ser cuidadosamente analisados. Para os resíduos da produção de frangos de corte especificamente, deve ser realizada uma caracterização físico e química, envolvendo testes de umidade, potencial hidrogeniônico, teores de carbono orgânico e determinação do teor de macro e micro nutrientes. Após esta caracterização é necessária a realização de alguns testes agrônômicos onde segundo Pires et al. (2008) um resíduo pode estar isento ou apresentar concentrações consideradas seguras de elementos ou substâncias contaminantes e mesmo assim não ser adequado para o uso agrícola, para este autor a adição de um material ao solo agrícola só se justifica quando este resulta em benefícios agrônômicos como a melhora dos atributos relacionados à fertilidade do solo.

Geralmente, esta eficiência agrônômica é avaliada por meio de um experimento em vasos, em casa de vegetação, onde são cultivadas plantas em solo tratado com o resíduo e em solo tratado com insumos tradicionais, para comparação, sendo que o desenvolvimento e a produtividade das plantas são as principais variáveis observadas. Com base na caracterização do resíduo, pode-se definir se esse apresenta potencial para ser um condicionador do solo e/ou

uma fonte de um ou mais nutrientes e, conseqüentemente, os tratamentos que serão utilizados no referido experimento. A partir dos resultados do experimento em vasos, definem-se quais doses serão testadas no campo para validar os resultados obtidos em condições controladas (PIRES et al, 2008).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo realizar a caracterização físico-química da cama de frango *in natura* e a cama de frango peletizada, assim como a avaliação da eficiência agrônômica frente à cultura do milho (*Zea Mays*).

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 CAMA DE FRANGO

Cama de frango, também conhecida como cama de aviário, consiste de uma mistura de materiais vegetais onde os mais utilizados são as serragens, palhadas e maravalhas (raspas de madeira), podendo ser a cama de frango constituída de apenas um desses materiais ou de uma mistura. Este material tem a função de absorção da umidade, diluição de uratos e fezes, isolamento térmico, além de proporcionar uma superfície macia para as aves, evitando a formação de calo no peito (HERNANDES et al., 2002).



Figura 1: Cama de frango e galpão com criação de aves.
Fonte: MF Rural e Canal Rural

Ainda segundo Hernandez et al. (2002), vários fatores podem afetar a composição da cama aviária, tais como tipo ou composição da ração, natureza e quantidade do material de cobertura do piso do galpão, período de permanência das aves sobre o material, número de aves por área, condições e período de estocagem entre outros.

2.2 CAMA DE FRANGO E O IMPACTO AMBIENTAL

Para se falar em impacto ambiental é necessário primeiro defini-lo. Segundo o art. 3º da lei federal nº 6.938 de 1981, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, é “o conjunto de

condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Já a Resolução CONAMA 01/86 define impacto ambiental como:

“(…) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem:

- i - a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- ii - as atividades sociais e econômicas;
- iii - a vida;
- iv - a qualidade dos recursos ambientais. (...)”

A partir do final do século XX a atividade avícola no Brasil dá um grande salto, de mãos dadas com a grande produção de aves vem os grandes criadouros de aves, gerando uma grande quantidade de resíduos, formado pela cama de frango, constituída de palhas, serragens, fezes, resto de ração e animais mortos. Esse resíduo contém quantidades consideráveis de alguns elementos como o nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo.

Ao se falar em impacto ambiental, a primeira coisa que vem em mente é algo ruim, prejudicial, porém impacto ambiental é qualquer alteração, nas propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente, se não tomado os devidos cuidados no manejo desses resíduos, os mesmos podem poluir águas superficiais e lençóis freáticos, podem aumentar os nutrientes minerais, as substâncias orgânicas que demandam oxigênio, materiais em suspensão e em algumas situações micro-organismos patogênicos (SEIFFERT, 2000), mas se tomado os devidos cuidados no manejo a cama de frango pode ter algumas reutilizações favoráveis econômica e ambientalmente .

2.3 REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO

É comum o uso de cama de frango como adubo, tanto em hortas de fundo de quintal ou até mesmo em grandes plantações. A grande concentração de certos nutrientes sendo os mais significativos fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), carbono (C) e o mais evidente o nitrogênio (N) são os principais responsáveis pelo potencial de adubação da mesma.

O cultivo de plantas sejam elas tanto geradoras de grãos quanto de pastagem, implica na disponibilidade de nutrientes em quantidade suficiente ou equilibrada para o seu desenvolvimento produtivo. O manejo de produção de aves é baseado na alimentação de concentrados, porém apenas uma pequena porcentagem deste concentrado é metabolizado e

utilizado no desenvolvimento das aves, a maior parte é eliminada pelas fezes e urina (EQUIPE BEEFPOINT, 2009).

Devido a grande disponibilidade em matéria orgânica e nutrientes a cama se mostra com grande potencial agrônômico. Os benefícios alcançados pela utilização da cama de frango como adubo, além de químicos pela significativa concentração de macro e micro nutrientes, são também físicos pois a matéria orgânica ajuda a diminuir a compactação do solo e ainda retém umidade.

Em função de seu potencial de fertilização, preservação do solo e do seu baixo custo a cama de frango se torna fundamental para o desenvolvimento de culturas agrícolas. Segundo Lima et al. (2007) analisando a influência da cama de frango como adubo em Latossolo Vermelho Distrófico o mesmo se mostra de grande importância na complementação e equilíbrio de nutrientes químicos.

A cama de aviário possui uma grande concentração de elementos que são denominados como macro e micro nutrientes, esses nutrientes são essenciais para o pleno desenvolvimento de plantas, entretanto a maior parte desses nutrientes está na forma orgânica, forma não adequada para absorção pelas plantas, apenas o nitrogênio inorgânico (N_i) é absorvido pelas plantas. A alternativa mais utilizada para diminuir esse problema é a compostagem, o processo é relativamente simples em termos industriais, porém existe o fator negativo “tempo”, que para uma produção comercial de grande escala de adubo orgânico e organomineral levaria a alguns déficits de produção (LANA, 2009; BENITES, 2010).

2.4 PELETIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO

A cama de frango se apresenta como uma boa opção em processos de adubação. Nos últimos anos o material vem ganhando certo destaque, porém sua utilização ainda é extremamente baixa em comparação com produtos convencionais. De todo o volume de fertilizante de base orgânica (orgânico e organomineral) produzido no país, apenas uma pequena parcela é destinada a grãos e fibras. A pouca utilização por esse segmento pode ser atribuída à baixa concentração de nutrientes em relação a fertilizantes químicos e às características físicas do produto, uma vez que a maior parte dos fertilizantes organominerais é comercializada na forma de farelo ou pó, fator este que dificulta a utilização de implementos agrícolas do tipo plantadeira (BENITES et al., 2010).

A produção de fertilizantes organominerais na forma granulada e/ou peletizada, de forma que sejam oferecidos ao mercado produtos padronizados e com concentrações de nutrientes equivalentes às fórmulas minerais comerciais, representa o principal desafio tecnológico para ampliação do uso desses fertilizantes no Brasil. Ademais, as culturas de soja e milho utilizam os fertilizantes aplicados em quase sua totalidade na forma granulada, o que representa mais da metade de todo o consumo de fertilizantes minerais, aproximadamente 12 milhões de toneladas/ano (ANDRADE, 2009).



Figura 2: Máquina pelletizadora e cama de frango peletizada.
Fonte: Dorset GM

2.5 PROCEDIMENTOS PARA ESTUDO DE VIABILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO COMO ADUBO

Por ser rica em nutrientes e matéria orgânica a cama de frango pode ser utilizada para adubação de culturas, cada cultura tem suas especificidades quanto a sua necessidade de nutrientes, variando assim a quantidade de adubo para cada uma delas. Além das variações de quantidade de produto (cama de frango) necessário para cada cultura específica, existirá outra variação na quantidade de aplicação, porém essa dependerá das concentrações de nutrientes existentes na cama. Diferente de adubos químicos convencionais a cama é um resíduo constituído de uma mistura de maravalha, palhas entre outros como resto de ração, fezes, urina e resto de aves mortas, a concentração de nutrientes é muito variável neste tipo de composto. Entre os fatores responsáveis pela alteração de concentração desses nutrientes, destaca-se o número de aves por metro quadrado no aviário, o tipo de concentrado utilizado

na alimentação, o número de vezes que a cama foi reutilizada e até mesmo o tipo de material que foi usado na confecção da cama.

Para ter conhecimento da quantidade de material que será necessário utilizar para adubação é preciso, além de conhecer a necessidade da cultura que está sendo cultivada, a concentração de cada nutriente existente na cama, ou seja, realizar uma marcha agrônômica do material, com caracterizações físico-químicas e testes agrônômicos de germinação e absorção de nutrientes (análise foliar) (MALAVOLTA, 1987; FAQUIN, 2005; PIRES & MATTIAZZO, 2008).

2.5.1 Caracterização Físico-Química

A caracterização de resíduos é realizada com base na avaliação da composição do resíduo, obtida a partir de várias determinações nas amostras coletadas (PIRES e MATTIAZZO, 2008). Entre as avaliações as mais utilizadas são: Umidade, pH, carbono orgânico e teor de nutrientes. Após a caracterização físico química da cama de frango, o passo seguinte, conforme alguns estudos, envolve a realização de testes agrônômicos como a germinação e a análise do desenvolvimento de culturas em diferentes concentrações da cama. O último passo envolve a quantificação do quanto essas plantas estão absorvendo dos principais macro e micro nutrientes como o fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e cobre (Cu).

2.5.2 Testes Agrônômicos

Após a etapa de caracterização, onde se determina se o composto tem concentrações razoáveis ou compatíveis de nutrientes, parte-se para a etapa de cultivo de culturas em pequenas amostragens, comparando-se às grandes lavouras agrícolas, com o fim de avaliar se a cama apresenta concentrações favoráveis ao desenvolvimento da planta. Geralmente, a eficiência agrônômica é avaliada por meio de um experimento em vasos, em casa de vegetação, onde são cultivadas plantas em solo tratado com o resíduo e em solo tratado com insumos tradicionais, para comparação, sendo que o desenvolvimento e a produtividade das

plantas são as principais variáveis observadas. (PIRES & MATTIAZZO, 2008). A partir dos resultados do experimento em vasos, definem-se quais doses serão testadas no campo para validar os resultados obtidos em condições controladas (PIRES & MATTIAZZO, 2008).

2.6 SISTEMA DE ABSORÇÃO DAS PLANTAS

O solo é o meio que atua como reservatório de minerais necessários às plantas. (FAQUIN, 2005). O esquema abaixo traz uma visão geral de compartimentos e vias de comunicação ou de transferência de um elemento X, geralmente um nutriente da planta. O sistema é aberto em que os X são constantemente removidos de um lado, a uma fase sólida (reservatório) e acumulados no outro, a planta:

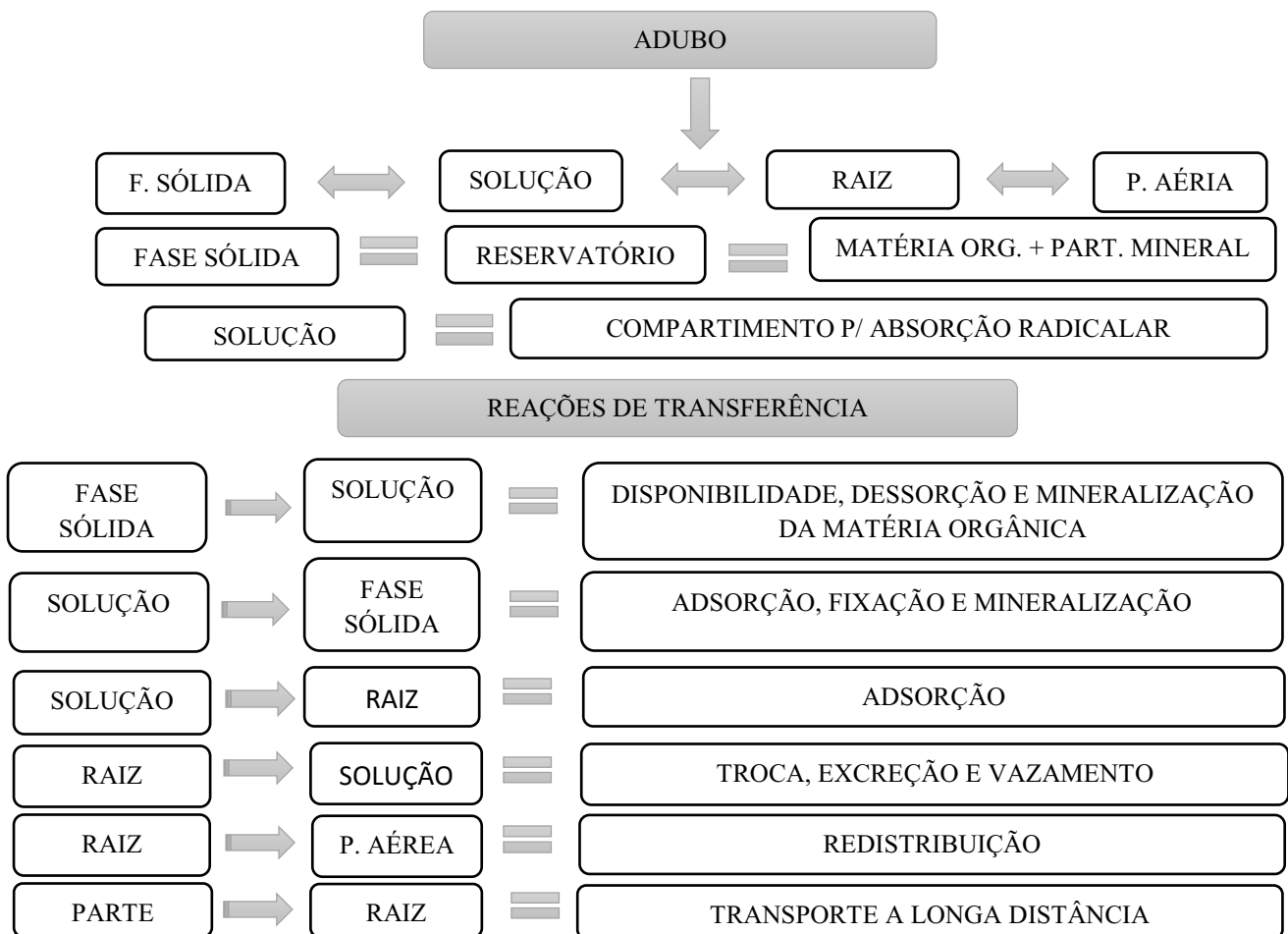


Figura 3: Sistema de absorção solo planta.
Fonte: Adaptado (MALAVOLTA, 1989).

A solução do solo é o sistema de onde a raiz absorve os elementos essenciais. Quando a fase sólida, constituída de matéria orgânica e minerais, não consegue transferir para a solução do solo quantidades eficientes de um nutriente qualquer (X), é necessário realizar a correção dessa ineficiência por meio de aplicação de fertilizante, que contém o elemento em falta. Isto significa que a prática da adubação, consiste em cobrir a diferença entre a quantidade do nutriente exigida pela planta e o fornecimento pelo solo, multiplicado por um fator K, cujo valor numérico é sempre maior que 1, para compensar as perdas do adubo (FAQUIN, 2005).

A divisão dos nutrientes é baseada pela quantidade necessária dos mesmo pelas plantas, onde os macronutrientes como N, P e K são os requeridos em grandes quantidades, e fazem parte de moléculas essenciais, apresentando função estrutural importante nas plantas. Já os micronutrientes são requeridos em menor quantidade, alguns deles como B, Cl, Cu e Fe, fazem parte das enzimas e apresentando função reguladora (UNIFERTI, 2012).

2.7 NUTRIÇÃO DO MILHO

Em relação aos nutrientes requeridos em culturas como milho, Coelho (2006) cita que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se de cálcio, magnésio e fósforo. Já os micronutrientes são requeridos em quantidades bem baixas, porém a deficiência de um deles pode causar grandes efeitos comparando-se a deficiência de um macro nutriente.

Quando um desses nutrientes, seja ele macro ou micro, está em deficiência a planta começa apresentar alguns sintomas que podem ser avaliados visualmente (diagnose visual). Segundo Malavolta & Dantas (1987) citados por Coelho (2006) alguns sinais característicos podem evidenciar a deficiência de um nutriente específico. A deficiência de N, por exemplo, causa o amarelecimento das folhas inferiores da ponta para a base em forma de “V”, ressecamento começando na ponta das folhas mais velhas e progredindo ao longo da nervura principal. Já a deficiência de enxofre pode causar coloração amarelo-pálido ou verde suave em folhas novas e recém-formadas. Ao contrário da deficiência de N, os sintomas ocorrem nas folhas novas (COELHO, 2006)

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência da cama de frango peletizada não compostada como adubo orgânico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer a caracterização físico-química da cama de frango *in natura* e peletizada, em diferentes remessas de produção de aves.
- Realizar ensaios de germinação de sementes na presença do pellet e de adubo mineral.
- Determinar a absorção de nutrientes pela cultura do milho (*Zea Mays*).

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho previu a caracterização e aplicação da cama de frango no desenvolvimento da cultura de milho (*Zea Mays*). A cama de frango foi fornecida pela empresa Organmix - Indústria e comércio de adubos e fertilizantes - ME, situada na Rod PR 467, Km 2, bairro Gleba Jaracatia, no município de São Tome - PR. Utilizou-se, amostras *in natura* e amostras peletizada de diferentes ciclos de utilização no aviário. A caracterização foi feita por meio de análises físico-químicas.

Para as análises físico-químicas utilizou-se os seguintes procedimentos:

- Umidade (U)
- Potencial hidrogeniônico (pH)
- Carbono orgânico (CO)
- Nitrogênio total (N)
- Relação carbono/nitrogênio (C/N)
- Potássio (K)
- Fósforo (P)
- Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Posteriormente realizou-se os testes agrônômicos:

- Avaliação da germinação e desenvolvimento inicial de sementes de milho em sistema enriquecido com cama de frango peletizada.
- Caracterização da adsorção de nutrientes pelas plantas

4.1 UMIDADE ATUAL (U)

Para a determinação de umidade atual adicionou-se a amostra em placa de Petri, pesou-se e transferiu-se para estufa a 105 – 110°C, após 24 horas retirou-se da estufa, deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se novamente a amostra.

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

A medição do potencial hidrogeniônico foi realizada por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo (cama de frango): líquido. Na determinação do potencial hidrogeniônico adicionou-se 10 g de amostra em um béquer de 100 mL. Adicionou-se 25 mL de líquido (água e/ou solução de KCl) agitou-se e deixou-se em repouso por aproximadamente uma hora. Em seguida procedeu-se com a leitura do pH com aparelho phmetro digital – Model PHS – 3B – pH METER. O phmetro foi ligado 30 minutos antes de se iniciar a calibração e utilização do mesmo.

4.3 CARBONO ORGÂNICO (CO)

A determinação do Carbono foi realizada utilizando-se o método de Walkey & Black, onde colocou-se 0,5 g de amostra, previamente triturada em gral e passada em peneira de 80 mesh em erlenmeyer de 250 mL. Pipetou-se 10 mL da solução de dicromato de potássio $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ e adicionou-se ao erlenmeyer com a amostra, no mesmo colocou-se um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura, cheio de água e protegido com papel alumínio, na boca do erlenmeyer, onde funcionará como condensador. Aqueceu-se em placa de aquecimento até fervura branda durante 5 minutos. Posteriormente deixou-se esfriar, adicionou-se 80 mL de água destilada, 1 mL de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador difenilamina a 10 g L^{-1} .

Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal $0,05 \text{ mol L}^{-1}$. A viragem ocorre quando a cor azul desaparece dando lugar à verde. Anotou-se a quantidade de mililitros gastos. Efetuou-se uma prova em branco com 10 mL da solução de dicromato de potássio e anotou-se o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto.

4.4 NITROGENIO TOTAL (N)

A determinação do teor de nitrogênio total foi realizada utilizando-se o método Kjeldhal por destilação a vapor, onde partiu-se de 0,7 g de cama de frango que foi transferido para um balão de 100 mL, em seguida adicionou-se 15 mL de mistura ácida de sulfatos e procedeu-se a digestão fervendo o conteúdo até a completa destruição da matéria orgânica. Após resfriar, adicionou-se 25 mL de água e agitou-se para homogeneização, adicionou-se 2 gotas de solução xaroposa de cloreto férrico. Juntou-se gradativamente, solução de NaOH a 30% até que a solução apresente coloração castanho-claro, nesse momento se inicia a formação dos compostos básicos de ferro.

Em paralelo adicionou-se 25 mL de solução de ácido bórico a 4% em erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se a esta solução 5 gotas do indicador misto (verde de bromocresol + vermelho de metila). A extremidade livre do destilador N – TE – 0363 Tecnal foi inserida na solução, estando imersa na solução até o fim da destilação. Adicionou-se então 2 mL de NaOH 30% e procedeu-se com a destilação da amônia a vapor durante 5 minutos. O volume destilado, depois de frio foi titulado com solução padronizada de H_2SO_4 $0,005 \text{ mol L}^{-1}$, até a mudança da cor roxa ou azulada para rosa. Por fim realizou-se o teste com branco.

4.5 RELAÇÃO CARBONO / NITROGÊNIO (C/N)

A relação foi determinada pela divisão dos níveis de carbono pelos de nitrogênio já determinados.

4.6 POTÁSSIO (K)

Para determinar o teor de Potássio nas amostras da cama de frango utilizou-se da Espectrometria de Absorção Atômica (EAA). Onde partiu-se de 40 g da amostra e transferiu-se para um béquer, adicionou-se 50 mL de água e 2 g de carvão ativo, ferveu-se por 10 minutos. Esfriou-se e filtrou-se à vácuo. Pipetou-se 2 mL e transferiu-se para balão

volumétrico de 100 mL, completou-se o volume com água, para posterior leitura no Espectrofotômetro de Absorção Atômica da marca Analytik Jena, modelo NOVAA300.

4.7 FÓSFORO ASSIMILÁVEL (P)

A determinação do fósforo assimilável foi realizada utilizando-se da Espectrometria de absorção no ultravioleta/visível. Para o preparo das amostras, em um erlenmeyer de 125 mL adicionou-se 5 g de cama de frango. Adicionou-se 50 mL de solução extratora (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), agitou-se durante 5 minutos. Alguns aglomerados se formaram os mesmos foram ser desmanchados, deixou-se em repouso durante uma noite e/ou até a completa decantação.

Coletou-se 25 mL do extrato e transferiu-se para um recipiente plástico (béquer), desse pipetou-se 5 mL e adicionou-se em erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída, como redutor adicionou-se ao sistema 30 mg de ácido ascórbico em pó. Agitou-se durante 2 minutos, deixou-se em repouso durante uma hora para o desenvolvimento da cor, em seguida realizou-se leitura de densidade ótica em Espectrofotômetro de absorção no ultravioleta/visível de marca PG Instruments Ltd modelo T70, usando comprimento de onda de 660 nm.

Para os cálculos de determinação utiliza-se a equação:

$$P_{(g/kg)} = L \cdot F_p \cdot 10 \quad (13)$$

L = leitura da amostra

Para a determinação do F_p adicionou-se 10 mL de cada solução padrão diluída em erlenmeyers de 125 mL, ainda no mesmo erlenmeyer adicionou-se 20 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluída e uma ponta de espátula de ácido ascórbico. O mesmo procedimento se aplica para a determinação do fósforo no extrato de cama de frango. As leituras serão realizadas em absorbância. O fator F_p é o coeficiente angular da reta que se obtêm, cruzando-se os valores de concentração de fósforo em mg/kg dos padrões no eixo das abcissas e as respectivas leituras no eixo das ordenadas.

4.8 CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)

Pesou-se 2,00 g de cama de frango e 1,00 g de carvão ativo, transferiu-se para erlenmeyer de 250 mL, no mesmo sistema juntou-se 100 mL de HCl 0,5 mol L⁻¹ e agitou-se por 30 minutos.

A amostra foi filtrada a vácuo. Lavou-se o retido com porções de água destilada, procedendo a uma nova lavagem só após todo o líquido da lavagem anterior ter sido drenado. Efetuou-se um número de lavagens suficiente para ter um volume de 350 mL no Kitassato. Para cada amostra trocou-se o kitassato.

Transferiu-se 100 mL da solução de acetato de cálcio 0,5 M para copo de 250. Esse volume de solução foi distribuído por toda a superfície do material orgânico retido no funil de Büchner, em sucessivas porções de 15 mL, sob vácuo. Adicionava-se uma nova porção da solução de acetato somente após a porção anterior ter sido totalmente drenada. Na sequência, lavou-se com porções de água até atingir um volume de aproximadamente 300 mL no kitassato. Titulou-se a amostra do kitassato com solução 0,1 mol L⁻¹ de NaOH padronizada, empregando a solução de fenolftaleína como indicador. Conduziu-se uma prova em branco em duplicata, empregando o carvão ativado, sem a presença da amostra.

4.9 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL

O experimento para germinação foi instalado em triplicatas para cama com sete ciclos de criação de aves. As sementes de milho (*Zea Mays*) foram implantadas em copo descartável com solo (vermiculita) enriquecida com cama de frango, com variações de concentração. A utilização da vermiculita visou a mínima influencia do solo no desenvolvimento da planta, essa etapa do trabalho objetiva avaliar a capacidade agronômica (adubação) apenas da cama de frango, sem influencia de outros, assim a vermiculita por se apresentar de forma inerte se torna uma ótima opção para esse teste, tendo influencia mínima. A avaliação da germinação foi feita 10 e 30 dias após o início da germinação para o primeiro lote, já para o segundo lote a avaliação ocorreu com 10 e 24 dias após o início da germinação.

A avaliação realizada nessa etapa envolveu a mensuração de plantas, a qual consiste de uma avaliação macroscópica, para uma avaliação mais específica realizou-se técnicas que

avaliaram microscopicamente, sendo a alternativa utilizada para esse tipo de análise a avaliação da absorção de nutrientes pela planta.

4.10 ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

A avaliação da absorção de nutrientes pela cultura do milho foi baseada pela quantificação dos macronutrientes NPK. Na determinação de Nitrogênio (N) utilizou-se a técnica de Destilação-Titulação (Kjeldahl). Na determinação de Fósforo (P) utilizou-se a técnica de Espectrofotometria no Ultravioleta Visível com Azul-de-Molibdênio e por último para a determinação do Potássio (K) utilizou-se EAA.

4.10.1 Digestão $H_2SO_4 + H_2O_2$ (Kjeldahl)

Transferiu-se 100 mg de amostra para tubo digestor e adicionou-se 1 g de mistura 1:1 de sais sulfato de potássio e de cobre, 3 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio 30%.

Colocou-se em bloco digestor, aqueceu-se lentamente até 350 °C e manteve-se a essa temperatura até a obtenção de um líquido esverdeado.

Esfriou-se e completou-se o volume até 50 mL de água.

O procedimento distrito acima para digestão da amostra se aplica para a determinação dos três macronutrientes, NPK.

4.10.2 Determinação de Nitrogênio

O método está baseado na produção de amônio (NH_4^+) pela digestão com ácido sulfúrico, que é destilado em meio fortemente alcalino. O NH_4^+ condensado é coletado na solução de ácido bórico e titulado com solução de HCl.

No procedimento transferiu-se todo o extrato digerido de H_2SO_4 para o destilador Kjeldahl, conectou-se um béquer de 100 mL com 25 mL de H_3BO_3 2% na ponta do destilador e adicionou-se 10 mL de NaOH no digerido.

Abriu-se a torneira do vapor de água e destilou-se até completar 45 mL de solução. A coloração da solução de H_3BO_3 passa de vinho para verde.

Titulou-se com solução de HCl 0,01 mol L⁻¹. O ponto final da titulação é a coloração inicial na cor vinho.

Para a determinação das concentrações utilizou-se a seguinte equação:

$$N - NH_4 \text{ g kg}^{-1} = (V_b - V_a) \cdot 1,4 \quad (14)$$

Em que V_a é o volume de ácido gasto na titulação do branco e V_b é o volume de ácido gasto na titulação da amostra.

4.10.3 Determinação de Fósforo

No procedimento pipetou-se 5 mL de solução digerida de H_2SO_4 em tubo de 30 mL, adicionou-se 10 mL da solução diluída de molibdado de amônio, uma ponta de espátula de ácido ascórbico e agitou-se.

Após 30 minutos efetuou-se a leitura no espectrofotômetro em 660 nm.

Para os cálculos de determinação utiliza-se a equação:

$$P_{(g/kg)} = L \cdot F_p \cdot 10 \quad (15)$$

4.10.4 Determinação de Potássio

No procedimento pipetou-se 2 mL da solução de digestão em tubo de ensaio de 30 mL e completou-se o volume até 20 mL com água. Efetuou-se a leitura no Espectrofotômetro de Absorção Atômica da marca Analytik Jena, modelo NOVAA300.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA DE FRANGO

5.1.1 Umidade Atual

Ao se falar em adubo orgânico logo se vem à mente um material com uma elevada taxa de umidade, taxa essa oriunda em quase totalidade do processo de compostagem. A cama de frango estudada nesse trabalho não passa por processo de compostagem, fator que pode levar a uma grande diferença dos teores de umidade quando comparada a uma cama com compostagem. As análises foram feitas em triplicata e a **Tabela 1** apresenta os menores e maiores valores em massa da cama úmida (inicial) e da cama seca (final) de diferentes ciclos de criação de aves. Os resultados obtidos foram bem próximos ao se comparar as camas dos diferentes ciclos. O valor máximo permitido pela Legislação brasileira (BRASIL-MAPA) é de até 20%, muito acima dos valores apresentados na **Tabela 2** (BRASIL-MAPA, 2009). Os resultados obtidos são satisfatórios, quando leva-se em consideração o máximo permitido pela legislação e o interesse de comercialização desse material, caso houvesse excesso de umidade, a probabilidade do material se tornar inadequado para uso em máquinas tipo plantadeira seria grande. Outro problema que a umidade poderia ocasionar é a proliferação de patogênicos, segundo Segundo (FURLAN et al., 2006) a umidade excessiva da cama, cria condições favoráveis para a produção de amônia e propiciando o crescimento de agentes patogênicos.

Tabela 1: Variação de peso em g entre amostra úmida (M_i) e amostra seca (M_f)

AMOSTRA	M_i (g)	M_f (g)
Cinco ciclos	122,87 – 124,55	122,64 – 124,45
Seis ciclos	137,13 - 137,95	137,04 - 137,84
Sete ciclos	138,17 - 138,96	138,08 - 138,89
Sete ciclos (pellet)	136,60 - 137,83	136,53 - 137,76

Após a pesagem utilizou-se a seguinte equação para a determinação da umidade gravimétrica:

$$\text{Umidade gravimétrica (Kg.Kg}^{-1}\text{)}$$

$$U_g = \left(\frac{a-b}{b} \right) \quad (1)$$

Onde: U_g : umidade gravimétrica (kg.kg^{-1})

a: massa da amostra úmida (kg)

b: massa da amostra seca (kg)

A **Tabela 2** apresenta os resultados da umidade gravimétrica determinada para os diferentes ciclos da cama de frango, onde observa-se que estes foram bem próximos entre os ciclos. O valor máximo permitido pela Legislação brasileira é de até 20%, muito acima dos valores apresentados na Tabela.

Tabela 2: Umidade Gravimétrica.

AMOSTRA	U_g (%)
Cinco ciclos	0,071 – 0,081
Seis ciclos	0,059 – 0,074
Sete ciclos	0,050 – 0,067
Sete ciclos (pellet)	0,045 – 0,051

5.1.2 Potencial Hidrogeniônico

Segundo KIEHL (2004), pH próximo da neutralidade ou tendendo a alcalinidade indica uma boa maturação do composto, entretanto cabe ressaltar que o material aqui estudado não sofreu nenhum processo de compostagem. Tais valores ainda podem ser favoráveis quando o produto for aplicado no solo, proporcionando um certo equilíbrio no pH. Segundo Brady, 1987 o tipo de íon fosfato presente varia de acordo com o pH da solução do solo, se o solo é ligeiramente alcalino ou neutro o íon mais comum é o H_2PO_4^- , a medida que aumenta a acidez começa o aumento dos íons HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- e se houver acidez acentuada o íon H_2PO_4^- prevalece.

Analisando o destino final do produto (aplicação no solo), valores de pH na faixa entre 7,0 e 8,0 podem ter uma boa influência, considerando que muitos solos do Brasil apresentam problemas de acidez, sendo a neutralidade e uma leve tendência a alcalinidade, fatores fundamentais para o equilíbrio de nutrientes principalmente como P e N. Entretanto valores muito altos de pH não são muito adequados pois a cama seja ela *in natura* ou peletizada

quando ainda armazenadas podem perder N por volatilização (BRADY, 1989; KIEHL, 1983; TERZICH, 1997; CARR, 1990).

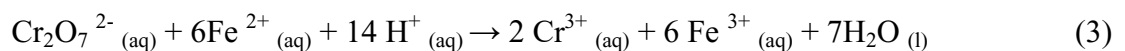
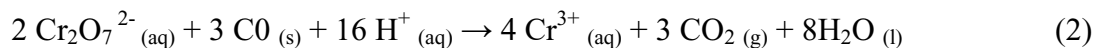
A **Tabela 3** apresenta o pH da cama de frango em seus diferentes ciclos de criação de aves e do pellet onde é possível observar uma pequena variação dos níveis de pH entre os diferentes ciclos e também entre as determinações com água e com solução de KCl, entretanto os valores de pH da cama de frango em seus diferentes ciclos está variando do pH 7,9 a 8,6.

Tabela 3: pH da cama de frango em seus diferentes ciclos de criação de aves.

AMOSTRA	pH (H ₂ O)	pH(KCl)
Cinco ciclos	8,27 - 8,32	8,48 - 8,54
Seis ciclos	7,98 - 8,20	8,37 - 8,40
Sete ciclos	8,57 - 8,60	8,30 - 8,47
Sete ciclos (pellet)	7,96 - 8,04	7,93 - 7,97

5.1.3 Carbono Orgânico

O Método de Walkey & Black utilizado, apesar de ser de simples execução apresenta boa exatidão na determinação de carbono orgânico, e está baseado na oxidação de carbono orgânico do solo através de íons dicromato em meio fortemente ácido, e a determinação da quantidade de íons Cr³⁺ reduzido é feita por titulação do dicromato em excesso com íons Fe²⁺, conforme as reações abaixo:



Na primeira equação, o dicromato reduzido equivale ao carbono orgânico presente na amostra do solo. Na segunda equação, o excesso de dicromato é titulado com íons Fe²⁺ (solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal – Sal de Mohr). Desta forma, a determinação de carbono orgânico total é feita pela diferença entre a quantidade de Fe²⁺ gasta na titulação, quando o Cr⁶⁺ foi adicionado, e aquela gasta na titulação do dicromato que restou após a oxidação do carbono da amostra - assumindo que todo o carbono da matéria orgânica está no estado de oxidação zero (BELTRANE, 2014). Para o cálculo da quantidade de carbono orgânico utiliza-se a equação 4:

$$\%C = 6. c. \frac{V_b - V_a}{G} \quad (4)$$

Onde V_a é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, V_b é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco, c é a concentração de sulfato ferroso amoniacal e G é quantidade em gramas de amostra utilizada.



Figura 4: Variação de cor na titulação para determinação de Carbono Orgânico.
Fonte: Autoria própria

Ao se analisar as amostras dos diferentes ciclos pode-se observar um aumento significativo nas quantidades de carbono orgânico conforme aumenta o número de ciclos de criação de aves (**Tabela 4**), exceto a cama com seis ciclos que apresenta valores menores do que todos as outras camas.

Tabela 4: Quantidades de C encontrados na cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.

AMOSTRA	%C
Cinco ciclos	15,66 – 15,36
Seis ciclos	14,04 – 13,56
Sete ciclos	16,05 – 16,08
Sete ciclos (pellet)	16,38 – 15,96

A quantidade de carbono está diretamente ligada ao quantitativo de matéria orgânica de um composto, um produto que será aplicado no solo para fins de adubação, deve conter proporções equilibradas deste elemento. A matéria orgânica aplicada no solo pode proporcionar algumas vantagens físicas ao solo, tais como auxiliar na granulação, reduzir a plasticidade e aumentar a retenção de água. O excesso de C pode levar a desequilíbrios na relação C/N, diminuindo os valores de nitrogênio disponíveis para plantas (BRADY, 1989).

Os resultados obtidos são satisfatórios, os valores se enquadram dentro da legislação pertinente (BRASIL-MAPA) que permite um mínimo de 8% de CO em adubos orgânicos. Entretanto esses valores encontrados estão abaixo de valores citados na literatura. Orrico Júnior (2010) por exemplo encontrou teores de CO que alcançaram 22,25%, um pouco acima dos valores apresentados neste trabalho. Essa diferença pode ter relação com a compostagem, visto que o processo de humidificação (uma etapa da compostagem) faz com que a matéria orgânica apresente maior teor de carbono conforme avança a compostagem, como o material estudado neste trabalho não passa por compostagem é muito provável que apresente teores menores de carbono do que os valores citados na literatura, que são para cama compostada.

5.1.4 Nitrogênio Total

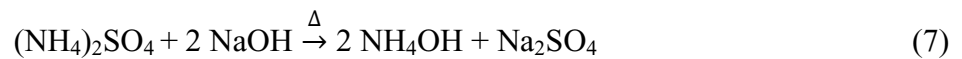
Desenvolvida em 1883, a análise de nitrogênio de Kjeldahl é um dos métodos mais amplamente utilizados para a determinação de nitrogênio em substâncias orgânicas. As proteínas são os principais constituintes contendo nitrogênio na alimentação. A maioria das proteínas contém em torno de 16% m/m de nitrogênio, de sorte que a determinação de nitrogênio é um método substitutivo para a determinação de proteínas (HARRIS, 2012).

No método de Kjeldahl, a amostra é inicialmente digerida (decomposta e dissolvida) em ácido sulfúrico em ebulição para converter o nitrogênio amínico e amídico em íons amônio, NH_4^+ , e oxidar outros elementos presentes (HARRIS, 2012).

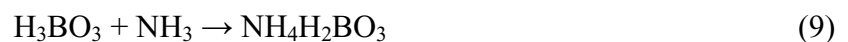


O carbono contido na matéria orgânica é oxidado e o dióxido de carbono (CO_2) se desprende. Durante o processo da digestão a solução passa de uma coloração escura (preto) para um verde claro. Além dos agrupamentos protéicos, existe o nitrogênio sob a forma de amina, amida e nitrila, que é transformado em amônia (NH_3) a qual reage com o H_2SO_4 , formando o sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) conforme mostrado nas reações durante a digestão, e esse ao esfriar forma cristais (GALVANI e GAERTNER, 2006).

Após a digestão inicia-se o processo de destilação que pode ser feita por aquecimento direto ou por arraste de vapor. O sulfato de amônio é tratado com hidróxido de sódio (NaOH), em excesso, ocorrendo a liberação de amônia, conforme as reações:



Ao se adicionar o hidróxido de sódio, deve-se utilizar algumas gotas de solução indicadora, no destilador, para garantir um ligeiro excesso de base. A amônia que desprende na reação é coletada num frasco contendo ácido bórico (H_3BO_3) com o indicador, previamente adaptado ao conjunto da destilação. Considera-se terminado o processo, quando toda a amônia já se desprende. A solução contendo ácido bórico com o indicador que no início apresentava coloração rósea adquire a cor azulada à medida que vai se formando o borato de amônio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$), conforme a reação: (GALVANI e GAERTNER, 2006).



A última etapa do processo corresponde a titulação. O borato de amônio é titulado com uma solução padrão de ácido clorídrico (HCl) de título conhecido até a viragem do indicador (Figura 3B), conforme a reação:



O Nitrogênio é um dos macro nutrientes mais importantes para o desenvolvimento de plantas assim como para a cultura do Milho. A **Tabela 5** a seguir demonstra os quantitativos de N em diferentes ciclos de cama de frango. É possível observar a ocorrência de um aumento nas concentrações entre as camas *in natura*, da cama com cinco ciclos até a cama com sete ciclos, já o pellet, produzido a partir da cama com sete ciclos, apresenta uma quantidade de

Nitrogênio abaixo do valor da cama com seis e sete ciclos *in natura*. Tal resultado pode ter relação com a alta temperatura do processo de peletização.

Os valores encontrados são satisfatórios, estando dentro dos valores descritos pela legislação pertinente (BRASIL-MAPA) que impõe pelo menos 2%. Autores como Orrico Júnior (2010) e Bueno (2008) relatam diferentes valores de Nitrogênio para um composto de cama de frango, teores de Nitrogênio da ordem de 2,41% e acima de 3% respectivamente. Bueno (2008) é quem apresenta valores mais próximos dos apresentados neste trabalho, onde camas *in natura* chegam a apresentar teores de N acima de 6% e produto de maior interesse, o pellet, produzido a partir da cama com sete ciclos *in natura* apresentou valores acima de 4% de N, é notório a queda do N após o processo de peletização, entretanto os valores finais do produto, mesmo apresentando essa queda, são satisfatórios.

Tabela 5: Quantitativo de N encontrado na cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.

AMOSTRA	% NITROGÊNIO
Cinco ciclos	3,88 – 3,99
Seis ciclos	5,87 – 6,15
Sete ciclos	6,37 – 6,77
Sete ciclos (pellet)	4,10 – 4,15

Para os cálculos de determinação de nitrogênio utilizou-se a equação:

$$\%N = \frac{700,35.M.(V_a - V_b)}{A.G} \quad (11)$$

Onde V_a é o volume em mL da solução de ácido sulfúrico gasto na titulação da amostra, V_b é o volume em mL da solução de ácido sulfúrico gasto no branco, M é a molaridade da solução ácida, A é a alíquota analisada em mL e G é o peso inicial da amostra.



Figura 5: Destilação e Titulação para a determinação do N total.
Fonte: Autoria própria

5.1.5 Relação Carbono / Nitrogênio (C/N)

A relação foi determinada pela divisão dos níveis de carbono pelos de nitrogênio já determinados.

Tabela 6: Valores de relação C/N da cama de frango em diferentes ciclos de criação de aves.

AMOSTRA	C/N
Cinco ciclos	3,85 – 4,04
Seis ciclos	2,20 – 2,39
Sete ciclos	2,37 – 2,51
Sete ciclos (pellet)	3,85 – 4,00

Os resultados apresentados na **Tabela 6**, apresentam uma ligeira variação da relação C/N nos diferentes lotes, apresentando diminuição dos valores sendo a cama com cinco ciclos *in natura* e o pellet os produtos que apresentam maior relação C/N.

Como já mencionado no item 5.1.3 a quantidade de Carbono e a relação C/N está estritamente relacionada com o ciclo do nitrogênio e a conseqüente absorção desse nutriente pelas plantas. A proporção C/N na matéria orgânica é importante devido a aguçada competição pelo nitrogênio assimilável, quando são adicionados aos solos resíduos com

elevada proporção de C/N os micro-organismos iniciam a decomposição do carbono e seus números aumentam, entretanto eles necessitam de N para constituir seus corpos. Em síntese a manutenção do carbono e por consequência a matéria orgânica, dependem do nível de nitrogênio no solo, ou seja elevadas proporções de C/N podem diminuir o quantitativo de N assimilável pelas plantas.

O material estudado apresenta valores aceitáveis, um material com elevada relação C/N pode levar a um aumento de organismos heterotrófica (bactérias e fungos), produzindo dióxido de carbono. Em tais condições o nitrogênio em forma de nitrato diminui drasticamente, sob a demanda deste elemento para a manutenção de seus tecidos.

5.1.6 Potássio (K)

As medidas da concentração de potássio presente nas amostras de cama de frango foram realizadas por meio da Espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS), pois é o método mais utilizado para determinação de elementos individuais em amostras analíticas (SKOOG, 2009). Na absorção atômica uma amostra líquida é aspirada para dentro de uma chama cuja temperatura é de 2 000-3 000 K. O líquido evapora e o sólido restante é atomizado (decomposto em átomos) na chama, que substitui a cubeta na espectrofotometria convencional. O caminho óptico da chama é, geralmente, de 10 cm. A lâmpada de cátodo oco possui um catodo feito de ferro. Quando o catodo é bombardeado com os íons de Ne^+ ou de Ar^+ , de energia elevada, os átomos de Fe excitados se vaporizam e emitem luz com as mesmas frequências que são absorvidas pelos átomos de Fe do analito presente na chama (HARRIS, 2012).

A curva de calibração obtida é apresentada na **Figura 6**, cujo coeficiente de correlação é 0,9936, e a **Tabela 7** mostra os valores de potássio encontrados na cama de frango em diferentes ciclos. Os teores de potássio encontrados estão bem abaixo dos valores mínimos mencionados pela legislação pertinente, onde cita 2% de K em um adubo orgânico, os resultados podem estar relacionados com erros no procedimento experimental, o mesmo apresenta uma elevada quantidade de diluições, ou ainda o próprio processo de extração do potássio da amostra pode não ter apresentado bons resultados influenciando diretamente as concentrações de potássio na análise final.

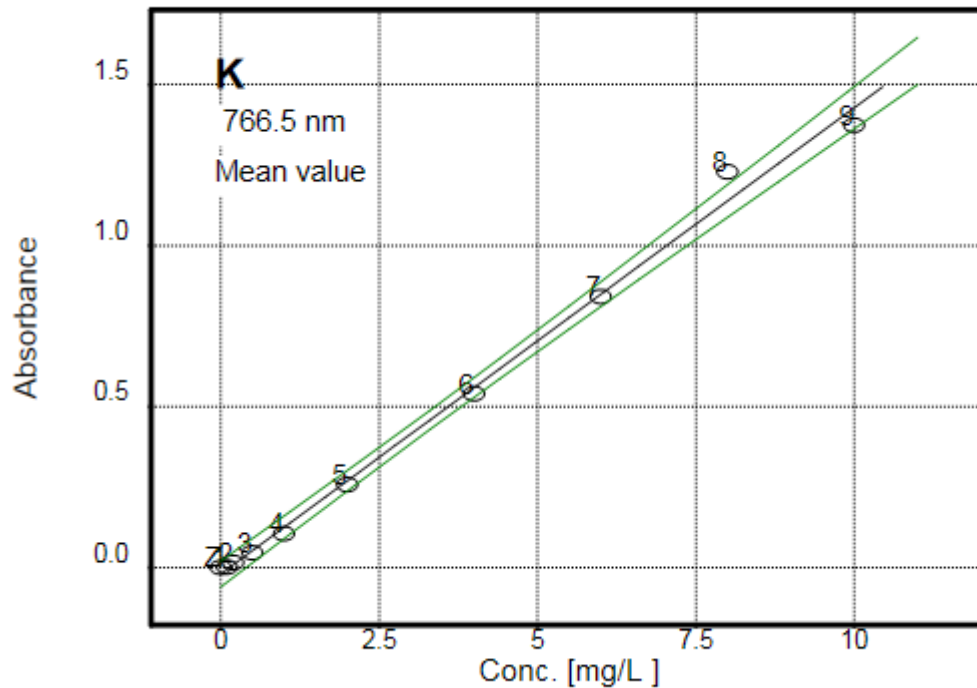


Figura 6: Curva de calibração utilizada para determinação de K em cama de frango.
Fonte: Autoria própria

Tabela 7: Concentração de potássio encontrado na cama de frango com diferentes ciclos de criação de aves.

AMOSTRA	K g/kg
Cinco ciclos	1,5 - 1,8
Seis ciclos	2,4 - 2,6
Sete ciclos	2,5 - 2,8
Sete ciclos (pellet)	2,2 - 2,5

5.1.7 Fósforo Assimilável

A espectrometria de absorção molecular nas regiões espectrais do ultravioleta e do visível é largamente utilizada para a determinação quantitativa de um grande número de espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas (SKOOG, 2009). A espectrometria de absorção molecular é baseada na medida da transmitância T ou da absorbância A de soluções contidas em células transparentes com caminho óptico de b cm. Geralmente, a concentração de um

analito que absorve radiação está relacionada linearmente com a absorção, como mostra a lei de Beer: (SKOOG, 2009)

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc \quad (12)$$

Onde: P_0 é potência radiante incidente; P é potência radiante transmitida; A é absorvância; T é transmitância; b é o caminho óptico da amostra; c é concentração do absorvente; a é absortividade e \mathcal{E} é absortividade molar.

A análise baseia-se na fração do teor total de fósforo na amostra (cama de frango), correspondente ao teor utilizado pelas plantas. Formação de complexo fósforo-molibdídico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e determinação por Espectrofotômetro Ultravioleta Visível (UV/VIS). (SILVA et al, 2009).

Assim como o Nitrogênio (N), o Fósforo (P) também é um macro nutriente de fundamental importância para o desenvolvimento de plantas, se tratando de um adubo será um dos nutrientes de mais interesse. As medidas da concentração de fósforo presente nos diferentes ciclos da cama de frango levaram a construção da curva de calibração apresentada na **Figura 7**, cujo coeficiente de correlação é 0,996.

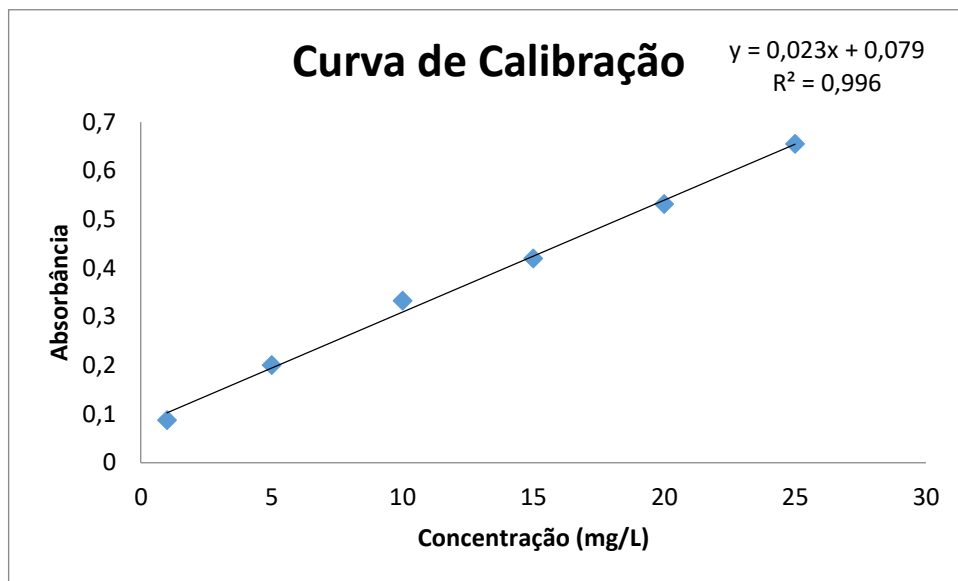


Figura 7: Curva de calibração utilizada para a determinação do P em diferentes ciclos de cama de frango.

Fonte: Autoria Própria

Para calcular a quantidade de fósforo utilizou-se a seguinte equação:

$$P (g kg) = L \cdot F_p \cdot 10 \quad (13)$$

Onde L é a leitura da amostra e F_p é o coeficiente angular da reta.

Os valores da concentração de fósforo para os diferentes ciclos encontram-se reunidos da **Tabela 8**, onde é possível observar um aumento nestas concentrações, assim como nas concentrações de N o P cresce da cama com cinco ciclos até a de sete ciclos *in natura*, enquanto o pellet que foi produzido a partir da cama *in natura* com sete ciclos apresenta uma concentração menor de P em relação a cama com sete ciclos *in natura*. Os valores de Fósforo observados são satisfatórios, visto que estão dentro dos valores estimados pela legislação pertinente (BRASIL-MAPA) que estipula valores mínimos de 2%. Os resultados ainda se enquadram dentro de uma variação relatada pela literatura. Em estudo publicado por Orrico Júnior (2010) foram relatadas concentrações de fósforo de 1,77% em cama de frango compostada.

Tabela 8: Concentração de fósforo nos diferentes ciclos de cama de frango.

AMOSTRA	%P
Cinco ciclos	1,90 – 1,93
Seis ciclos	2,25 – 2,27
Sete ciclos	2,49 – 2,51
Sete ciclos (pellet)	2,39 – 2,40

5.1.8 Capacidade De Troca De Cátions (CTC)

Existe uma grande variação de valores de CTC considerados bons para um composto como a cama de frango. Pereira Neto (2007) relata valores de 1000 – 3000 mmolc.kg-1. Outros estudos vem relatando valores um pouco menores, que variam entre 600 – 800 mmol.kg-1 (KIEHL, 1998; PEREIRA NETO, 2007) e de 550 – 900 mmolc.kg-1 (SANCHUKI, et al., 2011b).

Tabela 9: Volume gasto de NaOH.

AMOSTRA	V (mL)
Cinco ciclos	13,9 – 14,1
Seis ciclos	13,2 – 13,9
Sete ciclos	13,7 – 14,2
Sete ciclos (pellet)	14,7 – 14,8

Para determinar a CTC após a titulação (valores gastos encontram-se na **Tabela 9**) utilizou-se a seguinte equação:

$$CTC(\text{mmol kg}^{-1}) = \frac{1000.M(V_a - V_b)}{G} \quad (14)$$

Os valores encontrados são aceitáveis (**Tabela 10**), dentro dos valores permitidos pela legislação pertinente (BRASIL-MAPA) que é uma CTC mínima de 80 mmolc kg⁻¹. Segundo Brady (1989) os cátions trocáveis são, via de regra assimiláveis, quer por vegetais superiores ou por micro-organismos. Mediante a uma troca catiônica, os íons hidrogênio dos pelos radiculares e dos micro-organismos do solo substituem os cátions nutrientes do complexo de permuta. São forçados a penetrar na solução do solo, onde podem ser assimilados pelas superfícies adsorptivas das raízes e pelos organismos do solo, ou podem também ser removidos pelas águas de drenagem.

O valor de CTC indica o quanto um solo pode reter cátions em forma trocável, assim quanto maior a CTC do adubo aplicado, maior sua contribuição para o poder de retenção de cátions em forma trocável do solo, evitando assim maiores perdas de nutrientes por lixiviação (KIEHL, 1984).

Tabela 10: Valores de CTC encontrados nos diferentes ciclos da cama de frango.

AMOSTRA	CTC (mmolc.Kg ⁻¹)
Cinco ciclos	500 - 509
Seis ciclos	469 - 500
Sete ciclos	491 - 514
Sete ciclos (pellet)	536 - 540

5.2 TESTES AGRONÔMICOS

Os resultados obtidos pela caracterização físico-química são muito bons, apresentando sempre valores próximos aos exigidos pela legislação e na maioria corroborando com os dados da literatura se mostrando de início com um ótimo potencial agronômico, mesmo sem ter passado por processos de compostagem. Entretanto apenas resultados em teores de

nutrientes (caracterização físico-química) não basta para se avaliar, mesmo que inicialmente, a atividade agrônômica de um material, é essencial avaliar qual o desenvolvimento de uma cultura frente a adubação com o mesmo. Assim a seguir, serão apresentados os resultados obtidos em testes agrônômicos elaborados com o cultivo da cultura do milho frente a adubação com cama de frango.

Os sistemas elaborados para os testes de germinação e desenvolvimento inicial foram extremamente simples. Na falta da casa de vegetação, as sementes foram plantadas em copos descartáveis contendo aproximadamente 45 g de vermiculita expandida. As imagens expostas a seguir estão divididas em dois lotes.

Cada um dos lotes possui três sistemas distintos entretanto, os três sistemas de cada lote possui a mesma concentração de adubos (orgânico e mineral), ou seja, os três sistemas do 1º lote utilizam uma concentração X de adubo e os três sistemas do 2º lote possui uma concentração Y de adubo.

- **Sistema 1 (primeiro lote):** ±45 g de vermiculita expandida+ 1 g de adubo orgânico.
- **Sistema 2 (primeiro lote):** ±45 g de vermiculita expandida+ 1 g de adubo mineral.
- **Sistema 3 (primeiro lote):** ±45 g de vermiculita expandida+ 1 g de adubo orgânico cinco dias após a germinação (adubação a lanço).
- **Sistema 1 (segundo lote):** ±45 g de vermiculita expandida+ 0,4 g de adubo orgânico.
- **Sistema 2 (segundo lote):** ±45 g de vermiculita expandida sem adubo.
- **Sistema 3 (segundo lote):** ±45 g de vermiculita expandida+ 0,4 g de adubo mineral.

O adubo orgânico utilizado, está na forma peletizada, constituído a partir da cama de frango *in natura* com sete ciclos de criação de aves. O número de ciclos foi escolhido com base nos resultados da caracterização da cama com diferentes ciclos, onde os resultados mostram que a cama com sete ciclos apresenta maior concentração dos nutrientes NPK, sendo a mais adequada para a produção do pellet, visto que no processo de produção há algumas perdas principalmente de N, muito provável pela alta temperatura alcançada no processo.

5.2.1 Primeiro Lote

O sistema 1 apresentou melhor índice de germinação e desenvolvimento inicial em relação aos outros dois sistemas (2 e 3). A diferença de concentração do adubo orgânico para o mineral é acentuada, com um adubo orgânico com aproximadamente 4% de N, em vista do

produto mineral contém 10% do mesmo nutriente. Restringe-se a discutir em um primeiro momento sobre os teores do N, por este ser o nutriente de maior participação no desenvolvimento do milho.

Quando utilizou-se a mesma quantidade dos adubos, o mineral, com maior concentração NPK, passou a ser tóxico. O terceiro sistema foi um intermediário, não teve um bom desenvolvimento como o sistema 1 porém em relação ao sistema 2 obteve um melhor desenvolvimento. As **Figuras 8 e 9** apresentam estes sistemas após sete dias e vinte e sete dias.

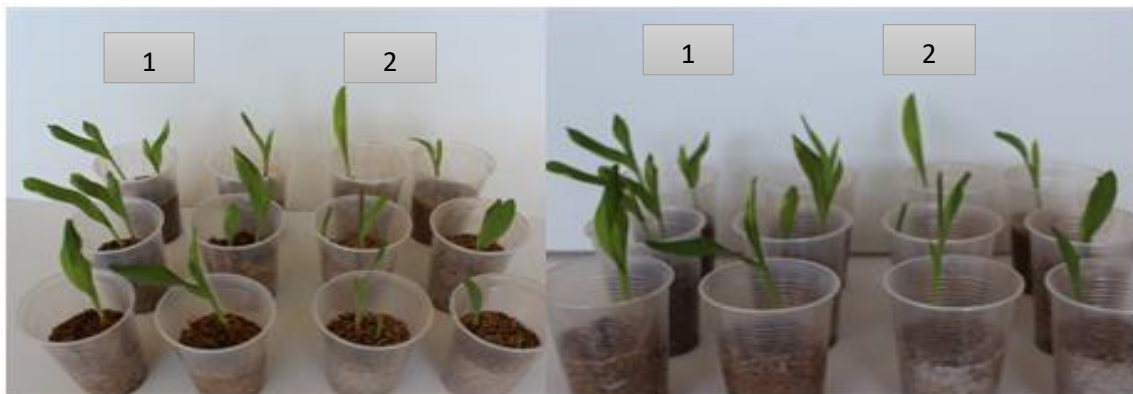


Figura 8: Germinação (sete dias) dos sistemas 1 e 2.
Fonte: A autoria própria

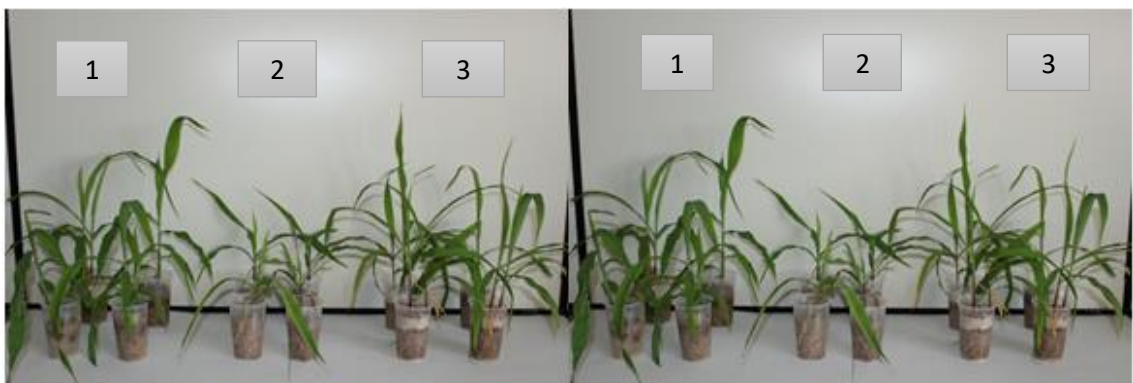


Figura 9: Desenvolvimento inicial (vinte e sete dias) dos sistemas 1, 2 e 3.
Fonte: A autoria própria

O baixo desenvolvimento do sistema 3 em relação ao sistema 1, pode ter relação com a perda por volatilização de N no meio, já que a adubação superior pode favorecer esse processo, assim como um possível atraso da atividade microbiana, que leva à um retardamento na absorção do N pela planta. Segundo Brady (1989) grande parte do nitrogênio adicionado ao solo passa por várias transformações, antes de sua remoção, o nitrogênio orgânico passa por vários processos de modificação muito complexos e alguns deles pode

levar a diminuição dos teores de nitrogênio disponíveis no solo, tais como a lixiviação e a volatilização. As principais transformações estão apresentadas na **Figura 10** (CASSINI, 2016).

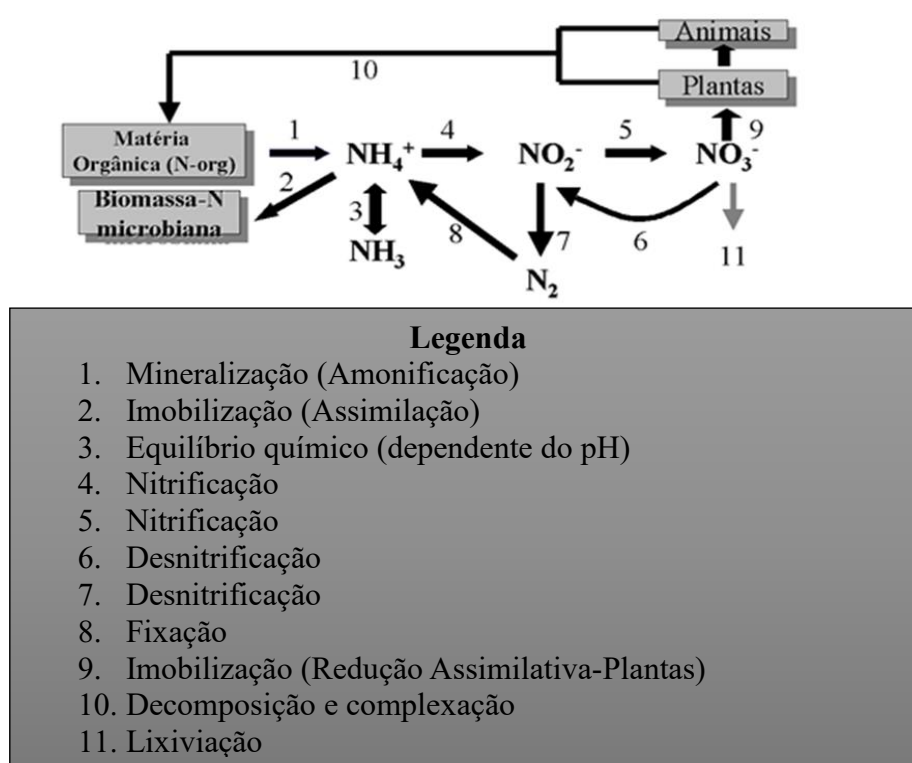
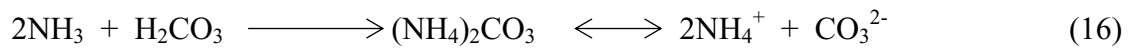
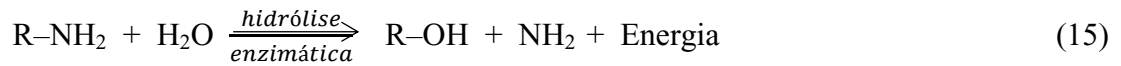


Figura 10: Processo de Modificação do Nitrogênio.
Fonte: CASSINI, 2016

Durante os processos microbiológicos envolvendo a decomposição dos resíduos animais ou vegetais, em especial os que apresentam menores quantidades de N, ocorre a conversão para a forma orgânica de quase todo nitrogênio inorgânico do solo, que basicamente vira tecido microbiano. Assim que a atividade microbiana vai diminuindo, parte do N que foi imobilizado será mineralizado e os íons amônio e nitrato aparecerão novamente no solo, entretanto apenas uma pequena parte desse N imobilizado passará para a forma inorgânica, permanecendo em maioria na forma orgânica (BRADY, 1989). Assim, a mineralização do nitrogênio orgânico compõe o primeiro passo para a sua disponibilidade em forma assimilável.

A mineralização do nitrogênio pode ser entendida como a conversão do Nitrogênio orgânico na sua forma inorgânica (amônio (NH_4^+) e/ou nitrato (NO_3^-)). Embora o processo possua uma série inteira de reações, o resultado final pode ser visto de maneira bem simplificada. Os diversos organismos do solo, sejam eles animais ou vegetais, atacam os compostos orgânicos nitrogenados. Os produtos da digestão enzimática, as proteínas mais

complexas, são simplificadas e hidrolisadas, assim como seus compostos associados, sendo a amônia o produto final. A seguir indica-se o processo enzimático, onde está sendo utilizado um amino-composto, como exemplo de fonte nitrogenada:



Supõe-se que a mineralização se processa com maior eficácia, em solos bem drenados, com boa aeração e abundância de cátions básicos (BRADY, 1989, MANAHAN, 2013).

O processo de nitrificação pode ser definido como a formação biológica de nitrato ou nitrito a partir de compostos que contenham nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+). A importância dos nitrificantes está no fato da produção de nitrato, que a principal fonte de nitrogênio assimilado pelas plantas (CASSINI, 2016). A nitrificação é um processo de oxidação enzimática da amônia para nitrato, originado por micro organismos do solo, ocorre em duas fases, um grupo específico de micro organismos forma os íons nitritos que de imediato são oxidados e outro grupo faz a formação dos nitratos. Tal processo apresenta maior eficiência em solos com pH tendendo a alcalinidade (BRADY, 1989, KIEHL, 1979).

Quando ocorre o processo de desnitrificação, redução dos nitratos a nitrogênio elementar na forma gasosa, desencadeia-se uma grande perda desse nutriente para a atmosfera.

Assim como o N, o P tem grande importância na atividade agrícola, e é um dos componentes que abrange as mais importantes transformações energéticas no vegetais, entretanto, sua maior participação no desenvolvimento do milho (*Zea mays*) fica no estágio da floração e desenvolvimento das espigas, fato que nos restringe aqui, a discussão de sua influência no desenvolvimento inicial da cultura. Mesmo não sendo requerido em altas quantidades no desenvolvimento inicial como o N, o P necessita de uma faixa específica de pH para sua máxima assimilabilidade, segundo Brady (1989) a máxima assimilabilidade do P é obtida com a manutenção do pH do solo na faixa de 6 a 7. A neutralidade da vermiculita juntamente com a cama de frango ligeiramente alcalina, proporcionou um substrato final (solo) com uma faixa de pH muito próxima dos dados da literatura indicados para uma máxima assimilabilidade do P. Os valores de pH do solo podem ser vistos no item 5.3.2.

O K assim como o P possui importantes funções em relação às plantas. O K é fundamental à fotossíntese, assim como à formação do amido e à transferência dos açúcares. É necessário ao desenvolvimento da clorofila, embora não constitua fração importante na sua

estrutura molecular, como o magnésio. É um elemento importante na formação dos grãos dos cereais, proporcionando grãos polpudos e pesados.

5.2.2 Segundo Lote

O segundo lote apresentou um desenvolvimento mais linear entre adubo orgânico e adubo mineral. O fato de o adubo orgânico apresentar concentrações bem menores de NPK em relação ao adubo mineral pode explicar a pequena diferença de desenvolvimento no cultivo do milho. Entretanto mesmo com uma pequena desvantagem em relação ao adubo mineral, o adubo orgânico se apresenta com uma ótima atividade agrônômica, quando comparamos o desenvolvimento do sistema 1 em relação ao sistema 2 (sem aplicação de adubo).

As **Figuras 11** e **12** apresentam estes sistemas após sete dias e vinte e dois dias.

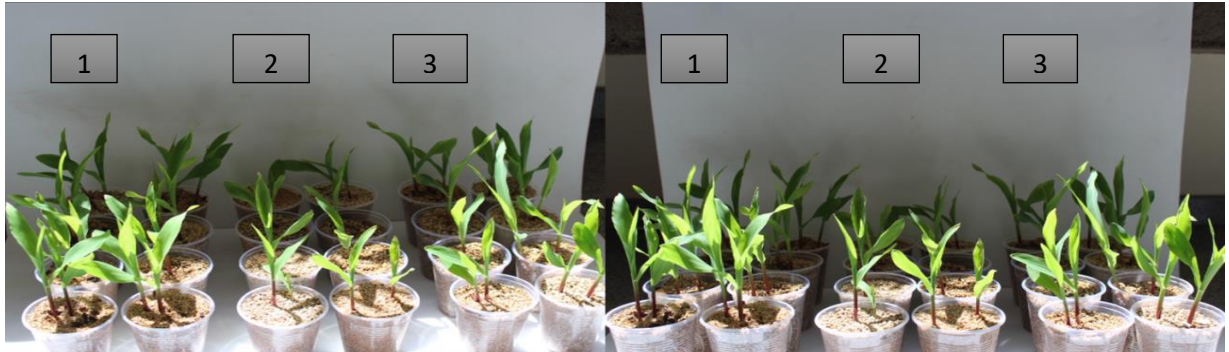


Figura 11: Germinação (sete dias) dos sistemas 1,2 e 3.

Fonte: Autoria própria

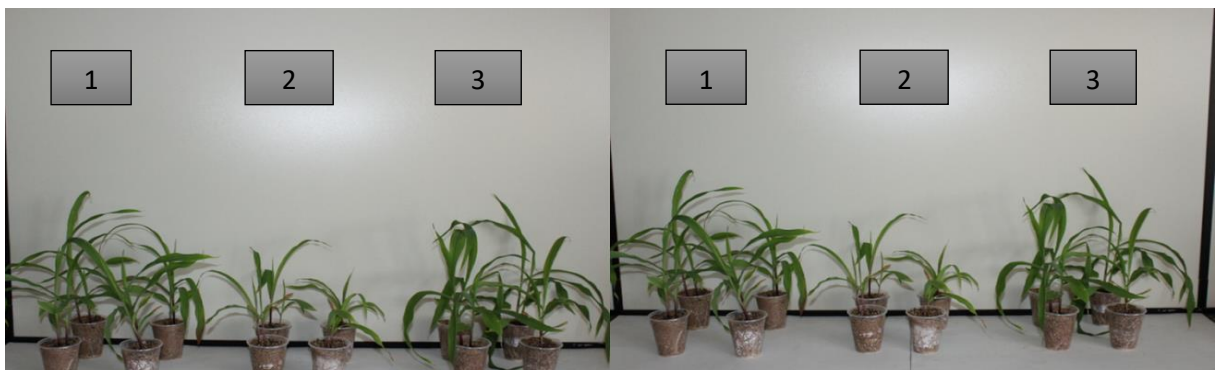


Figura 12: Desenvolvimento inicial (vinte e dois dias) dos sistemas 1,2 e 3.

Fonte: Autoria própria

5.3 AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NPK PELA CULTURA DO MILHO

O desenvolvimento do milho é dividido em várias etapas como ilustra a **Figura 13**. O estágio de maturação é onde a planta mais requer os nutrientes, sejam eles N, P ou K, conseguinte as plantas utilizadas para realização de análise foliar adequada se encontram nesse estágio de desenvolvimento. Avaliar o estado nutricional de uma planta consiste em fazer uma comparação entre um amostra e um padrão. Amostra é uma planta ou um conjunto de plantas. O padrão consiste em uma planta ou um conjunto de plantas “normais” do ponto de vista da sua nutrição. É considerado normal uma planta que possui seus tecidos com todos os elementos em quantidades e proporções adequadas, capazes de dar altas produções, tendo um aspecto visual parecido com o encontrado em lavouras muito produtivas (MALAVOLTA, 1997).

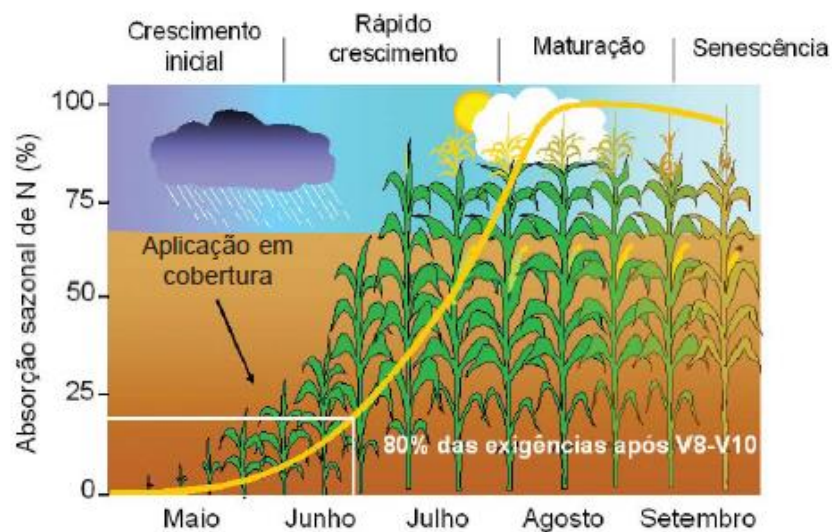


Figura 13: Absorção do nitrogênio no cultivo do milho.
Fonte: IPNI.

Segundo Malavolta (1997) os teores adequados de NPK (análise de folhas) para a cultura do milho é de 27,5-32,5; 2,5-3,5 e 17,5-22,5 g/gk respectivamente, tais valores não podem ser utilizados como referência para a análise de absorção de nutrientes realizada neste trabalho, visto que, os estágios em que se encontram as plantas para análise são diferentes. Os dados apresentados pela literatura são de plantas em estágio de maturação, já os resultados

apresentado no trabalho são de plantas em estágio inicial de desenvolvimento, vinte e dois e vinte e sete dias de crescimento. Neste contexto os resultados apresentados a seguir podem subsidiar informações para uma análise prévia do potencial de adubação da cama de frango peletizada não compostada.

5.3.1 Determinação de Nitrogênio Total

Os teores de nitrogênio obtidos pela análise foliar da cultura do milho foi determinado utilizando a equação a seguir.

$$N - NH_4 \text{ g kg}^{-1} = (V_b - V_a) \cdot 1,4 \quad (17)$$

Os resultados obtidos que encontram-se reunidos na **Tabela 11**, mostram-se satisfatórios, pois todos os sistemas de cultivo contendo cama de frango peletizada apresentaram maiores teores de N na análise foliar quando comparados aos sistemas contendo adubo mineral. Os resultados mostram a boa atividade agronômica da cama e ainda nos permite concluir algumas possibilidades sobre modo de aplicação e influência nas perdas de nutrientes, visto que o sistema 3 do primeiro lote mesmo com a mesma concentração de adubo orgânico apresentou menor desenvolvimento e menor absorção de nutrientes pela planta em comparação com o sistema 1, esse fator pode ter tido influência pela facilidade de perdas de N por volatilização visto que a prática de adubação utilizada foi superior (a lanço), nessa prática o adubo fica exposto a superfície, quando o N se apresenta na forma de gás, se perde na atmosfera. Quando o mesmo se encontra incorporado no solo, em condições ideais, quando entra em forma de gás, ainda pode dentro do ciclo do nitrogênio passar para a forma assimilável, diminuindo as perdas por volatilização. Ou ainda uma possível atividade de micro-organismo atrasada, na decomposição do C por conseguinte, pode ter atrasado a disponibilidade de N para a planta, diminuindo seu desenvolvimento.

Tabela 11: Valores de Nitrogênio determinados pela análise foliar.

AMOSTRA	N-NH ₄ g kg ⁻¹
Sistema 1(1° lote)	2,38 – 3,22
Sistema 2(1° lote)	0,2 – 0,5
Sistema 3(1° lote)	0,98 – 1,12
Sistema 1(2° lote)	3,2 – 3,5
Sistema 2(2° lote)	0,9 – 1,3
Sistema 3(2° lote)	0,2 – 0,7

O segundo lote apresenta resultados que se contradizem com a análise visual realizada com os testes de germinação e desenvolvimento inicial, visto que o N é o principal nutriente responsável pelo crescimento da planta em seus estágios iniciais, em estágios posteriores K e P tem influencias maiores. O sistema 1 composto por adubação orgânica apresentou uma ligeira inferioridade no seu desenvolvimento em relação ao sistema três, adubado com adubo mineral, com maiores concentrações de NPK, entretanto os resultados da análise foliar, determinação de N, são maiores do que os resultados obtidos da análise realizada no sistema três, que apresenta melhor desenvolvimento no teste agrônômico. Tal resultado poderia ter relação com a deficiência de K, entretanto a planta não apresentou nenhuma evidencia específica da falta desse nutriente. Discussão do potássio se apresenta no item 5.3.4.

5.3.2 Determinação de Fósforo Total

Os resultados para o P encontrados após a análise foliar são relativamente baixos. Isso ocorre, possivelmente devido a dois principais fatores, primeiro essa cultura em específico absorve ou requer esse nutriente na fase de maturação e a análise foi realizada com plantas em estágio inicial de desenvolvimento. O segundo é a especificidade de faixa de pH entre 6.0 e 7,0 que o fósforo requer para se encontrar na forma assimilável. Pode-se observar na **Tabela 12**, que apenas o sistemas 1 do primeiro lote e sistema 3 do segundo lote encontram-se dentro desta faixa, fator que pode ter diminuído ainda mais a absorção do P pela cultura.

Tabela 12: Valores de pH encontrados no solo (vermiculita) utilizado para plantio.

AMOSTRA	pH
Sistema 1(1º lote)	6,14 – 6,32
Sistema 2(1º lote)	7,34 – 7,49
Sistema 3(1º lote)	7,57 – 7,89
Sistema 1(2º lote)	7,97 – 8,54
Sistema 2(2º lote)	7,31 – 7,98
Sistema 3(2º lote)	6,85 – 7,23

A **Figura 14** apresenta a curva de calibração obtida a partir da análise na espectroscopia de ultravioleta-visível utilizada para a determinação do P na análise foliar, cujo coeficiente de correlação é 0,9945. As concentrações de P observadas encontram-se reunidas na **Tabela 13**.

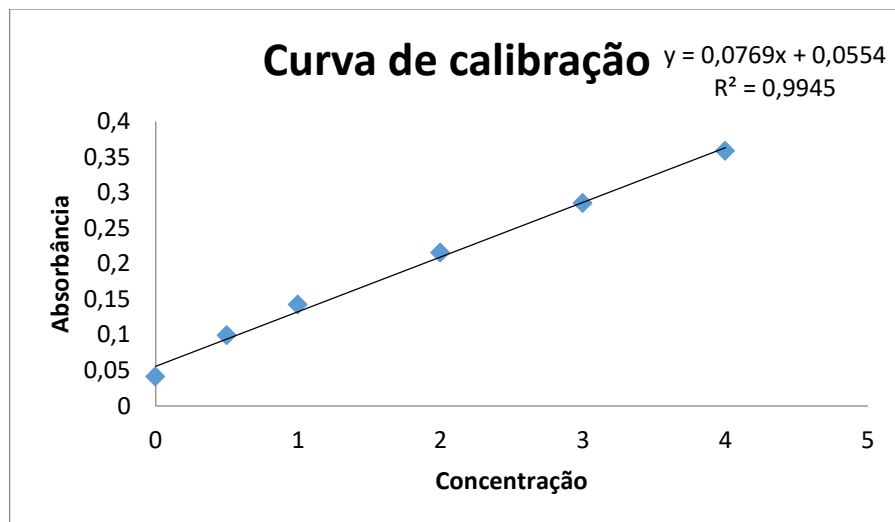


Figura 14: Curva de calibração utilizada para determinação de P na análise foliar.
 Fonte: Autoria própria.

Tabela 13: Concentração de fósforo encontrados na análise foliar.

Amostra	P mg kg⁻¹
Sistema 1(1º lote)	0,34 – 0,36
Sistema 2(1º lote)	0,0 – 0,06
Sistema 3(1º lote)	0,07 – 0,1
Sistema 1(2º lote)	0,06 – 0,09
Sistema 2(2º lote)	0,0 – 0,05
Sistema 3(2º lote)	0,1 – 0,2

5.3.3 Determinação de Potássio.

Os teores de potássio determinados na análise foliar, apresentaram-se bem abaixo do esperado quando relacionados com os teores encontrados na literatura (17,5 – 22,5 g kg⁻¹) e ainda considerando os graus de desenvolvimento, já que a análise neste trabalho foi realizada em tempo diferente do mais adequado, determinado pela literatura. Uma das possíveis causas da enorme diferença nas concentrações é a possível fixação de íons potássio na presença de vermiculita.

Segundo Brady (1989) na presença de vermiculita, o potássio de alguns fertilizantes, como o cloreto de potássio, torna-se não apenas adsorvido, como também poderá ficar por definitivo “fixado” por alguns coloides existentes no solo. Os íons potássio conseguem se encaixar entre as unidades cristalográficas dessas argilas, que normalmente são expansíveis e tornam-se parte integrante do cristal. Entretanto essa forma desenvolvida, não assimilável possui importância em grandes áreas de plantação, pois, está em equilíbrio com as formas assimiláveis e por consequência atua como reservatório de potássio assimilável. Ainda segundo o mesmo autor existe vários fatores que podem influenciar nas quantidades de potássio fixado, entre eles a natureza dos coloides do solo, umedecimento e secagem, congelamento e descongelamento e presença de calcário em excesso.

A **Figura 15** apresenta a curva de calibração obtida a partir da análise na espectrometria de absorção atômica utilizada para a determinação do K na análise foliar. As concentrações de K observadas encontram-se reunidas na **Tabela 14**.

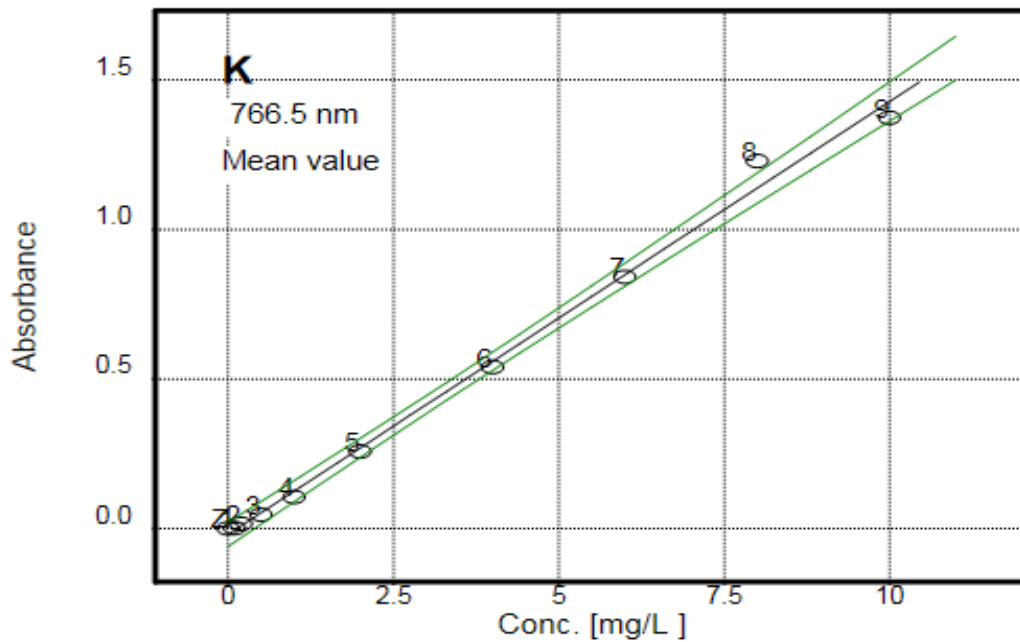


Figura 15: Curva de calibração utilizada para determinação de K na análise foliar.
Fonte: Autoria própria.

Tabela 14: Concentração de K encontrada na análise foliar.

AMOSTRA	K mg/kg
Sistema 1(1º lote)	428 – 433
Sistema 2(1º lote)	443 – 450
Sistema 3(1º lote)	227 – 238
Sistema 1(2º lote)	228 – 229
Sistema 2(2º lote)	64 – 65
Sistema 3(2º lote)	212 – 215

Mesmo apresentando grande diferença, devido principalmente aos tempos de desenvolvimento da cultura, a análise foliar apresentou bons resultados, confirmando a boa atividade agrônômica da cama de frango não compostada, posteriormente estudos de desenvolvimento agrônômico são necessários em solos tradicionais, visto que a vermiculita pode apresentar grande influencia nos níveis de potássio disponíveis para absorção das plantas, visto suas propriedades.

6 CONCLUSÕES

O uso de cama de frango na adubação vem crescendo, entretanto, o material ainda apresenta alguns contratempos que dificulta a disseminação da sua utilização em larga escala e a nível comercial. Os dois principais pontos a se destacar é a compostagem, processo que requer tempo e espaço e a forma física do material, que normalmente se apresenta em pó, dificultando sua aplicação nas lavouras.

O estudo de viabilização da utilização de cama de aviário peletizada não compostada, apresentou resultados satisfatórios. A caracterização físico-químico da cama de frango com cinco, seis e sete ciclos de criação de aves *in natura*, mais o pellet, constituído a partir da cama com sete ciclos *in natura* apresentaram bons resultados, sempre próximo aos valores apontados pela legislação (BRASIL-MAPA) e a partir deles determinou-se o quantitativo de ciclos de criação mais adequado para se utilizar na produção do pellet.

Após a caracterização do material partiu-se para a etapa de testes agronômicos, com avaliação de germinação e desenvolvimento inicial do cultivo do milho e avaliação da absorção dos nutrientes (análise foliar). Os resultados ficaram dentro do esperado, o produto no geral apresentou boa atividade agronômica, os sistemas elaborados com adubação orgânica (cama de frango) apresentaram desenvolvimento muito próximo ao desenvolvimento dos sistemas elaborados com adubação mineral.

Neste contexto o estudo executado expõe de forma positiva a utilização da cama de frango peletizada não compostada como adubo orgânico. Entretanto estudos posteriores são necessários, tais como análise de patógenos e metais traços, para uma maior segurança no estudo de viabilização de utilização do produto.

O estudo ainda abre portas para o desenvolvimento, de complementação desse produto, com finalidade de otimizar o quantitativo de aplicação do mesmo com criação de mecanismo de liberação controlada a fim de diminuir as perdas por lixiviação.

REFERÊNCIAS

ABISOLO. Plano Nacional de Biomassa. 44^a Reunião da Câmara Temática de Insumos Agropecuários – **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Palestra técnica**, Brasília-DF, 16 novembro, 2009.

ANDA. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. (CD-ROM). 2009.

ÁVILA, V. S. de; KUNZ, A.; BELLAVER, C.; PAIVA, D. P. de; JAENISCH, F. R.; MAZZUCO, H.; TREVISOL, I.M.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G. de, ROSA, P. S. Boas práticas de produção de frangos de corte. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves, 2007. 28p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 51).**

ÁVILA, V. S. de; MAZZUCO, H; FIGUEIREDO, E. A. P. de. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia: **Embrapa – CNPSA, 1992. 38p.** (Circular Técnica, 16).

BENITES, V.M.; CORREA, J.C.; MENEZES, J.F.S.; POLIDORO, J.C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade de Solo e Nutrição de Planta**. FERTBIO, Guarapari – ES. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98406/1/Producao-de-fertilizantespdf.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BELTRAME, Karla K. **Avaliação dos métodos Walkley & Black e CHN como métodos de referência para calibração multivariada na determinação de carbono orgânico em solos brasileiros**. 2014. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior De Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BUENO, P.; TAPIAS, R.; LÓPEZ, F.; DÍAS, M. J. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. **Bioresource Technology**, 99. p. 5069–5077. 2008.

BRADY, M.C.; **Natureza e Propriedades dos Solos**, 7^a ed.; Rio de Janeiro, Edt. Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. Instrução Normativa, nº 25 de Julho de 2009. Ministério da Agricultura, 77 Pecuária e Abastecimento. Official Gazette, Brasília, DF, July, 28, 2009, Section 1, p. 20. 2009.

BRITO, O. R.; VENDRAME.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférrico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. *Semina: Ciência Agrária*, Londrina, v. 26, n. 1, p.33-40, jan./mar. 2005.

CASSINI, T. S. **Ciclo do Nitrogênio**, Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação de milho. Circular Técnica nº 78. Sete Lagoas, MG; **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006.

DUARTE, Vânia M. do N. A carta de Pero Vaz de Caminha. *Português Uol*, São Paulo, 16 abr. 2016. Disponível em: <<http://portugues.uol.com.br/literatura/a-carta-pero-vaz-caminha.html>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

FAQUIN, Valdemar; **Nutrição Mineral De Plantas**. Curso De Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) A Distância Solos E Meio Ambiente. Universidade Federal De Lavras. 2005..

FELINE, Felício Z.; BONO, José A. M. Produtividade de soja e milho, em sistemas de plantio com uso de cama de frango na região de Sidrolândia – MS. **Ensaio e Ciência, ciências agrárias biológicas e da saúde**. Valinhos, v. 15, n. 5, mai. 2012.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. **Embrapa**. Maio, 2006. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT63.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

HARRIS, Daniel C. **Análise química quantitativa**. 8^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HERNANDES, Renata; CAZETTA, Jairo O.; MORAES, Vera M. B. de. Frações Nitrogenadas, Glicídicas e Amônia Liberada pela Cama de Frangos de Corte em Diferentes Densidades e Tempos de Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.4, p.1795-1802, 2002

HOLANDA, J. S.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, J. G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 47-51, 1982.

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

LACEY, R.E.; MUKHTAR, S.; CAREY, J.B.; Ullman, J.L. **A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 1. Odor concentrations and emissions.** Journal of Applied Poultry Research 2004, v.13, p.500-508.

LANA, Maria do C. et al. **Análise Química de Solo e Tecido Vegetal: Práticas de Laboratório.** 1. ed. Marechal Cândido Rondon. Unioeste, 2010.

LIMA, J.J.; MATA, J.V.D.; PINHEIRO NETO, R. ; SCAPIM, C.A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Acta Scientiarum Agronomy.** Maringá, v. 29, supl., p. 715719, 2007.

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 2005, v.34, p.2093-2103.

MALAVOLTA, E. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo: **Ceres**, 496 p. 1987.

MALAVOLTA, E. et al. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **POTAFOS**, p. 115-230. 1997.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica **Ceres Ltda.** 638 p. 2006.

MANAHAN, S.E.; **Química Ambiental**, 9 ed – Poto Alegre: Bookman, 2013.

NAHNM, K.H. A strategy to solve the environmental concerns caused by poultry production. **World's Poultry Science Journal** , 2000, v.56, p.379-388.

OLIVEIRA, F. A.; ... [et al.]. Fertilidade do solo e nutrição da soja. Circular Técnica nº 50. Londrina, PR; **Embrapa**, 2007.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.A.; JÚNIOR, J.L. COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v 30. n 3. p. 538-545. 2010.

OVIEDO-RONDÓN, Edgar O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Carolina do Norte, v. 37, suplemento especial, p. 239-252, 2008.

PIRES, Adriana M. M.; MATTIAZZO, Maria M. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. **Embrapa Meio Ambiente**. Circular Técnica, 19. Jaguariúna –SP. Nov. 2008.

POMBO, Lêda C. A. **Absorção de metais pesados por plantas e métodos de avaliação da disponibilidade de cádmio no solo**. 1992. 93 f. Tese (Doutorado em ciência do solo) – Faculdade de agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.

ROBARGE, W.P.; MCCULLOCH, R.; CURE,, W. **Atmospheric concentrations of ammonia and ammonium in the vicinity of animal production facilities in eastern North Carolina**. In: Proceedings of 1999 Animal Waste Management Symposium. Pages 365-371. Jan 27-28. Cary, North Carolina 1999.

RODRIGUES, Wesley O. P.; GARCIA, Rodrigo G.; NÄÄS, Irenilza de. A.; ROSA, Carolina O. da.; CALDARELLI, Carlos E. **Evolução da avicultura de corte no Brasil**. Enciclopédia Biosfera-Centro Científico Conhecer, Dourados, 01 jul. 2014. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/EVOLUCAO.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

SALAMÃO, Raphael. Brasil foi o maior produtor mundial de carne de frango em 2015, diz ABRA. **Globo Rural**, [S.I.], 26 FEV. 2016. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/Aves/noticia/2016/01/brasil-foi-o-2-maior-produtor-mundial-de-carne-de-frango-em-2015-diz-abpa.html>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

SEIFFERT, N.F. **Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental**. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, 12 Abril, 2000.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F.; MEYER, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Molibdênio e Cobalto na cultura da Soja. Londrina. **Embrapa – CNPSo, Circular técnica 16**. 1997.

SILVA, S. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. de O. **Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. In: Silva, F. C. da (Org.). Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. P. 109-189.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. et al. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. 6^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TERZICH, M.; POPE, M.J.; CHERRY, T.E.; HOLLINGER, J. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. **Journal of Applied Poultry Research**, 2000, v.9, n.2, p.287-291.

Utilização da cama de frango como adubo orgânico de pastagens. – beefpoint – 13/08/2009 disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/pastagens/utilizacao-da-cama-de-frango-como-adubo-organico-de-pastagens-56121/>>. Acesso em : 23 mai. 2016.

UNIFERTIL. **Nutrientes do que as plantas precisam?** Universal de fertilizantes S.A. 2012.

WILLIAMS, C.M.; BARKER, J.C.; SIMS, J.T. Management and utilization of poultry wastes. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, 1999, v.162, p.105-157.

ZHONGCHAO, T.; ZHANG, Y. **A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments**. Air and Waste Management Association, 2004, v.54, p.845-854,.