

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOIRAN LUIZ MAGALHÃES

Uso de cama de aviário no crescimento inicial do eucalipto variedade AEC 1528  
em LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado

Maringá  
2016

JOIRAN LUIZ MAGALHÃES

Uso de cama de aviário no crescimento inicial do eucalipto variedade AEC 1528  
em LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Orientador: Prof. Antonio Carlos Saraiva da Costa, Ph.D.

Co-orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. June Faria Scherrer Menezes

Maringá  
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M188u Magalhães, Joiran Luiz  
    Uso de cama de aviário no crescimento inicial do eucalipto variedade AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado / Joiran Luiz Magalhães. -- Maringá, PR, 2016.  
    76 f. : il. col. figs. tabs

    Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa.

    Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. June Faria Scherrer Menezes.

    Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

    1. Nitrogênio. 2. Reciclagem. 3. Resíduos avícola. I. Costa, Antonio Carlos Saraiva da, orient. II. Menezes, June Faria Scherrer, orient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 23.ed. 631.86

MRP-003566

# FOLHA DE APROVAÇÃO

JOIRAN LUIZ MAGALHÃES

Uso de cama de aviário no crescimento inicial do eucalipto variedade AEC 1528  
em LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronomia pela comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Antonio Carlos Saraiva da Costa, Ph.D.  
(Presidente - Orientador)

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. June Faria Scherrer Menezes  
(Co-orientadora)

---

Prof. Dr. Marcelo Augusto Batista

---

Prof. Dr. Felipe Haenel Gomes

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Flávia Carvalho Silva

Aprovado em 15 de dezembro de 2016.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA), pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

Ao meu orientador prof Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa, pelo apoio, conhecimento e atenção durante todo o período do curso.

À minha co-orientadora Dr. June Faria Scherrer Menezes, que muito contribuiu com seus conhecimentos na execução deste trabalho.

A minha esposa Daniela Borges do Couto Magalhães, pelo apoio, compreensão e auxílio na formatação deste trabalho.

Ao Secretário Municipal de Educação Prof. Me. Lindomar Barros (*in memoriam*), que oportunizou juntamente com a Prefeitura Municipal de Rio Verde-GO a licença para aprimoramento profissional em nível de doutorado.

Ao Dr. Ivan Granemann de Souza Junior, por todo auxílio e ensinamento no trabalho realizado no Laboratório de Química e Mineralogia de Solos da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Aos colegas de doutorado Elcio, Marcos, Ricardo e Nilda, pelo companheirismo e parceria nos momentos de viagem e demais atividades em conjunto.

Ao colega professor Carlos Alberto Baratelli, que elaborou os desenhos técnicos da câmara coletora de nitrogênio.

À Universidade de Rio Verde - GO (UniRV), que concretizou o Dinter com a Universidade Estadual de Maringá (UEM), possibilitando a realização do meu Doutorado.

Ao professor Dr. Alessandro Guerra da Silva, coordenador deste programa que não mediu esforços para atender as nossas necessidades durante o curso.

Ao professor Dr. Gustavo André Simon pela amizade e orientação nas análises estatísticas.

À professora Ma. Débora Cabral Machado, pelas orientações no laboratório de microbiologia da Universidade de Rio Verde.

Aos alunos de graduação: Lucas de Araújo Neves, Marcos Vinicius Pereira Vieira, Dione Rodrigues Teixeira, Eduardo Peixoto Silva, Felipe José Ribeiro e Vinícius Villa e Vila pela dedicação expressiva na execução dos experimentos.

E a todos que de alguma maneira contribuiram para a realização deste trabalho expresso

Meus agradecimentos!

## **BIOGRAFIA**

JOIRAN LUIZ MAGALHÃES, filho de João Luiz Neto e Milca Magalhães Neto, nasceu no município de Iporá, estado de Goiás, aos 28 dias do mês de agosto do ano de 1974.

Em março de 1993, iniciou o curso de Biologia na Universidade de Rio Verde – FESURV. Graduou-se em Biologia sob a orientação da professora Marilucy Zaiden, em 20 de dezembro do ano 1996.

Em junho de 1998, iniciou o curso de Pós-Graduação em Microbiologia na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas e finalizou no ano 2000.

Em 2006, iniciou o curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal em nível de Mestrado, área de concentração "Grandes Culturas", e preparou sua dissertação com o título: Aproveitamento de águas residuárias na produção de mudas de eucalipto no município de Rio Verde-GO na Universidade de Rio Verde - GO, sob a orientação do prof. Dr. Gustavo André Simon e co-orientação da prof<sup>a</sup>. Dra. June Faria Scherrer Menezes. Obteve o título de mestre em 18 de dezembro do ano 2008.

Em 01 de março do ano 2014, iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia em nível de Doutorado, área de concentração em Solos e Nutrição de plantas, na Universidade Estadual de Maringá (UEM), sob a orientação do prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa.

## LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - Modificações nas características químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease.

Tabela 1.1 Descrição dos atributos químicos e composição granulométrica do solo amostrado na profundidade 0 – 20 cm Fazenda Florestal II Rio Verde-GO e os valores de referência ..... 15

Tabela 1.2 Teores de óxidos de ferro e alumínio do LATOSSOLO VERMELHO distrófico amostrado na Fazenda Florestal II Rio Verde-GO ..... 15

Tabela 1.3 Balanço dos minerais da fração argila do LATOSSOLO VERMELHO distrófico amostrado na Fazenda Florestal II Rio Verde-GO ..... 16

Tabela 1. 4 Teores totais (Tt), teores disponíveis (Td), teores médios (Tm), condutividade elétrica (CE) e umidade da cama de aviário (Um) ..... 17

Tabela 1.5 Resumo das análises de variância para: potencial hidrogeniônico (pH), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), potássio (K), fosforo (P), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), sódio (Na), cobre (Cu), matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), condutividade elétrica do solo (CE), condutividade elétrica do percolado aos 7 dias (CE7), condutividade elétrica do percolado aos 14 dias (CE14), condutividade elétrica do percolado aos 21 dias (CE21) e condutividade elétrica do percolado aos 28 dias (CE28)..... 19

Tabela 1. 6 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores de atributos químicos do solo, pH, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC) e condutividade elétrica do solo (CE) ..... 20

Tabela 1.7 Funções de pedotransferência (FTP) para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) utilizando atributos químicos dos solos..... 21

Tabela 1.8 Quantidade total de nutrientes aplicados ao solo via cama de aviário nas doses 5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> ..... 22

Capítulo 2 - Características morfológicas do eucalipto AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação de doses de cama de aviário associado a um inibidor da urease.

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2. 1 Composição dos meios de culturas: Thorton, Caseinato Dextrose Agar e Martin específicos para bactérias, actinomicetos e fungos .....   | 49 |
| Tabela 2. 2 Resumo de análise de variância para: volatilização de 0 a 5 dias (0 a 5), volatilização de 0 a 30 dias (0 a 30), volatilização de 0 a 50 dias (0 a 50), unidades formadoras de colônias de bactérias (UFC BACT), unidades formadoras de colônias de actinomicetos (UFC ACT), unidades formadoras de colônias de fungos (UFC FUNG) e unidades formadoras de colônias total (UFC TOTAL), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (PR), mortalidade (MORT), nitrogênio foliar (N(f)), nitrogênio radicular (N(r)), fósforo foliar (P(f)), fósforo radicular (P(r)), potássio foliar (K(f)), potássio radicular (K(r)), cálcio foliar (Ca(f)), cálcio radicular (Ca(r)), magnésio foliar (Mg(f)), magnésio radicular (Mg(r)), enxofre foliar (S(f)), enxofre radicular (S(r)), boro foliar (B(f)), boro radicular (B(r)), cobre foliar (Cu(f)), cobre radicular (Cu(r)), ferro foliar (Fe(f)), ferro radicular (Fe(r)), manganês foliar (Mn(f)), manganês radicular (Mn(r)), zinco foliar (Zn(f)) e zinco radicular (Zn(r))..... | 53 |
| Tabela 2. 3 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre os teores de volatilização acumulados em três períodos, as UFC de bactéria, actinomicetos e fungos com os atributos químicos do solo .....  | 57 |
| Tabela 2. 4 Funções de pedotransferência (FTP) para volatilização do NH <sub>3</sub> de 0 a 5 dias (Vol 5), volatilização do NH <sub>3</sub> de 0 a 30 dias (Vol 30), volatilização do NH <sub>3</sub> de 0 a 50 dias (Vol 50) utilizando os atributos químicos do solo .....  | 57 |
| Tabela 2.5 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre os teores de volatilização com as UFC de bactéria, actinomicetos e fungos .....  | 59 |
| Tabela 2. 6 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa de raiz (MR), e mortalidade de plantas de eucalipto (MOR) com os teores dos atributos químicos do solo .....  | 62 |
| Tabela 2. 7 Funções de pedotransferência (FTP) para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa de raiz (MR) e mortalidade de plantas de eucalipto (MORT) utilizando atributos químicos dos solos .....  | 62 |
| Tabela 2. 8 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores totais da folha com os atributos químicos do solo .....  | 66 |
| Tabela 2. 9 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores totais de nutrientes na raiz com os atributos químicos do solo.....  | 68 |



## LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 - Modificações nas características químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease.

- Figura 1.1 Implantação do experimento mostrando a aplicação da cama de aviário na superfície dos vasos de 10 dm<sup>3</sup>. (Foto: o autor)..... 12
- Figura 1.2 Conjunto de vasos construído com pet de 2 dm<sup>3</sup> com 1000 g de solo e acoplado a garrafa de 0,5 dm<sup>3</sup> para coleta do percolado. (Foto: o autor). ..... 13
- Figura 1.3 Difrátogramas de raios-X da fração argila orientada da camada 0-20 do LATOSSOLO VERMELHO distrófico mostrando a variação na mineralogia. Cau-caulinita, Gib-Gibbsita, Mg-glicol-Mg-glicolada; Mg-25-amostra saturada com Mg; K-25-saturada com K a 25 °C; K-350-amostra saturada com K e aquecida a 350°C; K-550- amostra saturada com K e aquecida a 550°C..... 16
- Figura 1.4 Difrátogramas de raios-X da fração argila após concentração dos óxidos de ferro da camada 0-20 do LATOSSOLO VERMELHO distrófico mostrando a variação na mineralogia. Goe-goethita; Hem-hematita; Ana-anatásio..... 16
- Figura 1.5 Difrátogramas de raios -X da cama de aviário mostrando a variação na mineralogia; Caca - Carbonato de Cálcio, Qtz - Quartzo, Oxca - Óxido de Cálcio e Est - Estruvita. .... 18
- Figura 1.6 Equações de regressão para: pH do solo (a); cálcio do solo (b), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). ..... 21
- Figura 1.7 Equações de regressão para: magnésio do solo (a); potássio do solo (b); fósforo do solo (c) e enxofre do solo (d), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). ..... 23
- Figura 1.8 Equações de regressão para: matéria orgânica do solo (a) e boro do solo (b), em função das doses de cama de aviário. \*\*, \* significativo a 1% e 5% de

|  |    |
|--|----|
| probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ ).....   | 24 |
| Figura 1.9 Equação de regressão para: ferro do solo, em função das doses de cama de aviário. *, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,05$ ). .....   | 25 |
| Figura 1.10 Equações de regressão para: manganês (a); zinco (b); sódio (c) e cobre (d) em função das doses de cama de aviário. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). .....  | 26 |
| Figura 1.11 Equações de regressão para: CTC do solo (a); saturação de bases do solo (b) e condutividade elétrica do solo (c), em função das doses de cama de aviário. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). ..... | 28 |
| Figura 1.12 Equações de regressão para a condutividade elétrica do percolado aos: 7, 14, 21 e 28 dias em função das doses de cama de aviário. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). .....                          | 30 |
| <br>   |    |
| Capítulo 2 - Características morfológicas do eucalipto AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação de doses de cama de aviário associado a um inibidor da uréase.   |    |
| Figura 2. 1 Imagem do experimento com a câmera coletora de nitrogênio instalada nos vasos. (Foto o autor).....   | 47 |
| Figura 2. 2 Câmara coletora de Nitrogênio, adaptada de Araújo et al. (2006). .....   | 47 |
| Figura 2.3 Equações de regressão para nitrogênio amoniacal volatilizado, em função das doses de cama de aviário aos: 0 a 5 dias, 0 a 30 dias e 0 a 50 dias. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ). .....           | 54 |
| Figura 2.4 Efeito da duração do período de perdas de N-NH <sub>3</sub> em valores absolutos dentro dos períodos 0 a 5 dias, 0 a 30 dias e 0 a 50 dias, convertidos para 24 horas. ....   | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 5 Perdas de N-NH <sub>3</sub> volatilizado em função da aplicação das seis doses de cama de aviário em dez períodos consecutivos de 5 dias.....  | 55 |
| Figura 2. 6 Acumulado de N-NH <sub>3</sub> volatilizado em função da aplicação das seis doses de cama de aviário em 50 dias. ....  | 56 |
| Figura 2.7 Equações de regressão para log das Unidades Formadoras de Colônias - UFC, de bactérias, actinomicetos, fungos e total de microorganismos em função das doses de cama de aviário. *, ns significativo a 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \geq 0,05$ e $p \leq 0,05$ ).....   | 59 |
| Figura 2.8 Equações de regressão para os atributos morfológicos da cultura de eucalipto cultivada em LATOSSOLO VERMELHO distrófico após adição de doses crescentes de cama de aviário: altura de plantas (a); diâmetro do caule (b); massa fresca da parte aérea (c); massa seca da parte aérea (d); massa de raiz (e) e mortalidade de plantas (f) em função das doses de cama de aviário. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ )..... | 61 |
| Figura 2.9 Equações de regressão para: potássio (a); magnésio (b); enxofre (c) e boro (d), em função das doses de cama de aviário. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).....  | 65 |
| Figura 2.10 Equações de regressão para: nitrogênio (a); fósforo (b); cálcio (c) e magnésio (d), em função das doses de cama de aviário. **, *, significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ ).....   | 67 |
| Figura 2.11 Equações de regressão linear para: enxofre (a); cobre (b); manganês (c) e zinco (d), em função das doses de cama de aviário. **, *, significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ ).....  | 68 |

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO GERAL .....  | i   |
| ABSTRACT .....  | iii |
| INTRODUÇÃO GERAL .....  | 1   |
| CAPÍTULO 1 .....  | 3   |
| Modificações nos atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease .....                                   | 4   |
| RESUMO .....  | 4   |
| ABSTRACT .....  | 5   |
| 1.1 INTRODUÇÃO.....   | 6   |
| 1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 8   |
| 1.2.1 O solo.....   | 8   |
| 1.2.2 Cama de aviário.....  | 10  |
| 1.2.3 Condução dos experimentos.....  | 11  |
| 1.2.3.1 Primeiro ensaio: Avaliação dos atributos químicos do solo em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de uréase .....                             | 11  |
| 1.2.3.2 Segundo ensaio: Avaliação da condutividade elétrica da solução do solo e do percolado em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease ..... | 13  |
| 1.2.4 Características avaliadas dos ensaios .....   | 14  |
| 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....  | 15  |
| 1.3.1 Avaliação dos atributos químicos do solo em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.....   | 18  |
| 1.3.2 Avaliação da condutividade elétrica do solo e do percolado em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.....                               | 29  |
| 1.4 CONCLUSÕES .....  | 31  |
| 1.5 REFERÊNCIAS .....   | 32  |
| CAPÍTULO 2 .....  | 39  |
| RESUMO .....  | 40  |
| ABSTRACT .....  | 42  |
| 2.1 INTRODUÇÃO.....   | 43  |

|  |    |
|--|----|
| 2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 46 |
| 2.2.1 O solo (item 1.4.1.).....  | 46 |
| 2.2.2 A cama de aviário (item 1.4.2) .....   | 46 |
| 2.2.3 Atributos químicos, biológicos, agronômicos, químicos foliares e radiculares analisados.....   | 46 |
| 2.2.3.1 Quantificação da volatilização da amônia .....   | 46 |
| 2.2.3.2 Quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, actinomicetos e fungos.....  | 48 |
| 2.2.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.....  | 49 |
| 2.2.3.4 Avaliação dos atributos químicos foliares e radiculares em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease..... | 50 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 52 |
| 2.3.1 Quantificação da volatilização da amônia .....   | 52 |
| 2.3.2 Quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, actinomicetos e fungos.....  | 57 |
| 2.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.....    | 59 |
| 2.3.4 Avaliação dos atributos químicos foliares e radiculares em função da aplicação de cama de aviário com e sem inibidor de urease .....           | 63 |
| 2.3.4.1 Atributos químicos foliares em função da aplicação de diferentes doses de cama de aviário .....  | 63 |
| 2.3.4.2 Atributos químicos radiculares em função da aplicação de diferentes doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.....               | 65 |
| 2.4 CONCLUSÕES .....   | 70 |
| 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 71 |
| 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 76 |

## LISTA DE ABREVIACES

|          |   |
|----------|---|
| Ana:     | Anatásio  |
| AP:      | Altura de Planta  |
| Caca:    | Carbonato de cálcio   |
| Cau:     | Caulinita   |
| CE:      | Condutividade elétrica  |
| CE7:     | Condutividade elétrica do percolado aos 7 dias                    |
| CE14:    | Condutividade elétrica do percolado aos 14 dias                   |
| CE21:    | Condutividade elétrica do percolado aos 21 dias                   |
| CE28:    | Condutividade elétrica do percolado aos 28 dias                   |
| DC:      | Diâmetro do caule   |
| Est:     | Estruvita   |
| FPT:     | Funes de pedotransferência                                     |
| Gib:     | Gibbsita  |
| Goe:     | Goethita  |
| Hem:     | Hematita  |
| ICP-OES: | Espectrômetro óptico de emissão por plasma indutivamente acoplado |
| MORT:    | Mortalidade   |
| MR:      | Massa de raiz   |
| MS:      | Massa seca da parte aérea   |
| MF:      | Massa fresca da parte aérea                                       |
| NBPT:    | N-(N-Butil) Tiofosfórico Triamida                                 |
| Oxca:    | xido de cálcio   |
| Qtz:     | Quartzo   |
| Tad:     | Teores como adubo   |
| Td:      | Teores disponíveis  |

Tt: Teores totais

UFC: Unidades formadoras de colônias

## Uso de cama de aviário no crescimento inicial do eucalipto variedade AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado

### RESUMO GERAL

A avicultura gera um quantitativo elevado do resíduo denominado cama de aviário. Dos nutrientes presentes na cama de aviário, o nitrogênio se destaca, por possuir maior quantidade e complexidade, dificultando seu manejo nos solos de regiões tropicais, em função do número de reações que ocorrem no solo e as perdas principalmente por volatilização da amônia que podem ocasionar danos econômicos e ambientais. Com a intenção de mitigar essa perda de nitrogênio pode-se utilizar produto que inibem a ação de enzimas inibidoras da urease. As aves, em especial os frangos, são os animais mais eficientes na transformação de produtos de origem vegetal em proteína animal. No entanto, como nas demais atividades humanas de produção gera um quantitativo de resíduos que precisam ter destinação apropriada. A grande demanda por produtos florestais levou a um aumento expressivo da área de florestas plantadas, sendo o gênero *Eucalyptus* o mais representativo ocupando mais de 75 % da área plantadas no país. Um dos grandes desafios do setor florestal é a produção de madeira sem agredir o ambiente, visto que esta cultura possui crescimento acelerado e por isso consome os recursos do solo, água e nutrientes. A reciclagem é atualmente uma prática consolidada mundialmente sendo uma das propostas mais viáveis para o reaproveitamento de resíduos no meio agrícola. Resíduos que apresentam em sua constituição teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes, manejados de forma adequada, podem constituir em um excelente condicionador químico do solo. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a ação do inibidor de urease e das doses de cama de aviário nos atributos químicos do solo, volatilização do nitrogênio, unidades formadoras de colônias de microrganismos, características morfológicas e teores de nutricionais da folha e raiz das plantas. Para isso, foram instalados dois experimentos, o primeiro em casa-de-vegetação e outro em área de floresta de eucalipto ambos no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com tratamento adicional  $(2 \times 6) + 1$ , sendo dois tipos de cama de aviário com e sem inibidor de urease (NBPT) e seis doses de cama de aviário (5, 10, 20, 40, 80 e  $160 \text{ t ha}^{-1}$ ) mais o controle em quatro repetições, totalizando 52 vasos. O inibidor de urease NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida não mostrou influência nos atributos químicos do solo, na volatilização da amônia, nas unidades formadoras de colônias, nos atributos morfológicos da planta e nos atributos nutricionais das folhas e raízes. As doses de cama de aviário alteraram os atributos



químicos do solo, a quantidade de nitrogênio perdido por volatilização, número de unidades formadoras de colônias de actinomicetos e total, os atributos morfológicos das plantas de eucaliptos, os teores de K, Mg, S, B na folha e N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn na raiz. Doses superiores a 40 t ha<sup>-1</sup> tem potencial de contaminação por salinidade e alcalinidade.

**Palavras-chave:** Perda de nitrogênio. Reciclagem. Resíduo avícula.

## Use of poultry litter in the eucalyptus variety AEC 1528 in A RED LATOSOL of Cerrado

### ABSTRACT

The poultry industry generates a high quantity of the so-called poultry litter. Among the nutrients present in the poultry manure, the nitrogen stands out, because it has more quantity and complexity, making it difficult to manage in the soils of tropical regions, due to the number of reactions that occur in the soil and the losses, mainly volatilization of the ammonia that can cause economic and environmental damage. In order to mitigate N losses, products that inhibit the action of urease inhibiting enzymes can be used. Birds, especially chickens, are the most efficient animals in the transformation of plant products into animal protein. However, as in other human activities of production, it generates a quantity of waste that must be properly disposed. The great demand for forest products led to a significant increase in the area of planted forests, with the *Eucalyptus* genus being the most representative occupying more than 75% of the planted area in the country. One of the great challenges of the forest sector is the production of wood without harming the environment, since this culture has accelerated growth and therefore consumes the resources of soil, water and nutrients. Recycling is currently a globally established practice and is one of the most feasible proposals for the reuse of waste in agriculture. Residues that have in their constitution high levels of organic matter, macro and micronutrients, properly handled, can be an excellent chemical soil conditioner. The objectives of this work were: i) to evaluate the action of the urease inhibitor and poultry litter doses on soil chemical attributes, nitrogen volatilization, colony forming units of microorganisms, morphological characteristics and nutritional contents of the leaves and roots of plants. For this, two experiments were installed, the first in a greenhouse and the other in a forest area of eucalyptus, both in a completely randomized design in factorial arrangement with additional treatment (2 x 6) + 1 (control), two types of poultry manure with and without urease inhibitor (NBPT) and six poultry manure doses (5, 10, 20, 40, 80 and 160 t ha<sup>-1</sup>) plus control in four replicates, for a total of 52 pots. The NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide urease inhibitor showed no influence on soil chemical attributes, ammonia volatilization, colony forming units, plant morphological attributes and nutritional attributes of leaves and roots. The values of K, Mg, S, B in the leaves of the litter changed the soil chemical attributes. The poultry litter doses affected nitrogen lost by volatilization, number of actinomycetes, total colony forming units, morphological attributes of eucalyptus

plants, amount of K, Mg, S, B on shoot and N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn on roots. Doses of poultry litter above 40 t ha<sup>-1</sup> have potential for contamination by salinity and alkalinity.

**Keywords:** Nitrogen loss. Recycling. Poultry residue.

## INTRODUÇÃO GERAL

A reciclagem de resíduos urbanos, industriais e agrícolas é uma prática mundial e uma das propostas mais viáveis para o seu aproveitamento no meio agrícola. Diversas linhas de pesquisa, tanto no Brasil quanto no exterior, vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos a fim de aperfeiçoar e viabilizar a prática da reciclagem.

O uso agrícola vem mostrando ser uma forma mundialmente aceita para destinação final dos resíduos oriundos da produção animal, uma vez que apresenta em sua constituição teores significativos de matéria orgânica, macro e micronutrientes. Estes materiais quando incorporados ao solo na forma e na quantidade apropriada podem alterar os níveis de fertilidade do solo, e se manejado de forma adequada pode ser considerado um excelente condicionador do solo.

O Município de Rio Verde, localizado no centro-oeste de Goiás vem se destacando no cenário do agronegócio brasileiro, responsável por mais de 1% da produção de grãos nacional, recebeu nos últimos anos, uma série de agroindústrias ligadas ao setor.

Dentre as agroindústrias destaca-se a BRF (Brasil Foods) que possui um de seus maiores frigoríficos de aves e suínos instalados em Rio Verde, abatendo aproximadamente 400.000 aves diariamente, integrando uma rede de mais de 200 granjas distribuídas na zona rural do município e de municípios vizinhos, gerando um quantitativo superior a 200.000 toneladas de cama de aviário anualmente.

Os frangos são considerados os animais mais eficientes para transformarem grãos em proteína animal, em curto tempo, pouco espaço, pouca água e energia. No entanto, como em todas as atividades humanas de produção, ocorre a geração de resíduos. O crescimento contínuo e acelerado da produção agropecuária brasileira, nos últimos anos, fez com que o quantitativo de cama de aviário também se elevasse. O manejo inadequado desses resíduos pode poluir solos e águas superficiais; porém, ao contrário, pode se tornar um modelo sustentável de produção, além de agregar valor ambiental e financeiro à cadeia produtiva.

As agroindústrias requerem grande demanda de madeira como fonte de energia para suas atividades, o que acarreta sérios danos aos ecossistemas se esses vegetais forem retirados do seu ambiente natural, com isso uma quase totalidade das agroindústrias utiliza o eucalipto com esta finalidade.

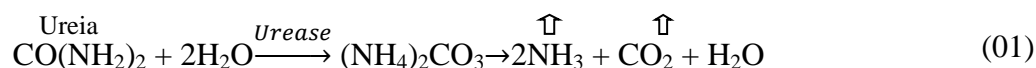
O Setor Florestal Brasileiro conta com aproximadamente 7 milhões de hectares de plantios florestais. Essas florestas visam garantir o suprimento de lenha e madeira para diversas finalidades do mercado. A eucaliptocultura tem sido a solução para reduzir a pressão sobre as florestas nativas. A região do Sudoeste goiano tem se destacado, nos últimos anos,

pela implantação de frigoríficos (aves, suínos e bovinos) e esmagadoras de soja, que de forma direta ou indireta, têm utilizado o eucalipto como fonte de energia.

A maioria das áreas florestais brasileiras foi e está sendo instalada em solos de baixa fertilidade, degradados ou a caminho da degradação por diversas atividades e inclusive a própria atividade florestal. Com a finalidade de mitigar os aspectos negativos do manejo intensivo e dar destino adequado aos resíduos da avicultura, está cada vez mais comuns empresas florestais fazerem o uso de dejetos animais, o que eleva a produtividade e reduz custos com fertilizantes minerais à base de NPK.

O nitrogênio é um dos nutrientes de alta complexidade, principalmente pela dificuldade em ser manejado nos solos tropicais e subtropicais, apresentando inúmeras reações no solo, e uma variação significativa nas quantidades disponibilizadas às plantas em curto espaço de tempo, devido a reações de perda (volatilização, lixiviação e desnitrificação), ocasionando consequências econômicas e ambientais desagradáveis.

Os inibidores da urease atuam reduzindo a velocidade de conversão de uréia em  $\text{NH}_3$ , provocando maior percolação, redução da concentração de  $\text{NH}_3$  na superfície do solo e as perdas por volatilização (equação 01).



Em função da carência de informações, quanto ao potencial do uso da cama de aviário acrescida ou não com inibidor da urease, é de suma importância a realização de estudos na área, assim, os objetivos do presente trabalho foram; avaliar a ação do inibidor da urease NBPT e das doses de cama de aviário nos atributos químicos do solo, volatilização do nitrogênio, unidades formadoras de colônias de microrganismos, características morfológicas e no teor de nutrientes da planta.

## CAPÍTULO 1

Modificações nos atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO  
distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease

## Modificações nos atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease

### RESUMO

A reciclagem é atualmente uma prática consolidada mundialmente, sendo uma das propostas mais viáveis para o reaproveitamento de resíduos no meio agrícola. Resíduos que apresentam em sua constituição teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes, quando manejados de forma adequada podem constituir em um excelente condicionador químico do solo. As aves, em especial os frangos, são os animais mais eficientes na transformação de produtos de origem vegetal em proteína animal. No entanto, como nas demais atividades humanas de produção, geram um quantitativo de resíduos que precisam ter destinação apropriada. O objetivo com o trabalho foi avaliar a ação do inibidor de uréase, bem como as doses de cama de aviário nos atributos químicos do solo e na condutividade elétrica do percolado. Para isso, foram instalados dois experimentos um em casa-de-vegetação e outro em área de floresta de eucalipto, ambos no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $(2 \times 6) + 1$ , sendo dois tipos de cama de aviário e seis doses de cama de aviário (5, 10, 20, 40, 80 e  $160 \text{ t ha}^{-1}$ ) mais o controle sem adição de cama de aviário em quatro repetições, totalizando 52 vasos. O inibidor de urease NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida, não mostrou influência nos atributos químicos do solo. As doses de cama de aviário alteraram os atributos químicos do solo, exceto a acidez potencial. Os valores pH, CTC, SB e CE e teores de Ca, Mg, K, P, S, MO, Mn, Zn e Cu apresentaram aumentos com a elevação das doses, enquanto que os teores de Fe e B sofreram redução. Doses de 80 e  $160 \text{ t ha}^{-1}$  tem potencial de contaminação por salinidade e alcalinidade, além de elevar a condutividade elétrica do percolado a níveis limitantes para as plantas.

**Palavras-chave:** Aditivo. Condicionador químico. Resíduos avícolas.

## Modifications on chemical attributes of a dystrophic RED LATOSOL after application of poultry manure in association with a urease inhibitor

### ABSTRACT

Recycling is currently a worldwide practice and is one of the most feasible proposals for the reuse of waste in agriculture. Waste, which presents high levels of organic matter, macro and micronutrients, when properly managed, may constitute an excellent soil chemical conditioner. Birds, especially chickens, are the most efficient animals in the transformation of plant products into animal protein. However, as in other human production activities, they generate a quantity of waste that must be properly disposed off. The objective of this work was to evaluate the action of the urease inhibitor as well as the avian litter doses on soil chemical attributes and the electric conductivity of the leachate. For this, two experiments were installed in a greenhouse and another in eucalyptus forest, both in a completely randomized design in factorial arrangement  $(2 \times 6) + 1$ , being two types of aviary beds and six doses of (5, 10, 20, 40, 80 and  $160 \text{ t ha}^{-1}$ ) plus control without addition of aviary bed in four replications, totaling 52 vessels. The values of pH, CTC, SB and NBPT (N-butyl) thiophosphoric triamide, showed no influence on soil chemical attributes. EC and Ca, Mg, K, P, S, MO, Mn, Zn and Cu contents showed increases with increasing doses, while Fe and B contents were reduced in doses of 80 and  $160 \text{ t ha}^{-1}$  has potential of contamination by salinity and alkalinity, besides raising the electric conductivity of the leachate to limiting levels for the plants.

**Keywords:** Additive. Chemical conditioner. Poultry waste.



## 1.1 INTRODUÇÃO

A reciclagem agrícola de resíduos urbanos, agrícolas e industriais é, atualmente, uma prática consolidada mundialmente e uma das propostas mais viáveis para o reaproveitamento de resíduos no meio agrícola. Resíduos agrícolas (vinhaças, cama de aviário, dejetos de suíno, resíduos animais, etc.) que apresentam, em sua constituição, teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes, quando manejados de forma adequada, podem constituir em um excelente condicionador químico do solo (MELO et al., 1994; VANZO et al., 2001).

A produção de frangos de corte é a forma mais eficiente e barata de produção de proteína animal para alimentação humana no mundo. Os frangos são os animais mais eficientes na transformação de produtos de origem vegetal em proteína animal, em curto tempo, com utilização de pouco espaço, pouca água e energia, e adicionalmente, é possível utilizar o animal inteiro após o abate. No entanto, como nas demais atividades humanas de produção, existem resíduos na avicultura que precisam ter destinação apropriada (RONDÓN, 2008).

Os resíduos oriundos da avicultura moderna (cama de aviário) definida por Alves (1991) como o produto da mistura de excrementos de aves, penas, fragmentos de materiais sólidos e orgânicos utilizados sobre os pisos das granjas, acrescidos da ração desperdiçada. São ricos em nutrientes e a dose de cama a ser recomendada deve levar em consideração as necessidades da cultura e os atributos físicos e químicos do solo (COSTA et al., 2009; CORRÊA et al., 2011).

Vários trabalhos têm demonstrado a viabilidade da reciclagem da cama de aviário como condicionador químico do solo (ANDREOLA, 1996; MELLO e VITTI, 2002; MENEZES et al., 2004). No entanto, a literatura é carente de informações sobre os efeitos desses resíduos nos atributos químicos dos solos quando aplicadas doses elevadas, principalmente na região dos cerrados. Isso pode ser particularmente importante em solos com bons atributos físicos, assim com elevados teores de nutrientes e que tendem a não responder, de forma significativa, à aplicação de resíduos orgânicos. Espera-se que os efeitos sejam mais evidentes em solos naturalmente pobres e com algum grau de degradação.

Os LATOSSOLOS representam parte considerável dos solos do bioma cerrado (GOMES et al., 1994; FONTES et al., 2001). Esses solos apresentam alto grau de intemperismo, são geralmente ácidos, apresentam CTC baixa e dependente do pH e do teor de matéria orgânica, pois possuem fertilidade natural reduzida (MENDONÇA et al., 2006).

A utilização de cama de aviário pode ser considerada como uma alternativa de melhora dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, já que o teor de matéria

orgânica influencia o comportamento do solo, principalmente dos altamente intemperizados (FONTES et al., 2001).

A utilização de resíduos na agricultura é intencionada em incrementar os teores nutricionais existentes nos solos e dar destinação adequada aos mesmos, a fim de elevar a produtividade e simultaneamente reduzir custos com fertilizantes químicos. No entanto, não é fácil avaliar, na totalidade, como um resíduo irá se comportar quando incorporado ao solo. Dependendo dos seus atributos intrínsecos, o resíduo poderá ocasionar uma série de reações que indisponibilize determinado nutriente, possibilitando a ocorrência de prejuízos ao invés de benefícios (LUCHESE, 2009).

Ritter e Chirnside (1987) afirmam que a alta disponibilidade de cama de aviário, a custo baixo, pode induzir a aplicação desse resíduo em quantidades excessivas que extrapolem as necessidades nutricionais das plantas, enquanto que os fertilizantes químicos são racionados em função dos custos.

Vários trabalhos já comprovaram o poder contaminante dos resíduos avícolas no solo, quando aplicados em grandes quantidades. Kingery et al. (1993) encontraram acúmulo de nitrato no solo a 3 m de profundidade em locais com uso de altas quantidades de cama de aviário. Schindler (1978) afirma que a aplicação do P em excesso pode determinar seu acúmulo na superfície do solo e conseqüentemente contaminar as águas superficiais (rios e lagos) provocando a eutrofização das águas.

Outro aspecto relevante é a presença de elementos que em excesso podem se tornar tóxicos. Elementos nutrientes, apesar de serem essenciais às plantas, quando em excesso, podem se tornar tóxicos pela aplicação em doses elevadas ou por uma seqüência de aplicações em pequenas doses e até mesmo afetar os componentes da cadeia alimentar (MERRINGTON et al., 1997).

Em função da carência de informação, quanto ao potencial de alteração dos atributos químicos do solo pela aplicação da cama de aviário em diferentes doses acrescida ou não com inibidor de uréase, é de suma importância a realização de estudos investigativos, visto que os resultados poderão contribuir na destinação adequada desse tipo de resíduo.

Nesse contexto, os objetivos do presente trabalho foram: i) avaliar a ação do inibidor de urease NBPT adicionado à cama de aviário nos atributos químicos do solo e na condutividade elétrica do percolado, e ii) avaliar o comportamento dos atributos químicos do solo e da condutividade elétrica do percolado em função das doses de cama de aviário aplicadas ao solo.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.2.1 O solo

O trabalho foi realizado no Campus pertencente à Universidade de Rio Verde (UniRV), Fazenda Fontes do Saber, localizado no município de Rio Verde, Goiás, Brasil, com as coordenadas: Longitude 50° 57' 55'' (oeste) e Latitude 17° 47' 03'' (sul), com altitude média de 787 metros.

O solo, LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura média caulítico-gibbsítico típico (EMBRAPA, 2013), coletado em lavoura de eucalipto na profundidade de 0-20 cm na fazenda Florestal II, de propriedade da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO). As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA).

A fertilidade do solo foi caracterizada antes da instalação do experimento pelo laboratório de solos da COMIGO, seguindo-se as metodologias propostas por Silva (2009).

A determinação da área superficial específica (ASE) e determinação mineralógica do solo foi realizada no Laboratório de Química e Mineralogia do solo - LQMS da Universidade Estadual de Maringá-PR.

O pH foi determinado utilizando-se solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol  $\text{L}^{-1}$  em proporção de 1:2,5 solo: solução em frasco de 100 mL agitado com bastão de vidro e deixado em repouso por uma hora e determinado em Potenciômetro com eletrodo combinado. Adicionando 5 mL da solução SMP no frasco agitando e lendo novamente com o potenciômetro com eletrodo combinado para determinação da acidez potencial (H+Al), conforme Silva (2009).

Os teores de Ca, Mg e Al foram quantificados utilizando 10  $\text{cm}^3$  de TFSA em copos plásticos de 180 mL, adicionando-se 50 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ , agitados por 10 minutos e 16 horas em repouso, retirando-se uma alíquota do sobrenadante determinou os quantitativos em espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (MS: Perkin Elmer Optima 8300 ICP-OES). Para determinar os teores de enxofre utilizou 10  $\text{cm}^3$  de TFSA e 25 mL da solução acetato de amônio 1 mol  $\text{L}^{-1}$  em ácido acético glacial 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  agitando a solução por 30 minutos a 180 rpm, após filtrar em filtro JP 42 azul acrescentando 25 mL da solução acetato de amônio 1 mol  $\text{L}^{-1}$  em ácido acético glacial 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  e posteriormente fazendo a leitura no ICP-OES.

Os teores de P, K, Fe, Mn, Zn e Cu, foram extraídos pela solução de Mehlich-1, utilizando 10  $\text{cm}^3$  de TFSA em e 100 mL do extrator em copo plástico de 180 mL. Após agitação por 20 minutos a 180 rpm e 16 horas em repouso (SILVA, 2009) determinou-se no

sobrenadante, os teores dos elementos num espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

O teor de B foi quantificado utilizando 10 cm<sup>3</sup> de TFSA e 20 mL de solução de cloreto de bário a 0,125%, colocado em saco polipropileno e levado ao microondas por 5 minutos na potência de 700 W, após aguardar atingir temperatura ambiente, que depois de filtrado no sobrenadante, determinou-se o quantitativo em espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

O teor de matéria orgânica foi determinado utilizando 1 cm<sup>3</sup> de TFSA e 10 mL da solução dicromato de sódio 4 mol L<sup>-1</sup> e ácido sulfúrico 20 mol L<sup>-1</sup> agitando por 10 minutos a 180 rpm, após repouso da solução por uma hora, adicionou-se 50 mL de água destilada e deixou a solução em repouso por 16 horas e, posteriormente, retirou-se uma alíquota do sobrenadante fazendo a determinação da transmitância em espectrofotômetro de absorção molecular com comprimento de onda de 650 nm.

A área superficial específica (ASE) foi determinada pelo método BET-N<sub>2</sub> (BRUNAUER et al., 1938) num equipamento Quantachrome, Quantasorb Surface Area Analyser, utilizando uma mistura 30/70 dos gases N<sub>2</sub>/He.

A análise granulométrica, para determinação da percentagem das frações de areia silte e argila, foi realizada pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997). A soma de bases (SB) foi calculada pelo resultado da soma dos elementos Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, e K<sup>+</sup>, enquanto que a CTC foi calculada pelo resultado da soma dos atributos; soma de bases, Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>. Já a saturação por base (V%) foi obtida multiplicando a soma de bases por 100 e dividindo o resultado pela CTC.

Para caracterização da fração mineralógica da argila, fracionou-se o solo, utilizando 50 g de TFSA colocados em frascos de agitação com capacidade de 1 L. Em seguida, adicionou-se NaOH 0,02 mol L<sup>-1</sup> como agente dispersante, mantendo as amostras durante oito horas sob agitação mecânica. Após esse período, para que houvesse completa separação das frações granulométricas, as amostras foram submetidas à dispersão ultrassônica durante cinco minutos em um equipamento Sonopuls, operado na potência de 20 W. Separaram-se a fração areia por tamisamento (retido em peneira com malha de 0,053 mm) e a fração argila por sifonamento após sedimentação da fração silte, conforme lei de Stokes. Após separação, a fração argila foi floculada com MgCl<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>, sendo o excesso de Mg<sup>2+</sup> e Cl<sup>-</sup> removido por lavagens sucessivas com água deionizada. Em seguida, o material foi congelado em N<sub>2</sub> líquido e liofilizado (PERROTT, 1977).

Na determinação dos teores de Fe e Al livres ( $Fe_d$  e  $Al_d$ ) na TFSA e na fração argila dos solos utilizou-se a metodologia baseada na dissolução seletiva dos óxidos e hidróxidos de ferro numa solução de citrato-bicarbonato e ditionito de sódio em banho-maria (70-80°C) por 1 hora (CAMARGO et al., 1986). Os teores de Fe e Al de baixa cristalinidade ( $Fe_o$  e  $Al_o$ ) foram determinados após extração comum à solução ácida de oxalato de amônio (CAMARGO et al., 1986). A quantificação dos teores de Fe e Al associado às formas cristalinas e de baixa cristalinidade foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica (Modelo GBC 932 – AA.) com chama de ar/acetileno para a leitura do ferro e a chama de acetileno/óxido nitroso para a leitura do alumínio.

A composição mineralógica da fração argila desferrificada após tratamento com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (MEHRA e JACKSON, 1960) foi determinada por difratometria de raios-X (DRX) num equipamento (Shimadzu modelo XRD 6000) em lâminas orientadas e saturadas com  $Mg^{2+}$  sem ou com glicolação e  $K^+$ , não aquecidas e após aquecimento a 350 e 550 °C (MOORE e REYNOLDS, 1997), conforme apresentado na (Figura 1.3). A composição mineralógica da fração argila concentrada em óxidos de ferro (Figura 1.4) foi determinada pela DRX nas amostras em pó, após a dissolução seletiva da caulinita, gibbsita e dos aluminossilicatos de baixa cristalinidade com  $NaOH$  5 mol  $L^{-1}$  fervente (KÄMPF e SCHWERTMANN, 1982) e a quantificação dos minerais foi feita com base na intensidade relativa dos reflexos característicos, conforme descrito por Souza Junior et al. (2010).

### **1.2.2 Cama de aviário**

A cama de aviário (CF) utilizada foi proveniente de um sistema de criação de oito lotes de aves de corte de uma granja vinculada à integração da empresa BRF em que o material utilizado na forração do piso do aviário foi à casca de arroz. Após a retirada das aves em cada lote, a cama de aviário foi tratada com óxido de cálcio (0,75 kg  $m^{-2}$ ) e após a retirada das aves, a cama foi umedecida e coberta com lona preta para fermentação por 15 dias.

Para a determinação das características químicas da cama de aviário em teores totais (Tabela 1. 4) utilizaram-se as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997).

O teor de nitrogênio total consistiu numa digestão de 0,02 g de cama de aviário com uma mistura de ácido sulfúrico, sulfato de cobre, sulfato de sódio e selênio, seguido de destilação em destilador Kjeldahl e titulação com  $NaOH$ .

O extrato para quantificar o B foi obtido por digestão seca utilizando 0,2 gramas de cama de aviário em cadinho levado à mufla a 550°C por três horas e adicionado 10 mL de HCl a 0,1 mol L<sup>-1</sup>, na sequência filtrou-se e leu-se o extrato em espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Para a determinação dos teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, cobre, zinco e manganês, o extrato foi obtido após digestão nitroperclórica, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997), determinado em espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A condutividade elétrica da solução do solo foi determinada utilizando o condutivímetro de compensação automática de temperatura da marca Tecnal modelo Tec.4MP. A umidade foi obtida pelo método padrão da estufa por 24 horas a 110°C, utilizando a equação 1.1 conforme a metodologia citada por Abreu et al. (2009).

$$U = ((Mu - Ms)/Ms) \times 100 \quad (1.1)$$

Em que:

U - Umidade a base de massa (%);

Mu - massa úmida (g);

Ms - massa seca (g).

O teor de carbono orgânico foi determinado conforme metodologia descrita em Raij (2001), pela oxidação de 0,015 g de cama de aviário (Walkley – Black). Utilizando dicromato de potássio e ácido sulfúrico, no sobrenadante, foi titulado com solução de sulfato ferroso utilizando a difenilalanina como indicador.

Os teores disponíveis de macro e micronutrientes foram determinados seguindo-se as metodologias proposta por Silva (2009). A composição mineralógica da cama de aviário foi obtida após a mesma ser triturada e determinada por difratometria de raios-X (DRX).

### **1.2.3 Condução dos experimentos**

#### **1.2.3.1 Primeiro ensaio: Avaliação dos atributos químicos do solo em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de uréase**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando vasos de capacidade de 10 dm<sup>3</sup>. Os vasos foram preenchidos com 9 kg de solo coletados em lavoura de eucalipto.

O delineamento experimental utilizado foi em DIC (delineamento inteiramente casualizado) em esquema fatorial com um tratamento adicional (2 x 6) + 1, sendo dois tipos de cama de aviário (com NBPT e sem NBPT) e seis doses de cama de aviário (22,5 g, 45 g,

90 g, 180 g, 360 g e 720 g, em base seca correspondentes a 5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup>) mais o controle (sem cama de aviário) em quatro repetições, totalizando 52 vasos.

Nos vasos, foram transplantadas mudas de eucalipto, sendo uma planta por vaso. A variedade utilizada foi o clone AEC 1528 originado do híbrido Urograndis, com idade de 100 dias.

Em 19 de março de 2015, iniciou-se o experimento com a aplicação da cama de aviário na superfície dos vasos e em seguida o inibidor de uréase, via irrigação na dose de 0,063g por vaso, equivalente a 14 kg ha<sup>-1</sup>, no mesmo dia, ocorreu o transplântio (Figura 1.1). Quando necessário, fez-se o replântio aos vinte dias após o primeiro transplântio, substituindo as plantas que morreram durante o período.



Figura 1.1 Implantação do experimento mostrando a aplicação da cama de aviário na superfície dos vasos de 10 dm<sup>3</sup>. (Foto: o autor).

A irrigação foi via aspersão automatizada e dividida em duas regas às 7 e 17 horas, totalizando 10 mm diários durante os 233 dias do experimento.

Após 233 dias, coletou-se o solo para análise dos atributos químicos em resposta aos tratamentos. A amostragem procedeu da seguinte forma: no dia 07/11/2015, utilizando-se trado holandês, retirou a amostra fazendo um furo por vaso explorando todo o perfil do recipiente. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas ao laboratório da COMIGO onde foram analisadas conforme metodologia de Silva (2009).

### 1.2.3.2 Segundo ensaio: Avaliação da condutividade elétrica da solução do solo e do percolado em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease

Instalou-se um segundo ensaio no dia 31/03/2016, com os mesmos tratamentos do primeiro ensaio, porém conduzido no interior de floresta de eucalipto com 5 anos de idade. Os tratamentos foram montados em garrafas pet de 2 dm<sup>3</sup>, utilizando plataforma de apoio, contendo 1 metro de altura por 5 centímetros de largura e 6 metros de comprimento (Figura 1.2).



Figura 1.2 Conjunto de vasos construído com pet de 2 dm<sup>3</sup> com 1000 g de solo e acoplado a garrafa de 0,5 dm<sup>3</sup> para coleta do percolado. (Foto: o autor).

Os vasos foram montados cortando-se ao meio a garrafa pet e utilizando-se apenas a parte superior com tampa que foi fixado na plataforma de forma invertida e preenchida com 1000 gramas de solo. Na parte inferior do vaso foram acopladas garrafas plásticas de 0,5 dm<sup>3</sup> (Figura 1.2).

O experimento foi conduzido durante quatro semanas. Nesse período foram realizadas irrigações a cada dois dias com volume semelhante ao utilizado na casa de vegetação, 100 mL de água por vaso que corresponde a 5 mm diários. O excedente de água era percolado nas garrafas plásticas de 0,5 litros e coletadas a cada sete dias, o que ocorreu em: 07/04, 14/04, 21/04 e 28/04/2016.



Após cada coleta, os percolados foram filtrados com papel filtro número 42 e transferidos para um pote de acrílico, armazenados em refrigerador a 5°C. Os recipientes vazios foram lavados e recolocados nos vasos para a próxima coleta.

Passados 30 dias, o ensaio foi concluído e o solo armazenado em freezer, para eventuais análises, caso necessário.

Nos percolados e no solo, foi determinada a condutividade elétrica, utilizando condutivímetro de compensação automática de temperatura da marca Tecnal, modelo Tec.4MP.

#### **1.2.4 Características avaliadas dos ensaios**

As características avaliadas no primeiro ensaio foram: foram pH, teores de macronutrientes e micronutrientes, soma de bases, saturação por bases, CTC e teor de matéria orgânica.

As características avaliadas no segundo ensaio foram: condutividade elétrica dos solos e condutividade elétrica dos percolados.

Os dados das características avaliadas no primeiro e segundo ensaios, em função dos tratamentos, foram submetidos à análise de variância, sendo, a regressão por polinômios ortogonais para o fator dose de cama de aviário e para os tipos de cama de aviário utilizou-se o teste de comparação de média Tukey a 5% de probabilidade, com o uso do programa Assistat 7.7 (SILVA, 2015). As correlações de Pearson e funções de pedotransferência (FPT) foram avaliadas utilizando as rotinas Proc Cor e Proc Reg do programa estatístico SAS (SAS, 2001).

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises dos atributos químicos do solo coletado na camada de 0 – 20 cm (Tabela 1.1) mostraram valores diferentes do indicado como referência propostos por Sousa e Lobato (2004). Os valores de pH e V% e os teores de Ca, Mg, P, Fe e Mn foram superiores aos ideais, enquanto os teores de K, S, B e Cu foram inferiores aos teores ideais.

Tabela 1.1 Descrição dos atributos químicos e composição granulométrica do solo amostrado na profundidade 0 – 20 cm Fazenda Florestal II Rio Verde-GO e os valores de referência.

|      | pH  | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>              | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | P                              | S                              |
|------|---|------------------|------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|
|      | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                  |                               |                                  |                |                                | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |
| Solo | 6,5   | 4,09             | 1,28             | 0,06                          | 1,08                             | 0,062          | 28,23                          | 6,8                            |
| Ref. | 4,9-5,5                                       | 2,5-3,5          | 0,8-1,2          | 0,2-0,5                       | n.d.                             | 0,13- 0,20     | 18-25                          | 15-30                          |
|      | B   | Fe               | Mn               | Zn                            | Na                               | Cu             | MO                             |                                |
|      | -----mg dm <sup>-3</sup> -----                |                  |                  |                               |                                  |                |                                | g dm <sup>-3</sup>             |
| Solo | 0,15  | 50,92            | 39,28            | 1,14                          | 3,28                             | 0,04           | 21,88                          |                                |
| Ref. | 0,2-0,5                                       | 15-30            | 2,0-5,0          | 1,1-1,6                       | n.d.                             | 0,4-0,8        | 20-40                          |                                |
|      | SB  | CTC              | V                | Areia                         | Argila                           | Silte          | ASE                            |                                |
|      | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |                  | %                | -----g dm <sup>-3</sup> ----- |                                  |                | m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> |                                |
| Solo | 5,43  | 6,51             | 83,41            | 818,8                         | 126,8                            | 54,4           | 8,025                          |                                |
| Ref. | n.d.  | 4,3-8,6          | 36-60            |                               |                                  |                |                                |                                |

pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>); Ca, Mg e Al extraídos com NH<sub>4</sub>Cl 1 mol L<sup>-1</sup>; H<sup>+</sup> Al determinado pelo método SMP; P, K, Fe, Mn, Zn, Na e Cu extraídos com solução Mehlich1, S extraído com solução de C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>NH<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup> em CH<sub>3</sub>COOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, B extraído com BaCl<sub>2</sub> a 0,125%, MO extraída com Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20 mol L<sup>-1</sup>, SB = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>, CTC = SB + Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>, V% = ((SB x 100) / CTC), Areia, argila, silte (densímetro), ASE (método BET), referência (Ref) segundo Sousa e Lobato (2004).

A análise mineralógica do solo mostrou que os teores de Fe e Al livres (Fe<sub>d</sub> e Al<sub>d</sub>) e os de baixa cristalinidade (Fe<sub>o</sub> e Al<sub>o</sub>) na TFSA foram superiores para ferro enquanto que na fração argila foram superiores para alumínio (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Teores de óxidos de ferro e alumínio do LATOSSOLO VERMELHO distrófico amostrado na Fazenda Florestal II localizada em Rio Verde-GO.

|         | -----TFSA-----  |                 |                 |                 |                 |                 | -----Argila----- |                 |                 |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|         | Fe <sub>o</sub> | Fe <sub>d</sub> | Fe <sub>s</sub> | Al <sub>o</sub> | Al <sub>d</sub> | Al <sub>s</sub> | Fe <sub>d</sub>  | Al <sub>d</sub> | Fe <sub>s</sub> |
|         | -----%-----     |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                 |                 |
| 0-20 cm | 0,11            | 2,42            | 4,51            | 0,09            | 0,60            | n.d.            | 6,35             | 7,44            | n.d.            |

Fe<sub>o</sub> e Al<sub>o</sub> – teores de ferro e alumínio extraíveis por oxalato ácido de amônio; Fe<sub>d</sub> e Al<sub>d</sub> – teores de ferro e alumínio extraíveis por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio; Fe<sub>s</sub> e Al<sub>s</sub> – teores de ferro e alumínio extraíveis por ataque sulfúrico; n.d. – não determinado.

A difração de raios-X na fração argila orientada identificou a presença de hematita, caulinita e gibbsita (Figura 1.3) e na fração argila após concentração dos óxidos de ferro goethita, hematita e anatásio (Figura 1.4).

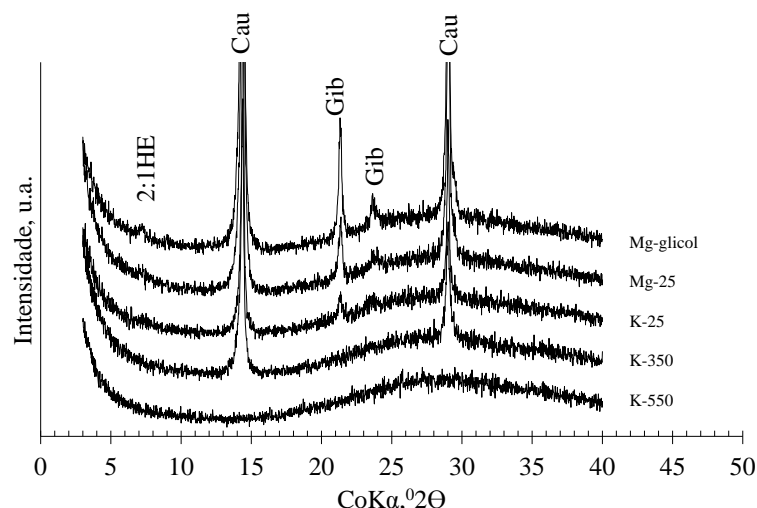


Figura 1.3 Difratomogramas de raios-X da fração argila orientada da camada 0-20 do LATOSSOLO VERMELHO distrófico mostrando a variação na mineralogia. Cau-caulinita, Gib-Gibbsita, Mg-glicol-Mg-glicolada; Mg-25-amostra saturada com Mg; K-25-saturada com K a 25 °C; K-350-amostra saturada com K e aquecida a 350°C; K-550- amostra saturada com K e aquecida a 550°C.

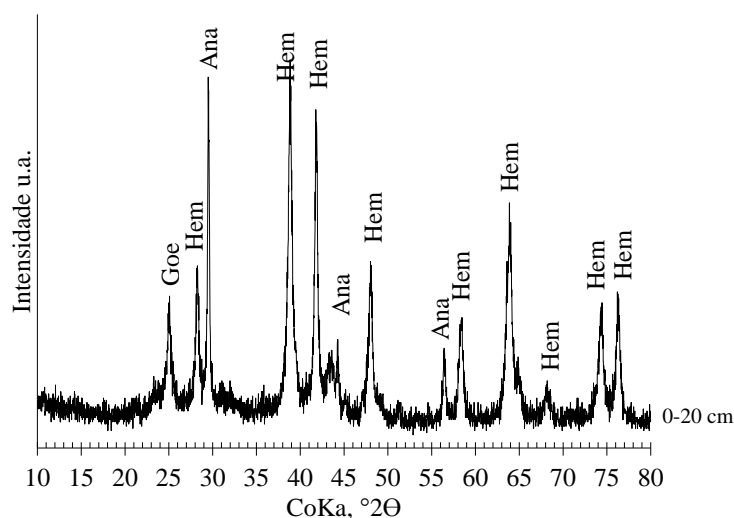


Figura 1.4 Difratomogramas de raios-X da fração argila após concentração dos óxidos de ferro da camada 0-20 do LATOSSOLO VERMELHO distrófico mostrando a variação na mineralogia. Goe-goethita; Hem-hematita; Ana-anatásio.

O balanço dos minerais da fração argila mostrou a seguinte proporção decrescente dos minerais: caulinita > argilominerais 2:1 > gibbsita > hematita > goethita (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 Balanço dos minerais da fração argila do LATOSSOLO VERMELHO distrófico amostrado na Fazenda Florestal II localizada em Rio Verde-GO.

| Mineral    | Hem  | Goe  | Mgh | Gib   | Cau   | 2:1   | Total |
|------------|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|
|            |      |      |     |       |       |       |       |
|            |      |      |     |       |       |       |       |
|            |      |      |     |       |       |       |       |
|            |      |      |     |       |       |       |       |
| LVd 0 a 20 | 7,20 | 1,90 | 0,0 | 18,20 | 52,30 | 20,40 | 100   |

Hem-hematita, Goe-goethita e Mgh-maghemita quantificadas com base na área proporcional de reflexos pré-determinados por difração de raios. DCB–Ditionito-Citrato-Bicarbonato de sódio; Cau-Caulinita e Gib-Gibbsita determinadas com base na perda de massa na análise termo gravimétrica, 2:1-Argilo minerais do tipo calculados considerando complementares aos teores de caulinita e gibbsita, Total = soma dos teores dos minerais.

Os atributos químicos da cama de aviário (Tabela 1. 4) mostraram valores divergentes dos consultados na literatura (WIJEWARDENA e GUNARANTE, 2004; GRACIANO, 2005; ANDREOTTI et al., 2005; FUKAYMA, 2008; CUNHA e BORGES, 2008) em que os teores de N, P, Ca, S, B e o valor da condutividade elétrica foram superiores e os teores de K, Mg, Cu, Fe, Mn e C foram inferiores.

Considerando os dados mencionados, foi observado dos teores nutricionais da cama de aviário que existe um desacordo na literatura quanto à composição da cama de aviário, a qual acontece principalmente em função do número de lotes alojados, tempo de permanência dos animais sobre a cama, manejo e material absorvente utilizado no início (RICHART et al., 2014).

Tabela 1. 4 Teores totais (Tt), teores disponíveis (Td), teores médios (Tm), condutividade elétrica (CE) e umidade da cama de aviário (Um).

|    | N                  | P    | K    | Ca   | Mg   | S   | B                   | Cu    | Fe    | Mn   | Zn  | C                  | CE                 | Um   |
|----|--------------------|------|------|------|------|-----|---------------------|-------|-------|------|-----|--------------------|--------------------|------|
|    | g kg <sup>-1</sup> |      |      |      |      |     | mg kg <sup>-1</sup> |       |       |      |     | g dm <sup>-3</sup> | dS m <sup>-1</sup> | %    |
| Tt | 26,4               | 9,18 | 48   | 15,3 | 18,6 | 3,8 | 13,3                | 890,9 | 3814  | 559  | 745 | 162,5              | 0,21               | 12,2 |
| Td | n.d.               | 0,09 | 7,2  | 12,2 | 5,60 | 0,0 | 1,0                 | 62,86 | 80,80 | 40,0 | 29  |                    |                    |      |
| Tm | 35,0               | 18,0 | 33,9 | 22,1 | 10,3 | 2,7 | 23,7                | 411,0 | 2475  | 491  | 840 | 258,3              | 0,24               | 12,2 |

N- nitrogênio (digestão em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e Se em Kjeldahl), B – boro (digestão seca a 550 °C), P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, Fe - ferro, Cu – cobre, Mn – manganês, Zn - zinco (digestão nitroperclórica), CE – condutividade elétrica (condutivímetro), C – carbono (mufla a 500<sup>o</sup>C), Um - Umidade (estufa a 110<sup>o</sup>C por 24 horas) e n.d. – não determinado. (WIJEWARDENA e GUNARANTE, 2004; GRACIANO, 2005; ANDREOTTI et al., 2005; FUKAYMA, 2008; CUNHA e BORGES, 2008).

A difração de raios X na cama de aviário identificou a presença de carbonato de cálcio, quartzo, óxido de cálcio e estruvita (Figura 1.5). A estruvita é um hexahidrato de magnésio amônio e fosfato e que contém aproximadamente 12% de P (27,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 5,7% de NH<sub>4</sub>-N e 9,5% de Mg (FORREST et al., 2008). Este mineral já foi detectado em água residuárias, chorume de aterros sanitários, fezes de bovinos e até mesmo na urina humana (BATTISTONI et al., 1997; SCHUILING e ANRADE, 1999; ADNAN et al., 2003; FORREST et al., 2008).

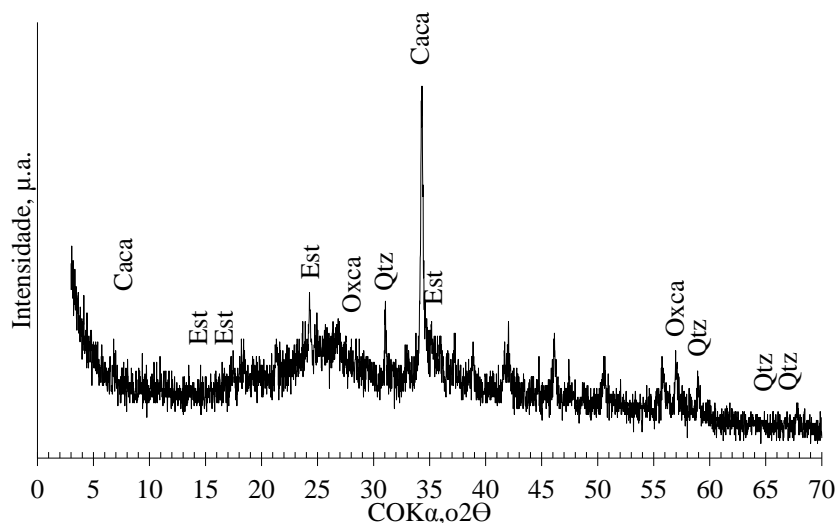


Figura 1.5 Difratoformas de raios -X da cama de aviário mostrando a variação na mineralogia; Caca - Carbonato de Cálcio, Qtz - Quartzo, Oxca - Óxido de Cálcio e Est - Estruvita.

### 1.3.1 Avaliação dos atributos químicos do solo em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease

O resumo da análise de variância para as características avaliadas no solo nos dois ensaios encontra-se na Tabela 1.5.

O inibidor de urease não teve efeito sobre os tratamentos nas condições estudadas, enquanto o fator dose proporcionou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para todas as características, exceto a acidez potencial que não respondeu à adubação com cama de aviário.

Os valores de pH foram influenciados diretamente pelas doses de cama de aviário aplicados ao solo. Observou-se resposta quadrática com o maior valor estimado de 7,45 na dose de  $136 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1.8a). Mostrando uma elevação do pH superior a 13% entre o controle e a maior dose testada. Vários autores: Andreola et al. (2000); Blum et al. (2003); Santos et al. (2004); Andrade et al. (2015) observaram elevação do pH do solo com a aplicação de cama de aviário, que é justificado pela presença de carbonato de cálcio e óxido de cálcio na composição da cama (Tabela 1. 4) oriundos dos tratamentos de desinfecção com hidróxido de cálcio entre um lote e outro.

As doses superiores a  $20 \text{ t ha}^{-1}$  proporcionaram valores de pH acima dos valores de referência para a agricultura que é de 5,5 a 6,3 (Tabela 1.1). Valores superiores a 6,5 podem provocar menor disponibilidade de micronutrientes, como Fe, Mn, Cu e Zn (SOUZA et al., 2007).

Tabela 1.5 Resumo das análises de variância para: potencial hidrogeniônico (pH), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), sódio (Na), cobre (Cu), matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), condutividade elétrica do solo (CE), condutividade elétrica do percolado aos 7 dias (CE7), condutividade elétrica do percolado aos 14 dias (CE14), condutividade elétrica do percolado aos 21 dias (CE21) e condutividade elétrica do percolado aos 28 dias (CE28).

| FV              | GL | Quadrados médios |            |            |            |           |          |       |          |
|-----------------|----|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-------|----------|
|                 |    | pH               | Ca         | Mg         | H+Al       | K         | P        | S     | B        |
| Cama de aviário | 1  | -                | -          | -          | -          | -         | -        | -     | -        |
| Doses           | 5  | 1,00**           | 16**       | 14**       | -          | 681**     | 316825** | 633** | 0,0057*  |
| C F X Doses     | 5  | -                | -          | -          | -          | -         | -        | -     | -        |
| Fator vs Teste  | 1  | 0,59*            | -          | 1,98*      | -          | -         | -        | 161** | -        |
| Erro            | 39 | 0,09244          | 2,56       | 0,43       | 0,11       | 122,69    | 26559,14 | 19,61 | 0,0015   |
| CV (%)          |    | 4,39             | 31,12      | 33,63      | 35,98      | 38,02     | 93,02    | 34,29 | 27,29    |
|                 |    | Fe               | Mn         | Zn         | Na         | Cu        | MO       | CTC   | V%       |
| Cama de aviário | 1  | -                | -          | -          | -          | -         | -        | -     | -        |
| Doses           | 5  | 2342,22**        | 1958**     | 5908**     | 507**      | 391**     | 236**    | 55**  | 215,83** |
| C F X Doses     | 5  | -                | -          | -          | -          | -         | -        | -     | -        |
| Fator vs Teste  | 1  | -                | -          | 2247**     | -          | 225**     | -        | -     | -        |
| Erro            | 39 | 247,41           | 201,70     | 211,13     | 30,19      | 7,55      | 35,41    | 3,64  | 28,62    |
| CV (%)          |    | 26,69            | 30,11      | 60,76      | 64,02      | 37,91     | 27,07    | 23,57 | 6,16     |
|                 |    | CE               | CE7        | CE14       | CE21       | CE28      |          |       |          |
| Cama de aviário | 1  | -                | -          | -          | -          | -         |          |       |          |
| Doses           | 5  | 399039**         | 66042958** | 55726024** | 17999069** | 5817990** |          |       |          |
| C F X Doses     | 5  | -                | -          | -          | -          | -         |          |       |          |
| Fator vs Teste  | 1  | 219035,01**      | 25493379** | 23222575** | 8343661**  | 2868807** |          |       |          |
| Erro            | 39 | 2869             | 270667     | 197865     | 86107      | 124873    |          |       |          |
| CV (%)          |    | 19,63            | 18,79      | 17,87      | 18,83      | 34,66     |          |       |          |

\*\*, \* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, (-) não significativo pelo teste F.

Esses valores de pH apresentaram correlação positiva com os teores de Ca, Mg, S, Zn, Cu, os valores de CTC, soma de base e CE em valores superiores a 60% (Tabela 1.6) e de forma negativa com acidez potencial e o teor de ferro disponível no solo (Tabela 1.6). Os valores de pH observados no presente trabalho são corroborados com os valores obtidos por Netto et al. (2007); Bebé et al. (2009); Oliveira et al. (2002); Serrano et al. (2010); Silva et al. (2006); Malavolta (1979) para teores de Ca e Mg, valores de CTC, valores de SB e CE, acidez potencial e Fe, respectivamente. Divergente do proposto por Malavolta (1979). Os teores de Zn, Cu e S se correlacionaram positivamente com os valores de pH, fato justificado pela influência do pH nos processos de solubilidade, reações de precipitação e complexação tornando estes elementos disponíveis na solução do solo (Tabela 1.6).

Tabela 1.6 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores de atributos químicos do solo, pH, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC) e condutividade elétrica do solo (CE).

| Atributos químicos | pH      | MO      | CTC     | CE      |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| pH                 | 1,00    | 0,36**  | 0,62**  | 0,71**  |
| Ca                 | 0,63**  | 0,58**  | 0,92**  | 0,67**  |
| Mg                 | 0,60**  | 0,73**  | 0,86**  | 0,80**  |
| AcPT               | -0,67** | -       | -       | -0,33*  |
| K                  | -       | 0,60**  | 0,41**  | 0,51**  |
| P                  | 0,59**  | 0,61**  | 0,86**  | 0,78**  |
| S                  | 0,68**  | 0,66**  | 0,89**  | 0,89**  |
| MO                 | 0,36**  | 1,00    | 0,71**  | 0,54**  |
| B                  | -       | -       | -       | 0,30*   |
| Fe                 | -0,40** | -0,72** | -0,71** | -0,48** |
| Mn                 | 0,45**  | 0,88**  | 0,62**  | 0,67**  |
| Zn                 | 0,61**  | 0,72**  | 0,73**  | 0,86**  |
| Cu                 | 0,67**  | 0,42**  | 0,63**  | 0,90**  |
| CTC                | 0,62**  | 0,71**  | 1,0     | 0,78**  |
| SB                 | 0,84**  | 0,49**  | 0,63**  | 0,63**  |
| CE                 | 0,71**  | 0,54**  | 0,78**  | 1,00    |

pH – potencial hidrogeniônico; Ca – cálcio; Mg – magnésio; AcPT – acidez potencial; K – potássio, P – fósforo; S – enxofre; MO – matéria orgânica; B – boro; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Cu – cobre; CTC – capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases; CE – condutividade elétrica do solo; – não significativo; \* - significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* - significativo em nível de 1% de probabilidade.

As análises de correlação múltipla utilizando a rotina *Stepwise* do programa SAS (SAS, 2001) mostraram que na seleção de atributos significativos ( $p < 0,05$ ) para os modelos das funções de pedotransferência-FPT apenas o Cu contribuiu de forma positiva (+) (Tabela 1.7) com efeito linear para pH ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,01$ ).

Tabela 1.7 Funções de pedotransferência (FTP) para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) utilizando atributos químicos dos solos.

| Variável | FTP  | R <sup>2</sup> |
|----------|--|----------------|
| pH       | $6,57339 + 0,04802(\text{Cu})$   | 0,85**         |
| MO       | $10,021 + 0,554(\text{S}) - 0,070(\text{Fe}) + 0,1443(\text{Mn}) + 1,124(\text{CTC}) - 0,004(\text{CE21})$ | 0,99**         |
| CTC      | $8,016 - 0,027(\text{Fe}) + 0,076(\text{Zn})$  | 0,98**         |

Cu – cobre; S – enxofre; Fe – ferro; Mn – mangânes; CTC – capacidade de troca catiônica; CE21 – condutividade elétrica do percolado aos 21 dias; Zn – zinco; R<sup>2</sup> coeficiente de determinação; \*\* significativo a 1% de probabilidade.

Os teores de Ca (Figura 1.8b) se ajustaram no modelo quadrático de regressão com o maior valor estimado em dose superior a testada no atual ensaio. Alguns autores Andreola et al. (2000); Blum et al. (2003); Santos et al. (2004) também observaram elevação dos teores de Ca em solos adubados com resíduo avícola. Comparando os teores de Ca do solo na dose 160 t ha<sup>-1</sup> com a testemunha constatou-se uma elevação da ordem de 81%. Doses superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário elevaram os teores de Ca acima dos valores referência (Tabela 1.1).

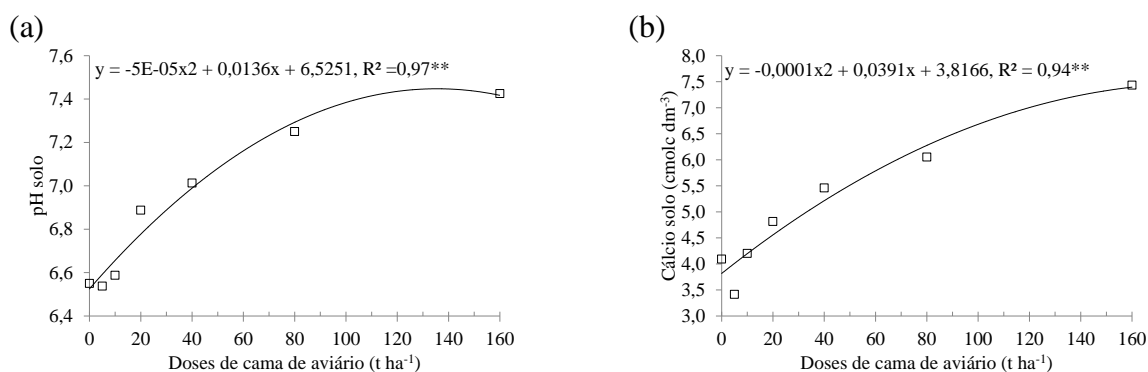


Figura 1.6 Equações de regressão para: pH do solo (a); cálcio do solo (b), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

O acúmulo de Ca é justificado pelo seu teor na cama, 15,4 g kg<sup>-1</sup> superando 2 t ha<sup>-1</sup> de Ca aplicado ao solo na dose de 160 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1.8).

Os teores de Mg (Figura 1.7a), K (Figura 1.7b), P (Figura 1.7c) e S (Figura 1.7d) se ajustaram no modelo linear positivo aumentando seus teores no solo à medida que aumentou a dose do resíduo aplicado. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2004) para Mg; Andreola et al. (2000); Blum et al. (2003); Santos et al. (2004); Carvalho et al. (2011); Silva et al. (2012) para K e P e Carvalho et al. (2011) para S. A cama de aviário aplicada ao solo elevou os teores de Mg, K, P e S em 257, 77, 1.795 e 341%, respectivamente. Doses superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário elevaram os teores de Mg e P a níveis acima dos de referência fato não observado para K e S em que seus teores ficaram dentro dos de referência (Tabela 1.1).



Com a utilização da cama de aviário adicionou em ordem decrescente teores de  $K > Mg > P > S$  em  $kg\ ha^{-1}$  (Tabela 1.8).

O K foi o elemento que apresentou menor disponibilidade no solo mesmo possuindo o maior percentual no resíduo avícola. O oposto ocorreu com o P que mesmo compondo um percentual menor na cama de aviário elevou sua disponibilidade 23 vezes a mais que o K. Fato este explicado pela facilidade em que o K tem de lixiviar principalmente em solos arenosos (ROWELL, 1994; NEVES et al., 2009).

Tabela 1.8 Quantidade total de nutrientes aplicados ao solo via cama de aviário nas doses 5, 10, 20, 40, 80 e 160  $t\ ha^{-1}$ .

| Doses        | N                         | P       | K       | Ca      | Mg      | S     | Fe    | B    | Cu    | Mn   | Zn    | Na    |
|--------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| $t\ ha^{-1}$ | ----- $kg\ ha^{-1}$ ----- |         |         |         |         |       |       |      |       |      |       |       |
| <b>5</b>     | 132,0                     | 45,9    | 242,4   | 77,0    | 92,8    | 19,0  | 19,1  | 0,07 | 4,5   | 2,8  | 3,7   | 7,0   |
| <b>10</b>    | 264,0                     | 91,8    | 484,8   | 153,9   | 185,6   | 38,0  | 38,1  | 0,13 | 8,9   | 5,6  | 7,5   | 14,1  |
| <b>20</b>    | 528,0                     | 183,6   | 969,6   | 307,8   | 371,2   | 76,0  | 76,3  | 0,27 | 17,8  | 11,2 | 14,9  | 28,1  |
| <b>40</b>    | 1.056,0                   | 367,2   | 1.939,2 | 615,6   | 742,4   | 152,0 | 152,6 | 0,53 | 35,6  | 22,4 | 29,8  | 56,2  |
| <b>80</b>    | 2.112,0                   | 734,4   | 3.878,4 | 1.231,2 | 1.484,8 | 304,0 | 305,1 | 1,06 | 71,3  | 44,7 | 59,6  | 112,5 |
| <b>160</b>   | 4.224,0                   | 1.468,8 | 7.756,8 | 2.462,4 | 2.969,6 | 608,0 | 610,3 | 2,13 | 142,5 | 89,4 | 119,2 | 225,0 |

Valores calculados a partir da composição química da cama de aviário (Tabela 1. 4) em teores totais exceto o sódio que foi calculado em teores disponíveis.

Esses resultados mostram que a utilização da cama de aviário em doses superiores a  $20\ t\ ha^{-1}$ , pode promover a contaminação do ambiente, sendo pela lixiviação do K ou pela elevação de P e Mg do solo.

O teor de matéria orgânica aumentou com a elevação das doses de cama de aviário de forma linear positiva (Figura 1.8a). Resultados semelhantes foram encontrados por Graciano et al. (2006); Lima et al. (2007); Silva et al. (2012); Andrade et al. (2015) utilizando cama de aviário como adubo orgânico. Foi observado um aumento de 47% de matéria orgânica na dose de  $160\ t\ ha^{-1}$  em relação ao controle com teores dentro da faixa de referência (Tabela 1.1).

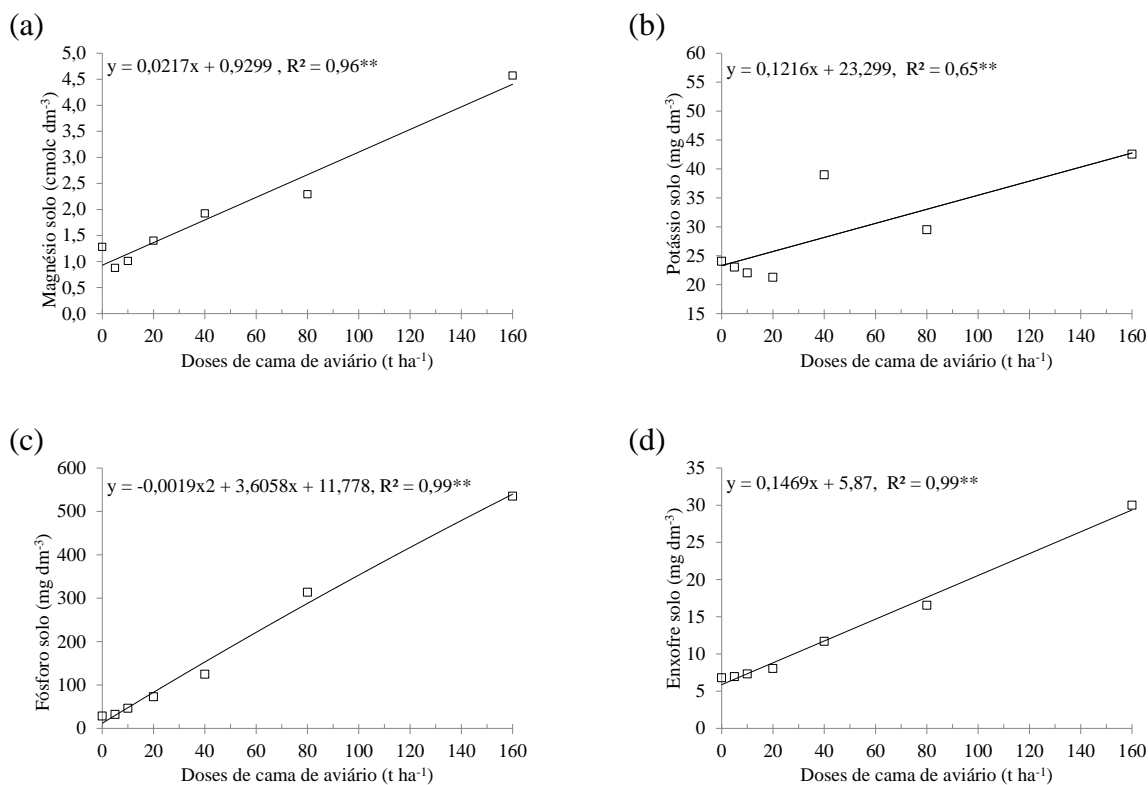


Figura 1.7 Equações de regressão para: magnésio do solo (a); potássio do solo (b); fósforo do solo (c) e enxofre do solo (d), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Esses resultados mostram-se favoráveis para a melhoria da qualidade do solo visto que em solos com textura média, como o utilizado no presente trabalho, a elevação de matéria orgânica proporciona aumento na retenção de água além de elevar a disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular (KIEHL, 1997).

Os teores de matéria orgânica se correlacionaram com 14 dos 16 atributos avaliados no solo e dos 14 atributos, 7 foram com coeficiente de correlação  $r > 0,6$  ( $p < 0,01$ ), sendo Mg, K, P, S, Mn, Na e os valores de CTC de forma positiva (+) e Fe de forma negativa (-) (Tabela 1.6). Os resultados obtidos foram semelhantes aos publicados por Garay et al. (2003) para Mg, K, P e CTC e por Teixeira et al. (2003) para Mn e Fe.

O elevado índice de correlação da matéria orgânica com os demais atributos do solo confirma a importância desta na qualidade do solo, confirmando a qualidade da cama de aviário como condicionador do solo.

Quando submetido ao procedimento *Stepwise*, houve na seleção de atributos significativos para modelos de FPT<sub>s</sub> aqueles que contribuíram de forma positiva (+): foram os teores de S, Mn e valor de CTC e de forma negativa (-): o teor de Fe e valor da condutividade

elétrica do percolado aos 21 dias (Tabela 1.7), com efeito linear para matéria orgânica ( $R^2 = 0,99$ ,  $p < 0,01$ ).

O B teve um comportamento distinto em relação aos demais nutrientes, pois o mesmo se ajustou em modelo quadrático com mínima eficiência calculada em  $58 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1.8b).

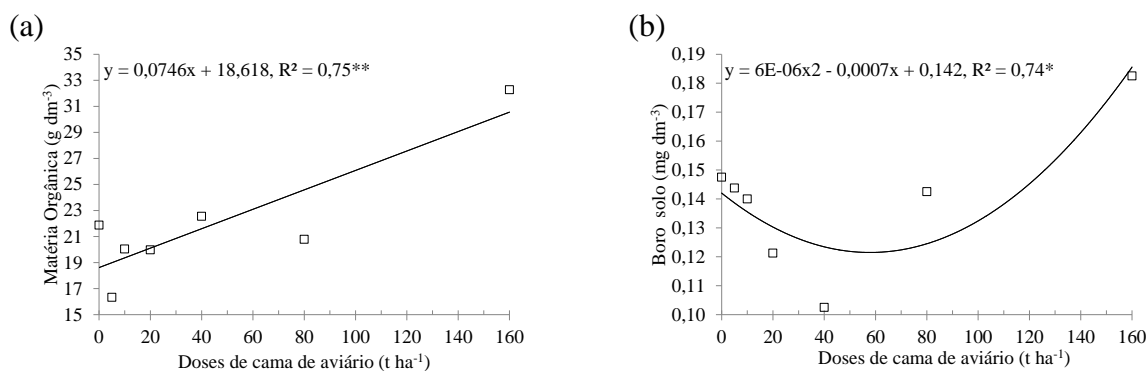


Figura 1.8 Equações de regressão para: matéria orgânica do solo (a) e boro do solo (b), em função das doses de cama de aviário. \*\*, \* significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ ).

O teor disponível de B no solo em que foi aplicada a dose de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  de cama de aviário mostrou valores inferiores aos de referência indicados por Sousa e Lobato (2004). É importante ressaltar que a deficiência de B pode comprometer os tecidos meristemáticos da planta inibindo seu crescimento e afetando o desenvolvimento normal das plantas (MARSCHNER, 1995).

O sintoma da deficiência de B na cultura de eucalipto é a morte do ponteiro, primeiramente documentado por Vail et al. (1957); Savory (1962). A explicação para o comportamento do teor de B disponível no solo com a elevação das doses de cama de aviário aplicadas ao solo, está relacionada principalmente com o pH do solo, pois solos com pH próximos da neutralidade promovem maior adsorção do B nas superfícies dos colóides e menor disponibilidade na solução do solo, o oposto ocorre quando o pH do solo altera para valores inferiores ou superiores reduzindo a adsorção e aumentando a disponibilidade (YAMADA, 2000; AZEVEDO et al., 2001; SILVEIRA et al., 2007; SOARES et al., 2008).

Os teores de Fe se ajustaram no modelo linear negativo (Figura 1.11a). Ampliando as doses de cama de aviário ocorreu uma redução em sua disponibilidade decrescendo a 48% na dose de  $160 \text{ t ha}^{-1}$  em relação ao controle, mesmo aplicando  $0,61 \text{ t ha}^{-1}$  do resíduo. O solo do tratamento controle apresentou teor de Fe disponível acima dos valores de referência indicados por Sousa e Lobato (2004).

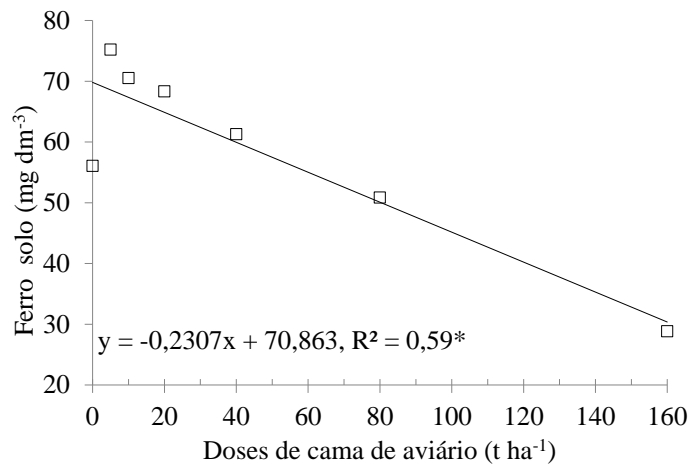


Figura 1.9 Equação de regressão para: ferro do solo, em função das doses de cama de aviário. \*, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,05$ ).

O solo com aplicação de 160 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário apresentou teores de Fe próximos aos valores de referência. Dados da literatura indicam que esta redução no teor de Fe disponível está vinculada a elevação do pH. Malavolta (1979) afirma que à medida que se elevam os valores de pH do solo observa-se redução da disponibilidade do Fe e esta redução é devido a complexação do Fe disponível pela matéria orgânica (TEIXEIRA et al., 2003; ZANÃO JÚNIOR et al., 2007; CUNHA et al., 2011) e pela oxidação do ferro (Fe<sup>2+</sup>) formando óxidos de ferro (KHALID et al., 1977; PONNAMPERUMA, 1978; SAH et al., 1989 citados por GONÇALVES et al., 2011).

Os teores de Mn (Figura 1.10a), Zn (Figura 1.10b), Na (Figura 1.10c) e Cu (Figura 1.10d) se ajustaram no modelo de regressão linear positiva, com elevação das suas disponibilidades à medida que aumentou a quantidade de cama de aviário aplicada ao solo. Comparando o teor disponível no tratamento controle com o solo que recebeu 160 t ha<sup>-1</sup> de resíduo avícola observa-se aumento nas disponibilidades em 98, 6.537, 639, 45.726% para Mn, Zn, Na e Cu respectivamente (Figura 1.10).

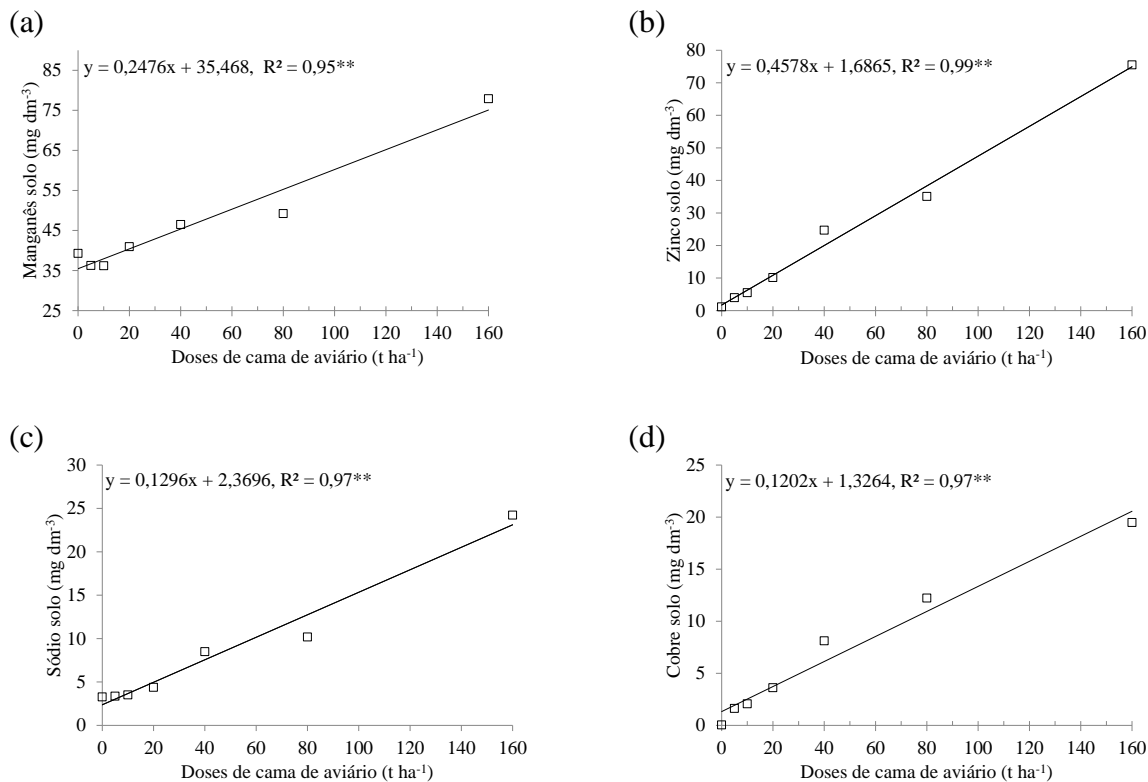


Figura 1.10 Equações de regressão para: manganês (a); zinco (b); sódio (c) e cobre (d) em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2004); Nachtigall et al. (2009) e divergentes dos propostos por Malavolta (1979) em que afirma que a elevação do pH reduz a disponibilidade de Mn, Zn e Cu. A justificativa para os resultados encontrados é que o resíduo avícola utilizado possuía 559, 745 e 890 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, Zn e Cu respectivamente (Tabela 1. 4), portanto a elevação do pH reduz a disponibilidade desses, e a aplicação de doses elevadas suprimiu o efeito do pH e aumentou a disponibilidade de Mn, Zn e Cu.

Os teores de Mn, Zn, Na e Cu nos solos que recebeu a cama de aviário se mostraram superiores aos valores de referência indicados por Sousa e Lobato (2004) e dentro dos limites aceitos pelos estados do Paraná e Espírito Santo (ABREU et al., 2007). Teores elevados desses elementos podem promover a fitotoxicidade por competição, principalmente em locais onde os sintomas são de deficiência de ferro (SOARES et al., 2000).

A contaminação do solo pode vir a ocorrer com a utilização de resíduos com a cama de aviário, o que normalmente não é feita em doses excessivas como as testadas ( $> 40$  t ha<sup>-1</sup>), e sim em doses menores, porém aplicadas sucessivamente, podendo ao longo do tempo, elevar os teores a níveis tóxicos.

Os teores de Cu no solo se ajustaram ao modelo de regressão linear positivo aumentando à medida que se elevou a dose aplicada de cama de aviário, chegando ao extremo de 45.726%, com a maior dose de 160 t ha<sup>-1</sup> comparado ao tratamento controle. (Figura 1.10d). Teores estes que possuem a capacidade de contaminar o solo.

Os valores dos atributos: capacidade de troca catiônica (Figura 1.11a), saturação de bases (Figura 1.11b) e condutividade elétrica do solo (Figura 1.11c) se ajustaram ao modelo de regressão linear positiva, aumentando seus valores com o aumento da dose de cama de aviário aplicada no solo. Quando comparado o tratamento controle com a dose de 160 t ha<sup>-1</sup> foi observado aumento de 97, 14 e 1.309 % para CTC, SB e CE, respectivamente.

A CTC é definida por Ronquim (2010) como a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ). Os valores considerados como adequados por Sousa e Lobato (2004) ficam entre 4 e 8,5 cmolc dm<sup>-3</sup> mostrando que doses de cama de aviário de 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> elevam os valores de CTC acima da referência (Tabela 1.1). A elevação dos valores de CTC está de acordo como previsto por Silva e Mendonça (2007) em função da elevação do pH e do teor de matéria orgânica do solo, proporcionado pela cama de aviário.

Os coeficientes de correlação de Pearson para a variável CTC mostraram que ela se correlacionou de forma positiva (+) e significativa ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ) com os seguintes atributos químicos: pH, Ca, Mg, P, S, MO, Mn, Zn, Na, Cu, SB e CE e de forma negativa (-) com o teor de Fe com valores de  $r > 0,6$  (Tabela 1.6). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Garay et al. (2003); Oliveira et al. (2002) para as correlações ( $r > 0$ ) e por Gonçalves et al. (2011); Cunha et al. (2011) para as correlações ( $r < 0$ ).

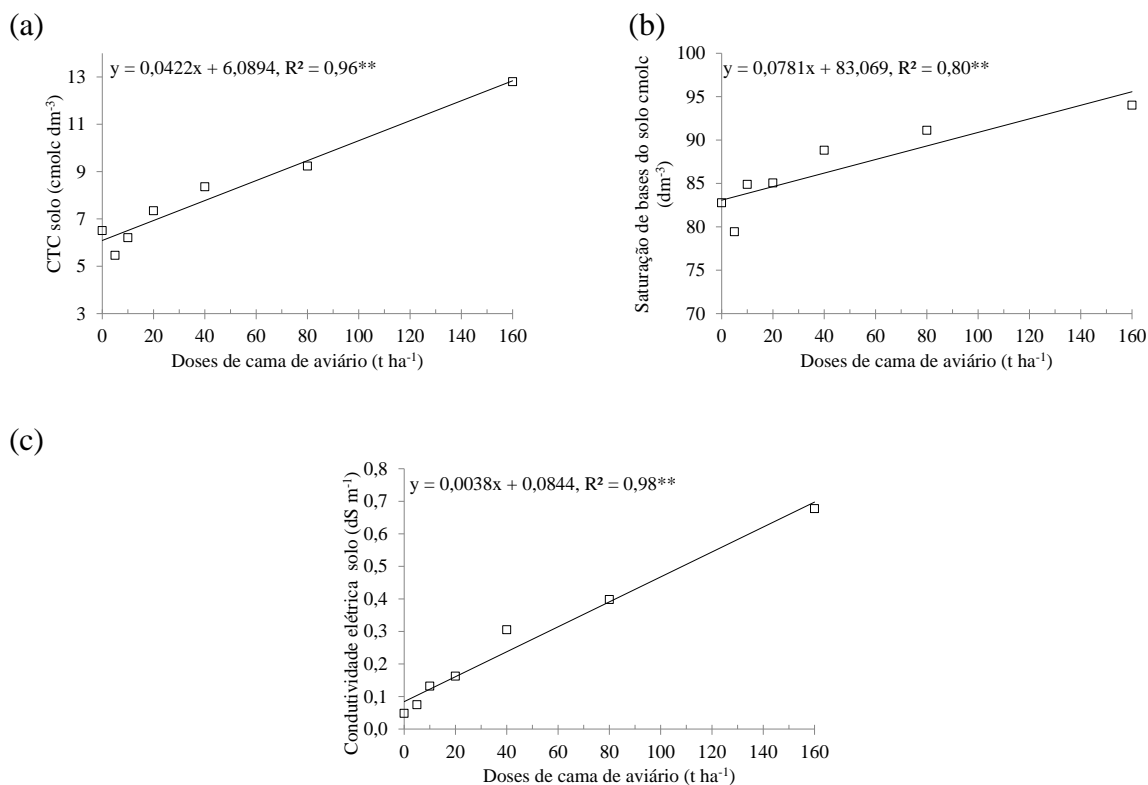


Figura 1.11 Equações de regressão para: CTC do solo (a); saturação de bases do solo (b) e condutividade elétrica do solo (c), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Evidenciando a participação ativa do pH e da matéria orgânica na CTC dos solos, visto que à medida que aumentaram as doses de cama de aviário aplicadas ao solo, observou-se elevação dos valores de pH, CTC e teor de matéria orgânica. O oposto ocorreu com o teor de Fe, reduzindo o teor disponível com a elevação das doses de resíduos aplicadas ao solo e por isso se correlacionou ( $r < 0$ ,  $p < 0,05$ ) com os valores de pH, CTC e teor de matéria orgânica (Tabela 1.6).

Quando submetido ao procedimento *Stepwise* houve na seleção de atributos significativos para modelos de FPT em que contribui de forma positiva (+) os teores de Zn e de forma negativa os teores de Fe (Tabela 1.7), com efeito linear para CTC ( $R^2 = 0,98$ ;  $p < 0,01$ ). A explicação para esses fatos deve estar relacionada com a alta correlação entre Zn e Ca e a possível ocupação de sítios da CTC pelo Zn e quanto ao Fe ele possui afinidade em ocupar a CTC da matéria orgânica.

A saturação por bases (V%) é considerada um indicador da qualidade dos solos, que de acordo com Ronquim (2010) os solos são considerados férteis quanto possui valor de V% superior a 50%. Sousa e Lobato (2004) adotam como referência valores entre 36 a 60%. Os

valores de V% determinados neste trabalho são maiores que os adotados por Sousa e Lobato (2004) como ideais.

A literatura apresenta informações que V% acima de 70% pode inibir o desenvolvimento das plantas. Bernadino et al. (2005); Possamai et al. (2014) observaram incrementos na qualidade de suas plantas com a elevação de saturação por base (V%) até 70% com inibição a partir desse valor. O que ocorre na maioria das vezes, é que para elevar o V%, normalmente utilizam-se condicionadores de solo com elevada composição de Ca e Mg e em doses elevadas, o que pode inibir a absorção de K pelas plantas (ANDREOTTI et al., 2000).

A condutividade elétrica do solo, apesar de ter aumentado de mais de 1.300% na dose 160 t ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle (Figura 1.11c), não atingiu valores considerados limitantes aos citados por Dias e Blanco (2010) que é de 4 dS m<sup>-1</sup>, nos quais analisaram mais de 60 culturas distintas. Ghini et al. (2002) também observaram aumento da CE do solo com aplicação de cama de aviário. Fato explicado pela composição do resíduo da avicultura (Tabela 1. 4) que possui quantidades consideráveis de sais, que quando aplicados ao solo elevam a condutividade elétrica.

Os coeficientes de correlação de Pearson para a variável CE do solo mostraram que ela se correlacionou de forma positiva (+) e significativa ( $r > 0$  e  $p < 0,05$ ) com 14 dos 16 atributos químicos do solo e de forma negativa (-) e significativa ( $r < 0$  e  $p < 0,05$ ) com o teor de Fe e valores de acidez potencial (Tabela 1.6).

### **1.3.2 Avaliação da condutividade elétrica do solo e do percolado em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease**

A condutividade elétrica do percolado foi influenciada pelas doses de cama de aviário aplicadas ao solo e pelo tempo de amostragem, elevando seu valor à medida que aumentam as doses, e reduzindo, quando se amplia o tempo de amostragem (Figura 1.12). A dose de 160 t ha<sup>-1</sup> elevou a CE do percolado em mais de 2.000 % quando comparado ao tratamento controle, chegando ao valor superior a 7,04 dS m<sup>-1</sup> aos 7 dias, valores que conforme Freire e Freire, (2007); Silva et al. (2008) extrapolam a capacidade de sobrevivência da maioria das culturas agrícolas que possui valor crítico da CE de 4,0 dS m<sup>-1</sup>.



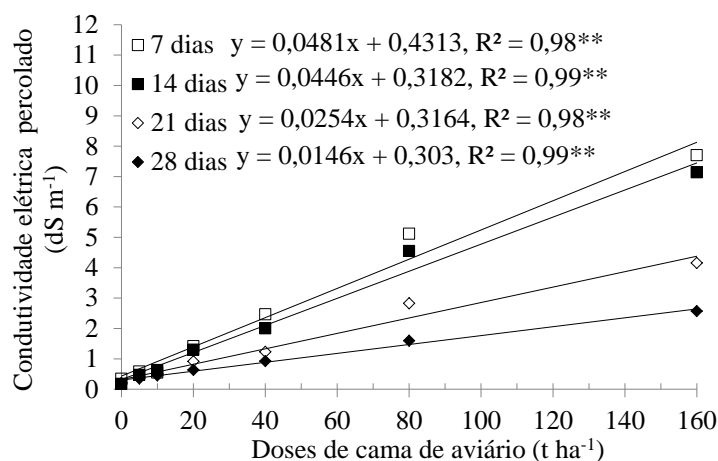


Figura 1.12 Equações de regressão para a condutividade elétrica do percolado aos: 7, 14, 21 e 28 dias em função das doses de cama de aviário. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Os valores da CE do percolado reduziram após 28 dias, chegando a uma diminuição de aproximadamente 50% comparando-se aos valores de CE da coleta aos 7 dias. Utilizando os valores da CE do percolado do tratamento com  $160 \text{ t ha}^{-1}$ , foi possível calcular que, cada tonelada de cama de aviário adicionada ao solo eleva a CE do solo em 0,046, 0,044, 0,025 e 0,015  $\text{dS m}^{-1}$  aos 7, 14, 21 e 28 dias, respectivamente.

Esses resultados comprovam que as doses de 80 e  $160 \text{ t ha}^{-1}$  de cama de aviário nas condições testadas elevou os níveis de sais na solução do solo prejudicando o metabolismo das plantas. Magalhães (2016) observou morte de mudas de eucaliptos quando foram irrigados com água residuárias com CE de  $3,7 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução dos valores de CE no percolado está relacionada às perdas de sais por lixiviação (ROWELL, 1994; NEVES et al., 2009; PESSOA et al., 2010) provocando a alteração do solo mediante à aplicação da cama de aviário, principalmente nas doses de 80 e  $160 \text{ t ha}^{-1}$  que pode comprometer a qualidade, tanto do solo quanto do lençol freático.

## 1.4 CONCLUSÕES

O inibidor de urease NBPT não mostrou influência nos atributos químicos do solo.

As doses de cama de aviário alteraram os atributos químicos do solo, exceto para a acidez potencial. Os valores de pH, CTC, SB e CE e teores de Ca, Mg, K, P, S, MO, Mn, Zn, Cu apresentaram aumentos com as doses aplicadas. Os teores de Fe e B no solo diminuíram com o aumento das doses de cama de aviário.

Doses de cama de aviário de 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> influenciam negativamente a sustentabilidade do solo, principalmente pela salinidade associada à crescente concentração de sais e alcalinidade associada à elevação do pH.

Doses de cama de aviário de 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> elevam a condutividade elétrica do percolado a níveis limitantes para as plantas nos primeiros 14 dias.

## 1.5 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. dos. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.569-680. 2007.
- ABREU, M. F. de; ABREU Jr., C. H.; SILVA, F. C. da; SANTOS, G. C. G. dos; ANDRADE, J. C. de; GOMES, T. F.; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, C. A. de. Análises químicas de fertilizantes orgânicos (urbanos). In: SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. p.398-485. 2009.
- ADNAN, A; MAVINIC, D.S.; KOCH, F. A. Pilot-scale study of phosphorus recovery through struvite crystallization – examining the process feasibility. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v.2, n.4, p.315-324, 2003.
- ALVES, A. A. **Fontes alternativas de cama de frangos para alimentação de ruminantes**. 1991. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 1991. 87 p. (Dissertação de Mestrado).
- ANDRADE, C. A de; BIBAR, P. S.; COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M. M.; SOARES, A. G. Mineralização e efeitos de biocarvão de cama de frango sobre a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.5, p.407-416, 2015.
- ANDREOLA, F. **Propriedades físicas e químicas do solo e produção de feijão e de milho em uma Terra Roxa Estruturada em resposta a cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e mineral**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1996. 103 f. (Tese de Doutorado).
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.609-620, 2000.
- ANDREOTTI, M.; NAVA, I. A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.4, p.595-602, 2005.
- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2437-2446, 2000.
- AZEVEDO, W. R. de; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.957-964, 2001.
- BATTISTONI, P.; FAVA, G.; PAVA, P.; MUSACCO, A.; CECCHI, F. Phosphate removal in anaerobic liquors by struvite crystallization without addition of chemicals: Preliminary results. **Water Research**, v.31, n.10, p.2925–2929, 1997.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.781-787, 2009.

BERNARDINO, D. C. de S.; PAIVA, H. N. de; NEVES, J. C. de L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. M. Crescimento e qualidade de mudas de *anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.863-870, 2005.

BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F.; KOTHE, D.; SIMMLER, A.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.627-631, 2003.

BRUNAUER, S.; EMMET, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemistry Society**, v.60, n.3, p.309-319, 1938.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M. de; ANDRADE, M. J. B. de; PASSOS, A. M. A. dos; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.930-939, 2011.

CORRÊA, J. C.; NICOLOSO, R. da S.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. de M. **Critérios Técnicos para Recomendação de Biofertilizante de Origem Animal em Sistemas de Produção Agrícolas e Florestais**. In: Concórdia, SC, EMBRAPA, Comunicado técnico 486, ISSN 0100-8862, 2011, 8p.

COSTA, A. M. da; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. D. Potencial de recuperação física de um LATOSSOLO VERMELHO, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotécnica**, v.33, Edição Especial, p.1991-1998, 2009.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; FERREIRA, E. P. de B.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1021-1029, 2011.

CUNHA, M. C. G.; BORGES, E. N. **Recuperação de pastagens e de solos degradados pelo pastejo intensivo, mediante uso de cama de frango**. 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/4018>. Acesso em: 28 de setembro de 2016.

DIAS, N. da. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados ISBN 978-85-7563-489-9 Fortaleza – CE 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v.58, n.7, p.627-646, 2001.

FORREST, A. L.; FATTAH, K. P.; MAVINIC, D. S.; KOCH, F. A. Optimizing struvite production for phosphate recovery in WWTP. **Journal of Environmental Engineering**, v.134, n.5, p.395-402, 2008.

FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.929-951. 2007.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008. 99 p. (Tese de Doutorado).

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A. A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, n.4, pp.705-712, 2003.

GHINI, R.; SCHOENMAKER, I. A. S.; BETTIOL, W. Solarização do solo e incorporação de fontes de matéria orgânica no controle de *Pythium* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1253-1261, 2002.

GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de flocculação de um LATOSSOLO VERMELHO-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.41, n.235, p.223-233, 1994.

GONCALVES, G. K.; MEURER, E. J.; BORTOLON, L.; GONCALVES, D. R. N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, n.5, p.1633-1639, 2011.

GRACIANO, J. D. **Arranjo de plantas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de dois clones de mandioquinha-salsa**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, MS, 2005. 65 p. (Tese de Doutorado).

GRACIANO, J. D.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. DO C.; ROSA, Y. B. C. J.; SEDIYAMA, M. A. N.; RODRIGUES, E. T. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.3, p.365-371, 2006.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5 M NaOH concentration treatment for iron oxides in solis. **Clays Clay Minerals**, v.30, n.2, p.340-408, 1982.

KIEHL, J. C. **Adubação orgânica de culturas forrageiras**. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV/Unesp, p.208-250, 1997.

KINGERY, W. L.; WOOD, C. W.; DELANEY, D. P. Implications of long-term land application of poultry litter on tall fescue pastures. **Journal of Production Agriculture**, v.6, n.3, p.390-395, 1993.

- LIMA, J. J de; MATA, J. D. V. da; 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**, v.29, n.esp., p.715-719, 2007.
- LUCHESE, A. V. **Alterações nos atributos químicos de dois solos e disponibilidade de micronutrientes para a cultura do milho (*Zea mays* L.) após aplicação de resíduos orgânicos de indústria farmoquímica.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. 2009. 80 p. (Tese de Doutorado).
- MAGALHÃES, J. L.; SIMON, G. A.; MENEZES, J. F. S.; RODRIGUES, A. A.; AZAMBUJA, U. S.; RODRIGUES, D. A.; COSTA, A. C. S. da. Growth of eucalyptus seedlings irrigated with diferente wastewaters. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.46, p.4779-4785, 2016.
- MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação.** 4a edição. São Paulo SP, Editora Agronomia Ceres, 1979. 255 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutritional of higher plants.** London: Academic, 1995. 889p.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. **Iron oxide removal from soil sand clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate.** In: CLAYS e CLAY MINERAL CONFERENCE, 7., London, 1960. Proceedings. London, v.7, 1960. p.317-327.
- MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.200-206, 2002.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.4, p.449-455, 1994.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L.; MARTINS, A. G.; SILVA, A. P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, v.132, n.1, p.131-142, 2006.
- MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica econômica.** Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim técnico, 3).
- MERRINGTON, G.; WINDER, L.; GREEN, I. The bioavailability of Cd and Zn from soils amended with sewage sludge to winter wheat and subsequently to the grain aphid *Sitobion avenae*. **Science Total Environmental**, v.205, n.2, p.245-254. 1997.
- MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. **X-ray diffraction and the identification and analysis of Clay Minerals.** 2nd edition. Oxford university Press. Oxford, New York, 1997. 378 p.
- NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F. Extração seqüencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.240-249, 2009.

- NETTO, A. O. A.; GOMES, C. S. G.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1640-1645, 2007.
- NEVES, L. S das; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, n.1, p.25-32, 2009.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU Jr., C. H. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p.529-538, 2002.
- PERROT, K. W. Freeze-drying of soil clays. **Geoderma**, v.17, n.2, p.219-224, 1977.
- PESSOA, L. G. M.; OLIVEIRA, E. E. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. A.; SANTOS, R. L. dos. Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.406-412, 2010.
- POSSAMAI, A. J.; FREIRIA, L. B. da; BARBOZA, A. C.; SILVA, P. I. L da R.; ZERVOUDAKIS, J. T. Influência da adubação fosfatada e calagem na ecofisiologia de gramíneas forrageiras. **PUBVET**, v.8, n.8, Ed.257, Art. 1705, Abril, 2014.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.
- RICHART, A.; GIBBERT, R. M.; MÜLLER, E. J. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia da cama de aviário em função do manejo de aplicação em ARGISSOLO VERMELHO. **Synergismus Scientifica**, v.9, n.1, p.1-7, 2014.
- RITTER, W. F.; CHIRNSIDE, A. E. M. Influence of Agricultural Practices on Nitrates of the Water Table Aquifer. **Biological Wastes**, v.19, n.1, p.165-178, 1987.
- RONDÓN, E. O. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.239-252, 2008.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- ROWELL, D. L. Soil Science - methods and applications. England, Longman Group IK, 1994. 350p.
- SANTOS, C. C.; BELLINGIERI, P. A.; FREITAS, J. C de. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO escuro cultivado com sogro granífero. **Científica**, v.32, n.2, p.134 -140, 2004.
- SAS. **SAS User's Guide**. SAS Institute, Inc., Cary, NC. 2001
- SAVORY, B. M. Boron deficiency in Eucalyptus in Norther Rhodesia. **Empire Forest Review**, v.41, n.2, p.118-125, 1962.

- SCHINDLER, D. W. Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's fresh waters. **Limnology Ocean**, v.23, n.5, p.486-478, 1978.
- SCHUILING, R. D.; ANRADE, A. Recovery of struvite from calf manure. **Environmental Technology**, v.20, n.5, 765-768, 1999.
- SERRANO, J. M.; PECA, J. O.; SILVA, J. R.; SHAHIDIAN, S. Medição e mapeamento da condutividade eléctrica aparente do solo em pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.5-14, 2010.
- SILVA, A. de A.; COSTA, A. M da; LANA, R. M. Q.; ÂNGELA, M. Q.; LANA, A. M. Q. Recycling of nutrients with application of organic waste in degraded pasture. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.2, p.405-414, 2012.
- SILVA, E. B.; COSTA, H. A. O.; FARNEZI, M. M. F. acidez potencial estimada pelo método do ph smp em solos da região do vale do jequitinhonha no estado de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, 751-757, 2006.
- SILVA, F. C. da. **Análise química de tecido vegetal**. In: Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p.193-204.
- SILVA, F. de A.S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG, 2015.
- SILVA, I. R. da; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.275-357. 2007.
- SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. dos S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; DE SOUSA, C. E. S.; GÓES, G. B. Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.12, n.6, 2008.
- SILVEIRA, R. L. V de A.; CASARIN, V.; PAULA, T. de. A.; SILVEIRA, R. I. **Nutrição e adubação com boro em *Eucalyptus***. Piracicaba: Agroflorestral, 2007 (boletim técnico)
- SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G. de; MOREIRA, F. M. S.; GRAZZIOTTI, P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v.12, n.3, p.213-225, 2000.
- SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n.1, p.111-120, 2008.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205- 274



SOUZA JUNIOR, I. G. de; COSTA, A. C. S. da; VILAR, C. C.; HOEPERS, A. Mineralogia e susceptibilidade magnética dos óxidos de ferro do horizonte B de solos do Estado do Paraná. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.513-519,2010.

TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. M. de; BORÉM, A.; SILVA, G. F. da. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Bragantia**, v.62, n.1, p.119-126, 2003.

VAIL, J. W.; CALTON, W. E.; STRANG, R. M. Dieback of wattle: boron deficiency. **Empire African Agriculture Journal**, v.23, n.2, p.100-103, 1957.

VANZO, J. E.; MACEDO, L. S.; TSUTIYA, M. T. **Registros da produção de biossólidos. O caso da ETE de Franca.** In: TSUTIYA, M. T; COMPARINI, J. B; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C. T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Biossólidos na agricultura. São Paulo: SABESP, 2001. p.227-242.

WIJewardena, J. D. H.; GUNARATNE, S. P. **Heavy metal in commonly used animal manure.** Annals of the Sri Lanka Department of Agriculture, Bombuwela, v.6, n.2, p.245-253, 2004.

YAMADA, T. **Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Piracicaba: POTAFOS, 2000. (Informações Agronômicas Nº 90).

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1000-1007, 2007.

## CAPÍTULO 2

Características morfológicas do eucalipto AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO  
distrófico após aplicação de doses de cama de aviário associado a um inibidor da uréase

Características morfológicas do eucalipto AEC 1528 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação de doses de cama de aviário associado a um inibidor da uréase

**RESUMO**

A reciclagem é atualmente uma prática consolidada mundialmente, sendo uma das propostas mais viáveis para o reaproveitamento de resíduos no meio agrícola. Resíduos que apresentam em sua constituição teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes, quando manejados de forma adequada podem constituir um excelente condicionador químico do solo. A grande demanda por produtos florestais levou a um aumento expressivo da área de florestas plantadas, sendo o gênero *Eucalyptus* o mais representativo, ocupando mais de 75 % da área plantada no país. Um dos grandes desafios do setor florestal é a produção de madeira sem agredir o ambiente, visto que essa cultura possui crescimento acelerado, e por isso consome os recursos, água e nutrientes, do solo. O objetivo com este trabalho foi avaliar a ação do NBPT, bem como as doses de cama de aviário na volatilização do N-NH<sub>3</sub>, na atividade biológica (bactérias, actinomicetos e fungos) do solo, características morfológicas das plantas de eucalipto, teores de nutrientes da folha, teores de nutrientes da raiz e as correlações entre os atributos químicos do solo com os atributos químicos da planta. Para isso, foi instalado um experimento em casa-de-vegetação em delineamento inteiramente, casualizado em arranjo fatorial com tratamento adicional (2 x 6) + 1, sendo dois tipos de cama de aviário e seis doses de cama de aviário (5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup>) mais o controle em quatro repetições, totalizando 52 vasos. O NBPT não interferiu em nenhuma das características testadas. A volatilização do N é 56%, mais intensa nos primeiros cinco dias, quando comparado com os 50 dias após a aplicação. Aumentando a dose de cama de aviário, elevou-se a quantidade de N perdido por volatilização em 0,253 kg t<sup>-1</sup> aplicada ao solo. A aplicação de cama de aviário elevou os valores de UFC de actinomicetos em 6,5% e em 2,5% a população total de microrganismos no solo. O fator dose de cama de aviário promoveu diferenças nos atributos morfológicos, teor de nutrientes da folha e raiz. Doses de 80 e 160 40 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário provocaram a morte das plantas nos primeiros vinte dias. Teores de magnésio, enxofre, boro e cobre do solo se correlacionaram com os teores dos mesmos nutrientes da folha. Teores de fósforo, enxofre, ferro, manganês, zinco e cobre do solo se correlacionaram com os teores dos mesmos nutrientes na raiz.

**Palavras-chave:** Reciclagem de resíduos. Poluição do solo. Volatilização de amônia.

Morphological characteristics of eucalyptus AEC 1528 in dystrophic RED  
LATOSOLO after application of avian bed doses associated with an urease  
inhibitor

**ABSTRACT**

Recycling is a worldwide practice and is one of the most feasible proposals for the reuse of wastes in agriculture. Residues that present in their constitution high organic matter content, macro and micronutrients, when properly manipulated, constitute an excellent soil chemical conditioner. The great demand for forest products had a significant increase in the area of planted forests, being the *Eucalyptus* genus the most representative, occupying more than 75% of the planted area in the country. One of the great challenges of the forest sector is a production of wood without harming the environment, since this culture has accelerated growth, and therefore consumes the resources, water and nutrients, of the soil. The objective of this work is to evaluate the action of the NBPT, as well as the poultry litter doses in the volatilization of N-NH<sub>3</sub>, in soil biological activity (bacteria, actinomycetes and fungi), morphological characteristics of eucalyptus plants, and nutrient contents of root and shoot correlations between the soil chemical attributes and the chemical attributes of the plant. A greenhouse experiment was installed, in a completely randomized design with factorial arrangement with additional treatment (2, 6) + 1, with two types of aviary bed and six doses of poultry manure (5, 10, 20, 40, 80 and 160 t ha<sup>-1</sup>) plus control in four replicates, totaling 52 vessels. The NBPT does not interfere with any of the characteristics tested. The volatilization of N is 56%, more intense in the first five days, when compared to the 50 days after application. By increasing the dose of poultry litter, the amount of N lost by volatilization was 0.253 kg t<sup>-1</sup> applied to the soil. The application of poultry litter increased the UFC values of actinomycetes by 6.5% and by 2.5% the total population of non-soil microorganisms. The dose factor of poultry litter promoted changes in the morphological habits, nutrient content of the leaves and roots. Doses of 80 and 160 40 t ha<sup>-1</sup> of poultry litter caused the plants to die in twenty days. The magnesium, sulfur, boron and copper contents were correlated to the same nutrient contents of the leaf. Phosphorus, sulfur, iron, manganese, zinc and copper contents of the soil correlated with the same nutrients in the root.

**Keywords:** Waste recycling. Soil pollution. Volatilization of ammonia.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A grande demanda por produtos florestais acarretou um aumento expressivo da área de florestas plantadas, totalizando mais de 6,5 milhões de hectares, sendo o gênero *Eucalyptus* o mais representativo, ocupando mais de 75 % da área plantadas no país (ABRAF, 2013).

Um dos grandes desafios do setor florestal é a produção de madeira sem agregação ao ambiente, visto que essa cultura possui crescimento acelerado, portanto consome os recursos do solo como quantidade excessiva de água e nutrientes (BELLOTE et al., 2008).

A reciclagem é atualmente uma prática mundial e uma das propostas mais viáveis para o aproveitamento de resíduos no meio agrícola. Portanto, o uso agrícola de resíduos é uma forma mundialmente aceita para destinação final. Alguns desses resíduos apresentam teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes, e dependendo do manejo, podem ser considerados como bons condicionadores químicos do solo (MELO et al., 1994; VANZO et al., 2001).

Os frangos são os animais mais eficientes na transformação de grãos em proteína animal, em curto tempo, com utilização de pouco espaço, pouca água e energia. No entanto, como em todas as atividades humanas de produção em sistemas confinados, existem resíduos na avicultura (RONDÓN, 2008).

Um dos resíduos produzidos na avicultura é a cama de aviário que apresenta elevado teor de macro e micronutrientes. O emprego de material orgânico como a cama de aviário pode promover grande melhoria na fertilidade, além de ser um excepcional condicionador de solo, melhorando seus atributos físicos, químicos e biológicos (MUELLER et al., 2013). O manejo dos resíduos, se feito de forma apropriada, pode ser um exemplo de produção sustentável, além de contribuir na renda do granjeiro (ANGONESE et al., 2006), e pode substituir uma parcela expressiva dos fertilizantes inorgânicos utilizados (ROGERI, 2010).

A dose de cama de aviário, a ser recomendada como condicionador químico do solo, deve levar em consideração as necessidades nutricionais da cultura e os atributos químicos e físicos do solo (COSTA et al., 2009). Vários trabalhos têm demonstrado a viabilidade da reciclagem da cama de aviário como condicionador químico (ANDREOLA, 1996; MELLO e VITTI, 2002; MENEZES et al., 2004).

Muito se tem debatido quanto ao emprego correto dos resíduos na agricultura, devido à composição química da cama de aviário ser bem diversificada. Castro et al. (2005) observaram em cama de aviário, teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de 25,9; 20,6 e 10,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Em outro estudo, Andreotti et al. (2005) identificaram

teores de 19,3; 16,5 e 41,1 g kg<sup>-1</sup>, dos mesmos nutrientes. Além disso, Oliveira et al. (2006), citado por Richart et al. (2014) determinaram valores diferentes: 35,3; 30,7 e 30,0 g kg<sup>-1</sup> desses nutrientes, respectivamente.

Observa-se divergência na literatura quanto à composição da cama de aviário. Isso está associado aos diferentes materiais utilizados para formar a cama, manejo adotado e número de lotes criados sobre a cama (RICHART et al., 2014).

A perda de nitrogênio no solo está vinculada à ação da enzima urease que se encontra correlacionada de forma positiva com o aumento do teor de matéria orgânica do solo (VARGAS et al., 2005) o que influencia significativamente nas perdas por volatilização (MALHI et al., 2001).

Para diminuir esse processo de contaminação, com o uso da cama de aviário, Subbarao et al. (2006) revelaram que a adição de inibidores das ureases e de nitrificação às fontes de N pode ser uma das estratégias adotadas para retardar o aparecimento de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo e reduzir o N volatilizado, assim, aperfeiçoar o potencial fertilizante e mitigar a poluição ambiental.

Os inibidores de ureases são substâncias que diminuem a velocidade de conversão de ureia em NH<sub>3</sub>, o que provoca maior percolação da ureia. Como efeito, obtém-se diminuição da concentração de NH<sub>3</sub> na superfície do solo e, evidentemente, os danos por volatilização (SANTANA, 2011).

Nos últimos anos, um dos produtos mais empregados para esse fim é a Agrotain® Plus (AP), que em sua composição tem 81% de dicianodiamida (DCD), que é inibidor de nitrificação, 6,5 % de N-(n-butil) tiofosfórico triamida (NBPT), que inibe a volatilização por reduzir a ação da enzima urease, e 12,5 % da mistura de corantes e materiais inertes.

O resíduo da avicultura é um composto com abundante microbiota (fungos, bactérias e actinomicetos) que tem como principal origem a excreta das aves (SILVA et al., 2007), apresentando variações de acordo com o material usado como cama e de seu manejo (Jorge et al., 1996), com valores bem representativos. Sampaio et al. (1999) encontraram valores superior a 9 log<sub>10</sub> (1.000.000.000) de microrganismos por grama de cama, enquanto Silva et al. (2007) documentaram 8 log<sub>10</sub> (100.000.000) de enterobactérias por grama de resíduo avícola.

Quando se compara a utilização de resíduos em plantações florestais com culturas agrícolas, Hart et al. (1988), citam algumas vantagens das plantações florestais: i. Os produtos das culturas florestais normalmente não são comestíveis, diminuindo o risco em relação aos cultivos de plantas alimentícias; ii. O ciclo das culturas florestais é mais longo e a acumulação de biomassa durante esse período é uma maneira de armazenar certos elementos

químicos eventualmente perigosos; iii. Os solos florestais são geralmente pobres, resultando em melhor aproveitamento e menores perdas dos nutrientes; e iv. Os ciclos longos das culturas florestais permitem maiores intervalos entre aplicações do que culturas anuais.

Rocha (2002) trabalhando com *Eucalyptus grandis*, com a aplicação de lodo de esgoto, observou melhora na qualidade do solo, uma vez que as plantas responderam de forma positiva, com ganho de produtividade devido à disponibilização dos nutrientes para as árvores, através da decomposição do resíduo aplicado (VAZ, 2000).

Os resíduos agrícolas, apesar de conter substâncias orgânicas e nutrientes, podem conter metais pesados, os quais, após várias aplicações, podem se acumular no solo, gerando impactos indesejáveis sobre os microrganismos, às plantas e os animais (FJÄLLBORG et al., 2005).

O acúmulo e a distribuição de nutrientes nos diversos compartimentos da planta e do solo podem servir como indicadores de diferenças entre os ecossistemas, em especial na disponibilidade de nutrientes para as plantas (CUNHA et al., 2005). Para Spangenberg et al. (1996), as quantidades de nutrientes encontradas nos diversos compartimentos no sistema solo-planta (parte aérea, raízes, serapilheira e solo) são importantes para a compreensão da estrutura do ecossistema. Entretanto, a maioria dos estudos refere-se apenas à parte aérea e não leva em consideração as raízes (RIBEIRO et al., 2011). Porém, são poucas as informações de modificações que o resíduo pode promover na planta, se aplicado em elevada quantidade ou quando aplicados em quantidades pequenas, mas durante vários anos consecutivos.

Em função da carência de informações, quanto ao potencial de alteração nas características morfológicas e nutricionais da folha e raiz, em função da aplicação de doses de cama de aviário, acrescida ou não com inibidor de urease, é de suma importância a realização de estudos com esse propósito, visto que os resultados poderão contribuir na destinação adequada do resíduo.

Neste contexto, os objetivos com este trabalho foram avaliar: i. A ação do inibidor de urease NBPT adicionado à cama de aviário na volatilização do N, na atividade biológica de bactérias, actinomicetos e fungos do solo, nas características morfológicas e nutricionais das folhas e raízes, ii. Efeito das doses de cama de aviário na volatilização do N, na atividade biológica de bactérias, actinomicetos e fungos de solo, características morfológicas e nutricionais da folha e raiz das plantas de eucalipto, e iii. Avaliar as correlações entre os atributos químicos do solo com os teores de nutrientes foliar e radicular.



## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os atributos químicos e mineralógicos foram descritos no Capítulo 1. (Modificações nos atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico após aplicação da cama de aviário associado a um inibidor da urease).

### 2.2.1 O solo (item 1.4.1.)

### 2.2.2 A cama de aviário (item 1.4.2)

### 2.2.3 Atributos químicos, biológicos, agronômicos, químicos foliares e radiculares analisados.

Foram analisados os seguintes atributos químicos, biológicos, agronômicos e nutricionais: i. Quantificação da volatilização do nitrogênio; ii. Quantificação de unidades formadoras de colônias (UFC). iii. Atributos agronômicos (altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa de raiz (MR) e mortalidade (MORT)); iv. macro e micronutrientes foliares e radiculares e v. correlação entre os atributos químicos do solo com os teores de nutrientes foliar e radicular.

#### 2.2.3.1 Quantificação da volatilização da amônia

No dia 19 de março de 2015, após a aplicação do resíduo de aviário com e sem o inibidor de urease e o controle sem o inibidor NBPT, para captar o nitrogênio volatilizado, seguindo metodologia descrita por Araújo et al. (2006), montou-se uma câmara coletora de N-NH<sub>3</sub> semiaberta estática (Figura 2. 1 e Figura 2. 2). O sistema utilizado foi uma câmara estática, confeccionada a partir de frasco plástico transparente tipo PET de 2 dm<sup>3</sup> sem a base, com diâmetro de 10 cm, abrangendo 0,008 m<sup>2</sup> de área. No centro do coletor, foi instalada uma esponja de polietileno 25 x 2,5 x 0,5 cm, previamente armazenada e umedecida em potes de 40 mL contendo 15 mL de solução aquosa com 2,0% de glicerina (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) e 5,5% de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

A coleta das esponjas para quantificar o nitrogênio volatilizado aconteceu em intervalos de cinco dias. Iniciou-se dia 24/03/2016 e finalizou-se dia 09/05/2016, totalizando 10 coletas. Após cada coleta, as amostras foram armazenadas sob-refrigeração em temperatura de 5°C.



Figura 2. 1 Imagem do experimento com a câmara coletora de nitrogênio instalada nos vasos. (Foto o autor)

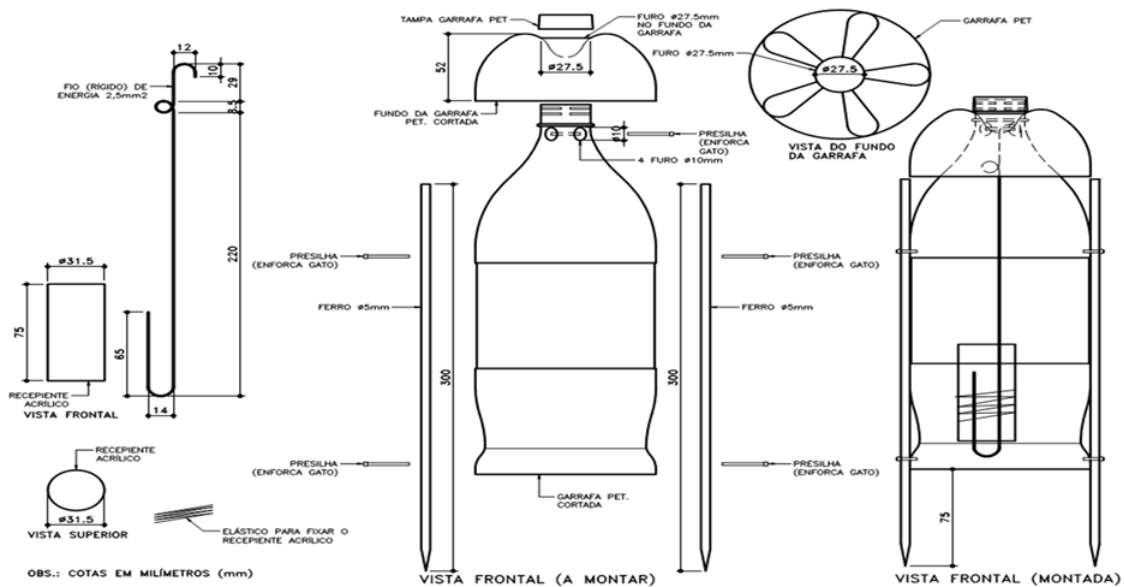


Figura 2. 2 Câmara coletora de Nitrogênio, adaptada de Araújo et al. (2006).

Para quantificar a  $N-NH_3$  captado pelas esponjas, procedeu-se da seguinte forma: retiraram-se as amostras do refrigerador, as quais descansaram por tempo necessário para chegar à temperatura ambiente. Depois foi adicionado 15 mL de água destilada e as amostras foram pesadas. Após este procedimento foram agitadas à rotação de 220 rpm por 15 minutos. Depois, foi retirada de cada amostra uma alíquota de 10 mL e colocada em tubos de destilação contendo 10 mL de NaOH a 40%. Paralelamente a esse procedimento, foram adicionados 10

mL de ácido bórico a 4% e três gotas de indicador em um erlenmeyer de 125 mL e efetuada a destilação em destilador de nitrogênio Kjeldahl (SILVA, 2009), até o volume do erlenmeyer completar 50 mL. Em seguida, procedeu à titulação com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,01N, e a quantidade de nitrogênio captado foi obtido pela Equação 2.1:

$$N = VAT \times NAT \times 14 \times (VS/AD) \times 2 \times 1,25 \quad (2.1)$$

Em que:

N = Nitrogênio volatizado em kg ha<sup>-1</sup>.

VAT = Volume do ácido titulante.

NAT = Normalidade do ácido titulante.

14 = Peso molecular do Nitrogênio.

VS = Volume da solução.

AD = Alíquota utilizada na destilação.

2 = Fator de correção do N volatizado.

1,25 = Fator de transformação de N de mg L<sup>-1</sup> (0,008 m<sup>2</sup>) para kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram transformados em apenas três, sendo o primeiro da primeira coleta (0 a 5 dias), segundo, a soma das seis primeiras coletas (0 a 30 dias), e o terceiro, a soma das dez coletas (0 a 50 dias).

### **2.2.3.2 Quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, actinomicetos e fungos**

As amostras de solo para as análises microbiológicas foram coletadas em quatro etapas, de acordo com o seguinte cronograma: 28/09, 05 e 26/10 e 07/11/2015, sendo analisada uma repetição por etapa.

As coletas das amostras de solo foram realizadas com o auxílio de um trado holandês, em um furo por vaso, explorando todo o seu perfil. Após cada coleta, o trado era higienizado e esterilizado com álcool e fogo (OSAKI, 2008). As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de 500 mL e transportadas, imediatamente, para o Laboratório de Microbiologia da Universidade de Rio Verde, para a realização das análises.

Dez gramas de solo úmido de cada amostra foram transferidos, cada uma, para um erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina a 0,9% esterilizada. As suspensões foram agitadas por 30 minutos a 160 rpm, formando a diluição 10<sup>-1</sup>. A partir dessa diluição, foram realizadas diluições decimais sucessivas, transferindo-se 1 mL da suspensão para tubo de ensaio com 9 mL do diluente, até a obtenção da diluição 10<sup>-4</sup>.

O plaqueamento para a determinação da quantidade de UFCs de bactérias, actinomicetos e fungos por grama de amostra foi realizada com assepsia, em câmara de fluxo

laminar. Inoculou-se, em triplicata, 0,1 mL das diluições, distribuindo de forma homogênea o inóculo, com alça de Drigalsky. Os meios utilizados foram: Thorton (THORTON, 1922), caseinato-dextrose-ágar (CLARK, 1965) e Martin (MENZIES, 1965), respectivamente, para bactérias, actinomicetos e fungos, com composição descrita na (Tabela 2. 1). As diluições, temperaturas e tempo de incubação foram: bactérias ( $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  a 36 °C por 2 dias), actinomicetos ( $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  a 30 °C por 4 dias) e fungos ( $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  a 25 °C por 8 dias).

Para contagem das colônias, utilizou-se um contador de colônias marca Phoenix, modelo CP-600 Plus, em contraste com o meio opaco de cultura. O número de UFCs por grama de solo foi obtido (equação 2.2), multiplicando-se a média do número de colônias das três placas por tratamento por 10, visto que o volume de inóculo plaqueado em cada placa foi de 0,1 mL e dividindo-se pelo valor da diluição. Assim, obteve-se o número de microrganismo por mL da suspensão plaqueada:

$$\text{UFC} = (\text{M} \times 10) \text{D}^{-1} \quad (2.2)$$

Em que:

UFC: unidades formadoras de colônias por grama de solo.

M: médias no número de colônias das três placas.

D: diluição da suspensão.

Tabela 2. 1 Composição dos meios de culturas: Thorton, Caseinato Dextrose Agar e Martin específicos para bactérias, actinomicetos e fungos.

| Thorton (Bactérias)                  |         | Caseinato Dextrose Agar              |           | Martin (Fungos)                      |         |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|---------|
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 1g      | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 1g        | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 1g      |
| MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O | 0,2g    | MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O | 0,2g      | MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O | 0,2g    |
| CaCl <sub>2</sub>                    | 0,1 g   | FeCl <sub>3</sub>                    | Traços    | Peptona                              | 5 g     |
| NaCl                                 | 0,1 g   | Glicose                              | 2 g       | Glicose                              | 10 g    |
| FeCl <sub>3</sub>                    | 0,002 g | Caseína                              | 0,2 g     | Rosa bengala                         | 0,06 g  |
| KNO <sub>3</sub>                     | 0,5 g   | Agar                                 | 15 g      | Agar                                 | 15 g    |
| Asparagina                           | 0,5 g   | Água destilada                       | 1000 mL   | Água destilada                       | 1000 mL |
| Manitol                              | 1 g     | pH                                   | 6,5 - 6,6 | pH                                   | 6,0     |
| Agar                                 | 15 g    |                                      |           |                                      |         |
| Água destilada                       | 1000 mL |                                      |           |                                      |         |
| pH                                   | 7,4     |                                      |           |                                      |         |

Thorton (THORTON, 1922), caseinato-dextrose-ágar (CLARK, 1965) e Martin (MENZIES, 1965).

### 2.2.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease.

A mortalidade (MORT) das plantas foi quantificada contando às plantas que não sobreviveram nos primeiros vinte dias do experimento.

Em 07 de novembro de 2015, após 233 dias da implantação do experimento, as plantas de eucalipto foram cortadas na altura do coleto, cerca de 2 cm acima do solo e transportadas para o laboratório de solos da UniRV. A medida da altura das plantas (AP) foi feita utilizando uma trena fixada sobre a bancada.

O diâmetro do caule na altura do coleto (DC) foi determinado utilizando um paquímetro digital.

A massa fresca da parte aérea (MF) foi obtida cortando as plantas em partes menores, que foram acondicionadas em bandeja e levadas à balança, enquanto a massa seca, da parte aérea (MS), de todas as partes, foi acondicionada em sacos de papel e levadas para estufa de circulação de ar forçado a 65° C, até atingir peso constante e posteriormente pesado em balança de precisão de 0,01 gramas.

A massa de raízes (MR) foi obtida a partir da separação das raízes do solo por lavagem em água corrente, colocadas em peneira com a finalidade de retirada do excesso de água, acondicionadas em sacos de papel, levados para estufa com circulação forçada a 65 °C, até atingir peso constante, e posteriormente, pesadas em balança com precisão de 0,01 gramas.

#### **2.2.3.4 Avaliação dos atributos químicos foliares e radiculares em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease**

Foram coletadas folhas provenientes de ramos situados à meia altura das copas dirigidas aos quatro pontos cardiais; lavadas com água corrente e enxaguadas com água destilada; colocadas em sacos de papel e levados para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir peso constante. Em seguida, o material vegetal foi triturado em moinho tipo *Willey* com peneira de malha 1,0 mm. No material seco e moído realizaram-se as determinações dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

O teor de nitrogênio total foi determinado utilizando a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e consistiu na digestão do tecido vegetal moído com uma mistura composta por 175 mL de H<sub>2</sub>O, 3,6 g de sulfato de selênio, (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>), 21,39 g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 4,0 g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) e 200 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado, seguida de destilação em destilador Kjeldahl e titulação com NaOH.

O extrato para quantificar o boro foi obtido por digestão seca, utilizando 0,2 gramas de tecido vegetal em cadinho, levado à mufla a 550°C, por três horas e adicionado 10 mL de HCl a 0,1 mol L<sup>-1</sup> na sequência filtrado e lido no extrato em espectrômetro óptico, de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Para a determinação dos teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, cobre, zinco e manganês, o extrato foi obtido após digestão nitroperclórica, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997), determinado em espectrômetro óptico de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Para a análise química da raiz, utilizou-se a mesma metodologia da análise química foliar, diferenciando-se apenas no material analisado, que foram as raízes desidratadas utilizadas para obtenção do peso seco de raízes, sendo as mesmas trituradas em moinho tipo *Willey*, com peneira de malha 1,0 mm.

Os dados dos atributos avaliados, em função dos tratamentos, foram submetidos à análise de variância e quando significativo ao teste F empregou-se a regressão por polinômios ortogonais para o fator dose de cama de aviário, utilizando o programa estatístico Assistat 7.7 (Silva, 2015). Correlações de Pearson e funções de pedotransferência (FPTs), entre os diferentes atributos químicos das plantas e do solo, foram realizadas utilizando as rotinas PROC REG e Stepwise do programa estatístico SAS (SAS, 2001).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Quantificação da volatilização da amônia

O inibidor de urease NBPT não apresentou efeito sobre os tratamentos nas condições estudadas. Fato que pode ser explicado pelas condições ambientais em que a temperatura no interior da casa de vegetação chegou a 60 °C. Tisdale et al. (1985) afirmam que temperatura acima de 45 °C acelera as perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização. Segundo Rawluck et al. (2001), o NBPT tende a ser menos eficiente em altas temperaturas, em razão da ocorrência de maior atividade da urease. Temperaturas superiores a 50 °C são frequentes no interior de casa de vegetação, durante o período mais quente do dia (LEVITT, 1972, citado por BELTRÃO et al., 2002); Oliveira et al. (2014) observaram em seu trabalho a não interferência do NBPT em reduzir as perdas por volatilização do N devido à temperatura de 50 °C dentro da casa de vegetação.

Os valores de N-NH<sub>3</sub> volatilizada foram influenciados de forma significativa pelas doses de cama aplicadas ao solo (Tabela 1.8). Observou-se que os dados de volatilização se ajustaram melhor no modelo de regressão polinômial de segunda ordem nos três tempos analisados com valores de R<sup>2</sup> próximos de 1 (Figura 2.3).

Os maiores valores de volatilização de N estimados pelas equações foram: 139, 164 e 159 t ha<sup>-1</sup> nos tempos 0 a 5, 0 a 30 e 0 a 50 dias, respectivamente.

Elevando as doses de cama de aviário, aumentou a quantidade de N perdido via volatilização, fato documentado também por Basso et al. (2004), aplicando dejetos líquidos de suíno ao solo. Comparando o N volatilizado do tratamento 160 t ha<sup>-1</sup> com o controle, foi observada elevação de nitrogênio volatilizado nos três tempos; 1,25 para 6,93, kg ha<sup>-1</sup>, 2,05 para 33,65 kg ha<sup>-1</sup> e 2,81 para 43,30 kg ha<sup>-1</sup> com aumento de 454, 1.543 e 1.438%, respectivamente, para os tempos 5, 30 e 50 dias. A perda de N-NH<sub>3</sub> mostra estar diretamente ligada ao quantitativo de N aplicado ao solo via cama de aviário (Tabela 1.8). A partir destes dados foi possível deduzir que a cada tonelada de cama aplicada ao solo foi volatilizado 0,253 kg de N em 50 dias, nas condições testadas.

Tabela 2. 2 Resumo de análise de variância para: volatilização de 0 a 5 dias (0 a 5), volatilização de 0 a 30 dias (0 a 30), volatilização de 0 a 50 dias (0 a 50), unidades formadoras de colônias de bactérias (UFC BACT), unidades formadoras de colônias de actinomicetos (UFC ACT), unidades formadoras de colônias de fungos (UFC FUNG) e unidades formadoras de colônias total (UFC TOTAL), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (PR), mortalidade (MORT), nitrogênio foliar (N(f)), nitrogênio radicular (N(r)), fósforo foliar (P(f)), fósforo radicular (P(r)), potássio foliar (K(f)), potássio radicular (K(r)), cálcio foliar (Ca(f)), cálcio radicular (Ca(r)), magnésio foliar (Mg(f)), magnésio radicular (Mg(r)), enxofre foliar (S(f)), enxofre radicular (S(r)), boro foliar (B(f)), boro radicular (B(r)), cobre foliar (Cu(f)), cobre radicular (Cu(r)), ferro foliar (Fe(f)), ferro radicular (Fe(r)), manganês foliar (Mn(f)), manganês radicular (Mn(r)), zinco foliar (Zn(f)) e zinco radicular (Zn(r))

| FV              | GL | Quadrado Médio |           |           |          |           |         |            |         |         |          |         |         |  |
|-----------------|----|----------------|-----------|-----------|----------|-----------|---------|------------|---------|---------|----------|---------|---------|--|
|                 |    | 0 a 5          | 0 a 30    | 0 a 50    | UFC BACT | UFC ACT   | UFC FUN | UFC TOTAL  | AP      | DC      | MF       | MS      | MR      |  |
| Cama de aviário | 1  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       | -       |  |
| Doses           | 5  | 35,72**        | 1045,28** | 1916,17** | -        | 0,35*     | -       | 0,31*      | 7218**  | 80,28** | 519726** | 60004** | 12832** |  |
| C F X Doses     | 5  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       | -       |  |
| Fator vs Teste  | 1  | 45,10**        | 647,77**  | 1063,11** | -        | -         | -       | -          | 7435*   | 75,92*  | 179088** | 24061** | 6182**  |  |
| Erro            | 39 | 1,54           | 5,83      | 6,14      | 0,29     | 0,20      | 0,25    | 0,22       | 1320    | 11,15   | 10630    | 1985    | 681     |  |
| CV (%)          |    | 32,55          | 16,81     | 12,95     | 8,36     | 6,88      | 10,18   | 7,03       | 24,99   | 24,37   | 39,06    | 45,07   | 39,98   |  |
|                 |    | MORT           | N(f)      | N(r)      | P(f)     | P(r)      | K(f)    | K(r)       | Ca(f)   | Ca(r)   | Mg(f)    | Mg(r)   | S(f)    |  |
| Cama de aviário | 1  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       | -       |  |
| Doses           | 5  | 1,55**         | -         | 1,54**    | -        | 0,94*     | 7,70**  | -          | -       | 4,10*   | 5,11**   | 42,92** | 0,23**  |  |
| C F X Doses     | 5  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       | -       |  |
| Fator vs Teste  | 1  | 0,51*          | -         | -         | -        | -         | 13,20*  | -          | -       | -       | -        | 64,53** | 0,71**  |  |
| Erro            | 39 | 0,07           | 8,45      | 0,27      | 0,417    | 0,24      | 2,07    | 0,75       | 7,67    | 0,79    | 0,57     | 8,15    | 0,05    |  |
| CV (%)          |    | 80,12          | 25,64     | 13,14     | 25,26    | 34,23     | 24,39   | 43,78      | 21,27   | 12,19   | 18,54    | 30,09   | 31,88   |  |
|                 |    | S(r)           | B(f)      | B(r)      | Cu(f)    | Cu(r)     | Fe(f)   | Fe(r)      | Mn(f)   | Mn(r)   | Zn(f)    | Zn(r)   |         |  |
| Cama de aviário | 1  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       | -       |  |
| Doses           | 5  | 0,1955**       | 88,21**   | -         | -        | 42164**   | -       | -          | -       | 15232*  | -        | 108050* |         |  |
| C F X Doses     | 5  | -              | -         | -         | -        | -         | -       | -          | -       | -       | -        | -       |         |  |
| Fator vs Teste  | 1  | -              | -         | -         | -        | 21245,11* | -       | -          | -       | 1,37*   | -        | -       |         |  |
| Erro            | 39 | 0,0181         | 11,72     | 4,55      | 1393,27  | 3030,27   | 1536,30 | 1112081,15 | 5538,23 | 3601,92 | 337,07   | 21564   |         |  |
| CV (%)          |    | 22,78          | 29,22     | 30,50     | 80,41    | 63,09     | 42,74   | 12,59      | 63,98   | 34,71   | 55,64    | 86,38   |         |  |

-, \*\*, \* não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.



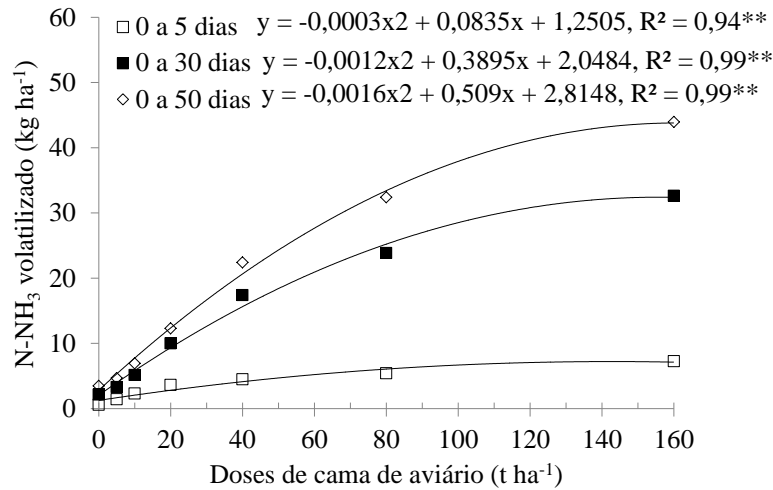


Figura 2.3 Equações de regressão para nitrogênio amoniacal volatilizado, em função das doses de cama de aviário aos: 0 a 5 dias, 0 a 30 dias e 0 a 50 dias. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Os resultados obtidos indicam que as perdas de N, por volatilização da  $NH_3$ , são mais intensas nos cinco primeiros dias quando comparados com os períodos de 30 e 50 dias (Figura 2.4 e Figura 2. 5). Dados corroborados por Basso et al. (2004); Werneck et al. (2012), Vanin et al. (2013); Oliveira et al. (2014).

Comparando a taxa média dos valores de volatilização dos cinco primeiros dias, em todas as doses testadas, com as taxas médias dos 30 e 50 dias, é possível observar uma redução de 45% e 56%, respectivamente, de  $N-NH_3$  volatilizado.

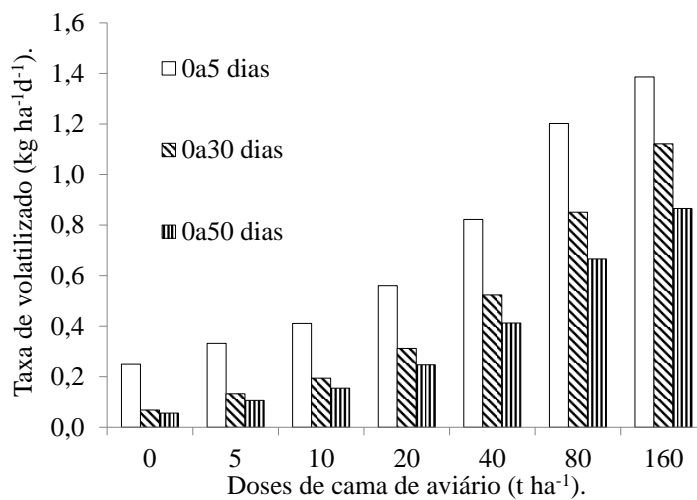


Figura 2.4 Efeito da duração do período de perdas de  $N-NH_3$  em valores absolutos dentro dos períodos 0 a 5 dias, 0 a 30 dias e 0 a 50 dias, convertidos para 24 horas.

Isso demonstra que um inibidor de volatilização deveria atuar principalmente nos primeiros dias, pois é nesse período que ocorrem as maiores perdas.

A taxa de volatilização do N-NH<sub>3</sub> nos três períodos analisados foi maior no período de 0 a 5 dias para todos os tratamentos. Enquanto que os tratamentos com 20 t ha<sup>-1</sup> ou superior teve uma queda na taxa de N volatilizado no intervalo de 5 a 10 dias. A sequência mostrou elevação até a quinta coleta (20 a 25 dias) que a partir desta novamente mostrou quedas sucessivas na quantidade de N volatilizado (Figura 2. 5).

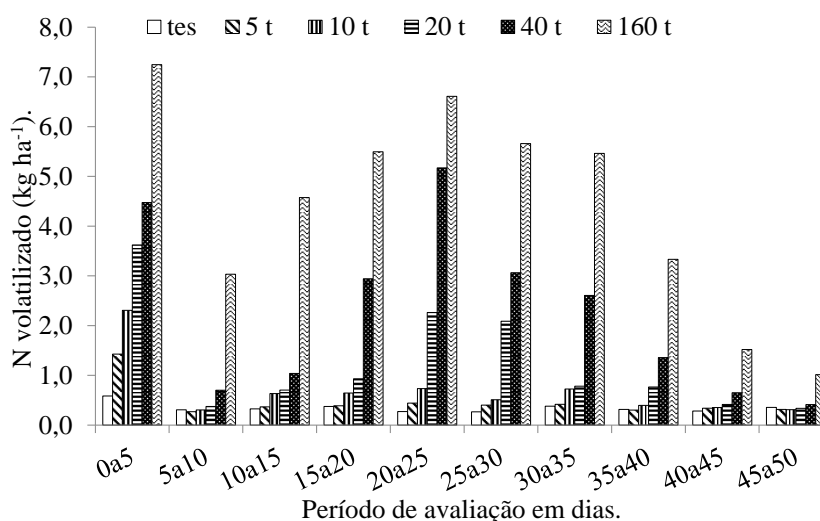


Figura 2. 5 Perdas de N-NH<sub>3</sub> volatilizado em função da aplicação das seis doses de cama de aviário em dez períodos consecutivos de 5 dias.

A possível explicação para o ocorrido deve estar relacionada com as alterações que a cama de aviário causou no solo. A principal foi a condutividade elétrica da solução do solo (Figura 1.12) causando uma redução do metabolismo microbiano e automaticamente reduzindo as perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização.

Com o passar do tempo parte dos sais são lixiviados causando redução da condutividade elétrica do solo, restabelecendo a atividade biológica do solo (PEREIRA et al., 2004).

A soma do N-NH<sub>3</sub> volatilizado durante os 50 dias avaliados acumulou: 3,47, 4,67, 6,92, 12,29, 22,42, 32,40 e 43,95 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente para os tratamentos: controle, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> (Figura 2. 6).

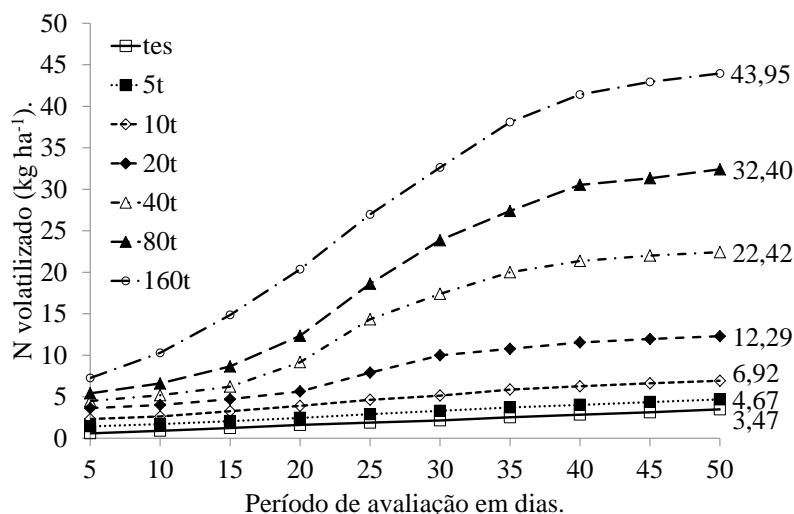


Figura 2. 6 Acumulado de N-NH<sub>3</sub> volatilizado em função da aplicação das seis doses de cama de aviário em 50 dias.

Estes resultados mostram que menos de 2% do nitrogênio aplicado ao solo via cama de aviário foi perdido por volatilização do N-NH<sub>3</sub>. Valores estes que podem ser considerados baixos. Vanin et al. (2013) aplicando 10 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário documentaram perdas de 2,53% de N-NH<sub>3</sub> por volatilização demonstrando que a cama de aviário perde pouco N quanto comparados com adubação a base de ureia e outros resíduos como dejetos líquidos de suínos.

As correlações de Pearson entre os dados de volatilização da NH<sub>3</sub> e os valores dos atributos químicos do solo obtiveram resultados similares para os três períodos de perdas estudados (5, 30 e 50 dias) (Tabela 2.3) ocorrendo correlações positivas e significativas ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ) para 14 atributos químicos do solo e negativas e significativas ( $r < 0$ ;  $p < 0,05$ ) para acidez potencial e teor de Fe. A aplicação da cama de aviário elevou a taxa de volatilização do N-NH<sub>3</sub> e os valores de todos os atributos exceto acidez potencial e o teor de Fe. Dentre os 16 atributos químicos do solo que se correlacionaram com a volatilização do N, a condutividade elétrica do solo foi a que apresentou maior coeficientes de correlação (Tabela 2.3), indicando a influência da condutividade elétrica na taxa de volatilização do N-NH<sub>3</sub>.

Os somatórios dos valores de N-NH<sub>3</sub> volatilizado nos períodos de 0-5, 0-30 e 0-50 dias submetidos ao procedimento stepwise com os valores dos atributos químicos do solo resultaram em modelos de FPT<sub>3</sub> onde cada tempo se ajustou a equações diferentes (Tabela 2.4).

As variáveis que tiveram contribuição positiva e significativa ( $r > 0$  e  $p < 0,05$ ) foram: teores de Cu, Ca, Mg e valores de condutividade elétrica do solo e de forma negativa e significativa ( $r < 0$  e  $p < 0,05$ ): teores de S, matéria orgânica e boro com  $R^2$  de 0,65, 0,95 e 0,95 para os tempos de 5, 30 e 50 dias, respectivamente (Tabela 2.4).

Tabela 2.3 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre os teores de volatilização acumulados em três períodos, as UFC de bactéria, actinomicetos e fungos com os atributos químicos do solo.

|      | $\Sigma 0-5$ dias | $\Sigma 0-30$ dias | $\Sigma 0-50$ dias | Bactériass | Actinomicetoss | Fungos |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|------------|----------------|--------|
| pH   | 0,65**            | 0,73**             | 0,74**             | -          | 0,33*          | -      |
| Ca   | 0,65**            | 0,69**             | 0,67**             | -          | -              | -      |
| Mg   | 0,65**            | 0,78**             | 0,78**             | 0,28*      | 0,31*          | -      |
| H+Al | -0,28*            | -0,34*             | -0,35*             | -          | -              | -      |
| K    | 0,33*             | 0,52**             | 0,52**             | 0,35*      | 0,35*          | -      |
| P    | 0,63**            | 0,74**             | 0,73**             | 0,28*      | 0,32*          | -      |
| S    | 0,67**            | 0,82**             | 0,83**             | -          | -              | -      |
| MO   | 0,41**            | 0,49**             | 0,49**             | -          | -              | -      |
| Fe   | -0,38**           | -0,42**            | -0,42**            | -          | -              | 0,39** |
| Mn   | 0,46**            | 0,62**             | 0,63**             | 0,32*      | 0,33*          | -      |
| Zn   | 0,62**            | 0,80**             | 0,82**             | 0,36**     | 0,42**         | -      |
| Cu   | 0,73**            | 0,90**             | 0,92**             | 0,32*      | 0,43*          | -      |
| CTC  | 0,71**            | 0,79**             | 0,77**             | -          | -              | -      |
| SB   | 0,59**            | 0,66**             | 0,66**             | 0,28*      | 0,31*          | -      |
| CE   | 0,71**            | 0,93**             | 0,95**             | 0,39*      | 0,49*          | -      |

pH – potencial hidrogeniônico; Ca – cálcio; Mg – magnésio; H+Al – acidez potencial; K – potássio, P – fosforo; S – enxofre; MO – matéria orgânica; B – boro; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Na – sódio; Cu – cobre; CTC – capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases; CE – condutividade elétrica do solo; - - não significativo; \* - significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* - significativo em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2.4 Funções de pedotransferência (FTP) para volatilização do  $\text{NH}_3$  de 0 a 5 dias (Vol 5), volatilização do  $\text{NH}_3$  de 0 a 30 dias (Vol 30), volatilização do  $\text{NH}_3$  de 0 a 50 dias (Vol 50) utilizando os atributos químicos do solo.

| Tempo   | FPTs   | $R^2$ |
|---------|--|-------|
| 5 dias  | $-0,25 + 0,51 (\text{Ca}) + 0,20 (\text{Cu})$  | 0,65* |
| 30 dias | $1,88 + 1,81 (\text{Ca}) + 2,87 (\text{Mg}) - 0,59 (\text{S}) - 0,17 (\text{MO}) - 6,90 (\text{B}) + 0,76 (\text{Cu}) + 0,03(\text{CE})$ | 0,95* |
| 50 dias | $-3,88 + 2,01 (\text{Ca}) + 1,60 (\text{Mg}) - 0,60 (\text{S}) + 1,07 (\text{Cu}) + 0,03 (\text{CE})$                                    | 0,95* |

Ca – Cálcio; Cu – cobre; Mg – magnésio; B – boro; S - enxofre; Mn – manganês; MO – matéria orgânica; CE – condutividade elétrica do solo;  $R^2$  coeficiente de determinação; \* significativo a 5% de probabilidade.

### 2.3.2 Quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, actinomicetos e fungos

O inibidor de urease não teve efeito sobre as UFC de bactérias, actinomicetos e fungos enquanto que o fator dose foi capaz de promover diferenças significativas para as UFC de actinomicetos e UFC total (Tabela 2. 2).

Os valores de UFC de actinomicetos e total foram influenciados de forma significativa ( $p < 0,05$ ) pelas doses de cama aplicadas ao solo (Figura 2.7). Os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrática com valores de  $R^2$  superior a 70% para as duas variáveis (Figura 2.7). Os maiores valores de microrganismos por grama de solo, estimados pelas equações foram nas doses de 105 e 90 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário para actinomicetos e total, respectivamente.

O NBPT apesar de ser considerado um bacteriostático, não interferiu de forma significativa ( $p > 0,05$ ) nas populações estudadas visto que a quantificação nas UFCs dos três tipos de microrganismos foi realizada com período superior a 200 dias, período em que o NBPT já deixou de interferir na biota do solo (AITA et al., 2013). Outro fator importante a ser observado é que a aplicação da cama de aviário não reduziu os quantitativos de microrganismos no solo e ao contrário aumentou em 6,5% a população de actinomicetos e 2,5% a população dos três microrganismos somados quando comparado à dose de 160 t ha<sup>-1</sup> com o tratamento controle. Slizak e Stefaniak (1990) também observaram a elevação na população de microrganismos produtores de enzima urease com a aplicação de resíduos orgânicos no solo.

Quantidades semelhantes de UFC foram apresentadas por Melloni et al. (2001) para bactérias e fungo e por Silva et al. (2013) para actinomicetos ambos analisando solo de cerrado do estado de Minas Gerais.

As correlações de Pearson para UFC dos três grupos de microrganismos com os atributos químicos do solo foram positivas e significativas ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ) com valores do coeficiente de correlação  $r < 0,5$ . O comportamento das UFC de bactérias e actinomicetos foram semelhantes resultando em correlações positivas com 10 dos 16 atributos do solo, enquanto que os dados de UFC da população de fungos correlacionaram apenas com o teor de Fe ( $r > 0$ ) (Tabela 2.3).

As correlações de Pearson entre UFC e a quantidade de N-NH<sub>3</sub> volatilizado apresentou correlações positivas ( $r > 0$ ) apenas para os valores de UFCs de bactérias e actinomicetos nos três tempos analisados 0-5, 0-30 e 0-50 dias. Os valores de UFC de fungos não se correlacionaram significativamente ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos tempos (Tabela 2.5). Estes dados indicam uma maior participação de bactérias e actinomicetos nas perdas de nitrogênio por volatilização. Estes resultados são confirmados por Sanomiya e Nahas (2003) que documentaram uma menor atividade biológica dos fungos em relação às bactérias.

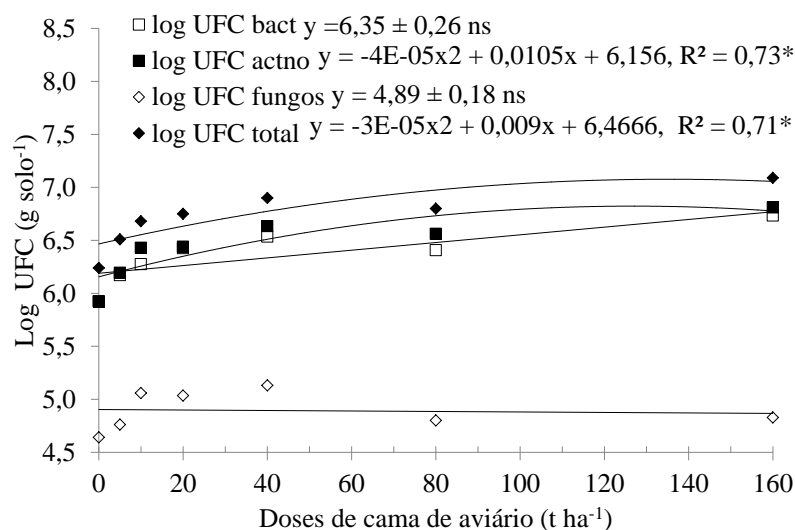


Figura 2.7 Equações de regressão para log das Unidades Formadoras de Colônias - UFC, de bactérias, actinomicetos, fungos e total de microorganismos em função das doses de cama de aviário. \*, ns significativo a 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \geq 0,05$  e  $p \leq 0,05$ ).

Tabela 2.5 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre os teores de volatilização com as UFC de bactéria, actinomicetos e fungos.

|                   | $\Sigma 0-5$ dias | $\Sigma 0-30$ dias | $\Sigma 0-50$ dias |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| UFC bactérias     | 0.27*             | 0.33*              | 0.34*              |
| UFC actinomicetos | 0.36**            | 0.42**             | 0.44**             |
| UFC fungos        | -                 | -                  | -                  |

Coeficiente de correlação de Pearson; - - não significativo; \* - significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* - significativo em nível de 1% de probabilidade.

### 2.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas em função da aplicação de doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease

O inibidor de urease não proporcionou efeito sobre os tratamentos, enquanto o fator dose proporcionou diferenças significativas para as características morfológicas (Tabela 2. 2).

Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS) e massa de raízes (MR) foram influenciados de forma significativa ( $p < 0,01$ ) pelas doses de cama aplicadas ao solo (Figura 2.8a, b, c, d, e). As regressões entre as variáveis se ajustaram melhor no modelo de regressão polinomial de segunda ordem para as cinco características, evidenciando que a cama de aviário eleva os atributos morfológicos em valores absolutos até a dose de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  e a partir desta, prejudica (Figura 2.8). As doses de cama de aviário que promovem os mais altos valores estimados pelas equações foram: 95, 95, 89, 93 e  $87 \text{ t ha}^{-1}$  para AP, DC, MF, MS e MR, respectivamente.

Ribeiro et al. (2015), aplicando lodo da suinocultura, em mudas de eucaliptos, registraram incremento nas plantas até determinada dose e depreciação nas qualidades das

mudas com doses elevadas, Magalhães et al. (2016) obtiveram respostas semelhantes, aplicando águas residuárias na produção de três variedades de eucaliptos, fato também documentado por Trigueiro e Guerrini (2003); Garcia et al. (2010), aplicando lodo de esgoto na cultura de eucalipto.

A explicação para os resultados obtidos está na quantidade de nutrientes presentes na cama de aviário (Tabela 1. 4) que elevou os valores de pH, CTC, SB e CE e os teores de Ca, Mg, K, P, S, MO, Mn, Zn, Cu a níveis limitantes (Figura 1.8, Figura 1.11, Figura 1.12) provocando alteração no metabolismo vegetal ao qual a planta respondeu com desenvolvimento menor do que as plantas que receberam doses iguais ou inferiores a 40 t ha<sup>-1</sup>.

Correlações de Pearson foram observadas para os seguintes atributos morfológicos: AP, DC, MF, MS e MR com os atributos químicos do solo. Foi observado que os teores de K e Cu e os valores de CE se correlacionaram de forma positiva e significativa ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ) com os cinco atributos morfológicos. O teor de K apresentou as maiores correlações; enquanto que o teor de B foi o único atributo que se correlacionou de forma negativa ( $r < 0$ ;  $p < 0,05$ ) com a massa fresca e massa de raiz (Tabela 2.6).

As funções de pedotransferência entre os atributos morfológicos altura de planta, diâmetro do caule, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa de raiz e os valores dos atributos químicos estão na Tabela 2.7.

Constata-se que os teores de potássio, os valores de matéria orgânica e de condutividade elétrica do solo e percolado são atributos que elevam os valores dos atributos morfológicos da planta (AP, DC, MF, MS e MR). Enquanto os teores de B, S e Mn e valores de condutividade elétrica do percolado, aos 14 dias, mostraram efeitos negativos, com coeficientes de determinação  $R^2$  de 0,41, 0,43, 0,67, 0,65 e 0,64, para AP, DC, MF, MS e MR, respectivamente (Tabela 2.7).

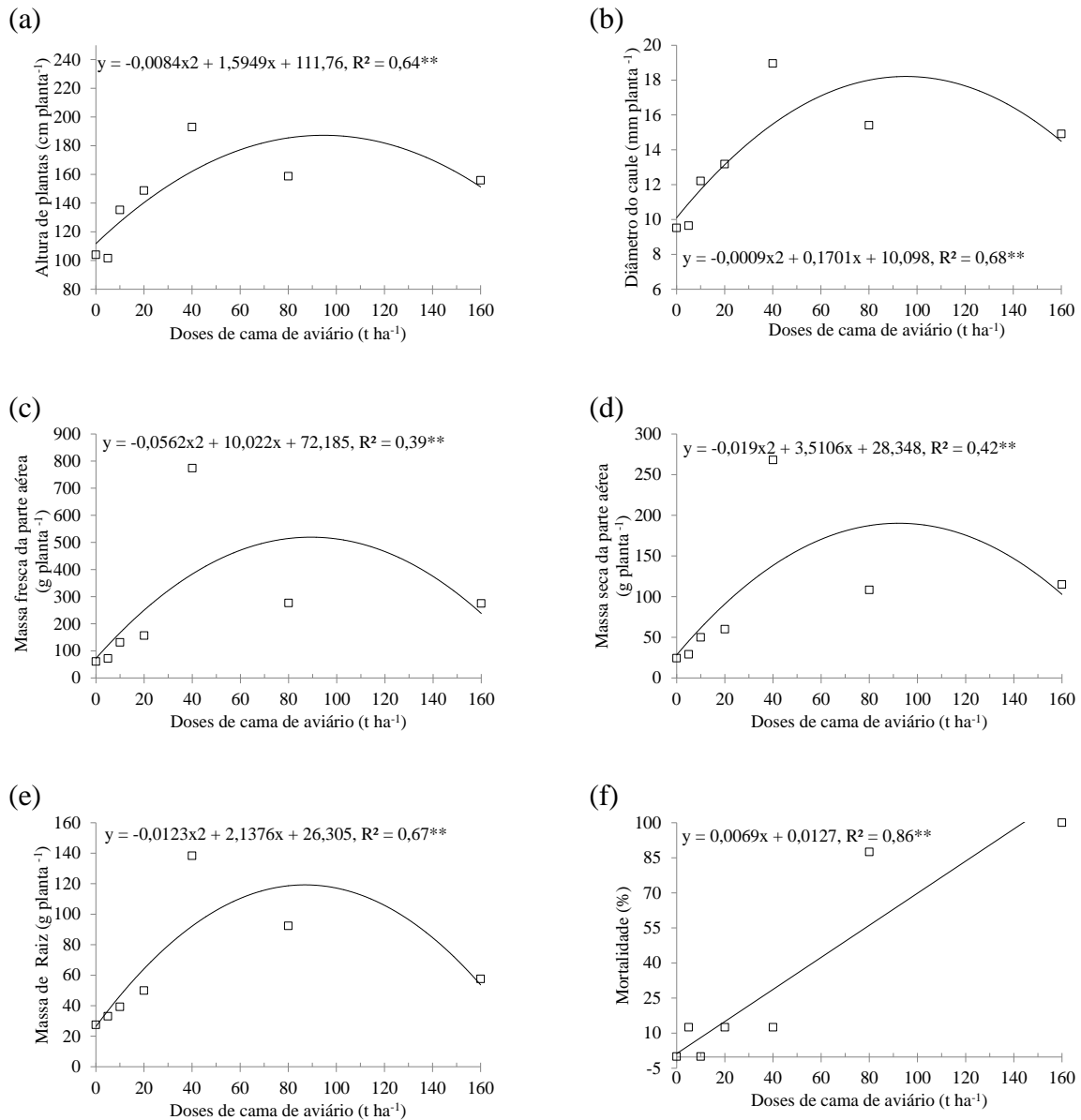


Figura 2.8 Equações de regressão para os atributos morfológicos da cultura de eucalipto cultivada em LATOSSOLO VERMELHO distrófico após adição de doses crescentes de cama de aviário: altura de plantas (a); diâmetro do caule (b); massa fresca da parte aérea (c); massa seca da parte aérea (d); massa de raiz (e) e mortalidade de plantas (f) em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).



Tabela 2.6 Coeficientes lineares de correlação de Pearson (r) entre altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa de raiz (MR), e mortalidade de plantas de eucalipto (MOR) com os teores dos atributos químicos do solo

|      | AP     | DC     | MF     | MS     | MR     | MOR     |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| pH   | -      | -      | -      | -      | -      | 0,60**  |
| Ca   | -      | -      | -      | -      | -      | 0,55**  |
| Mg   | -      | 0,32*  | -      | -      | -      | 0,61**  |
| APT  | -      | -      | -      | -      | -      | -       |
| K    | 0,44** | 0,60** | 0,49** | 0,52** | 0,43** | 0,37**  |
| P    | -      | 0,29*  | -      | -      | -      | 0,67**  |
| S    | -      | -      | -      | -      | -      | 0,70**  |
| MO   | -      | 0,29*  | -      | -      | -      | 0,39**  |
| B    | -      | -      | -0,28* | -      | -0,30* | 0,31*   |
| Fe   | -      | -      | -      | -      | -      | -0,41** |
| Mn   | -      | 0,32*  | -      | -      | -      | 0,58**  |
| Zn   | -      | 0,36** | -      | 0,29*  | -      | 0,69**  |
| Cu   | 0,35*  | 0,41*  | 0,29*  | 0,33*  | 0,35*  | 0,75**  |
| CTC  | -      | 0,32*  | -      | 0,28*  | -      | 0,64**  |
| SB   | 0,29*  | 0,28*  | 0,29*  | 0,30*  | -      | 0,46**  |
| CE   | 0,32*  | 0,39** | 0,32*  | 0,37** | 0,29*  | 0,73**  |
| CE7  | 0,30*  | 0,35*  | -      | 0,27*  | 0,29*  | 0,80**  |
| CE14 | 0,29*  | 0,32*  | -      | -      | -      | 0,80**  |
| CE21 | 0,28*  | 0,33*  | -      | -      | -      | 0,79**  |
| CE28 | 0,31*  | 0,36** | -      | 0,28*  | -      | 0,71**  |

- - não significativo; pH – potencial hidrogeniônico; Ca – cálcio; Mg – magnésio; APT – acidez potencial; K – potássio, P – fósforo; S – enxofre; MO – matéria orgânica; B – boro; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Cu – cobre; CTC – capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases; CE – condutividade elétrica do solo; CE7 – condutividade elétrica do percolado aos 7 dias; CE14 – condutividade elétrica do percolado aos 14 dias; CE21 – condutividade elétrica do percolado aos 21 dias e CE28 – condutividade elétrica do percolado aos 28 dias; ns – não significativo; \* – significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* – significativo em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2.7 Funções de pedotransferência (FTP) para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa de raiz (MR) e mortalidade de plantas de eucalipto (MORT) utilizando atributos químicos dos solos.

| FTP   | R <sup>2</sup> |
|---|----------------|
| AP = 104,08 + 2,66 (K) - 264,23 (B) - 5,27 (Na) + 0,05 (CE28)                           | 0,41**         |
| DC = 10,86 + 0,23 (K) - 27,97 (B)   | 0,43**         |
| MF = 274,36 + 16,96 (K) - 18,14 (S) + 16,91 (MO) - 2433,35 (B) - 13,04 (Mn) + 1,15 (CE) | 0,67**         |
| MS = 85,79 + 5,87 (K) - 6,78 (S) + 6,12 (MO) - 804,31 (B) - 4,44 (Mn) + 0,43 (CE)       | 0,65**         |
| MR = 66,75 + 2,58 (K) - 547,76 (B) - 3,19 (Na) + 0,027 (CE7) - 0,19 (CE14)              | 0,64**         |
| MORT = -0,039 + 0,0002 (CE14)   | 0,64**         |

Na – sódio; K – potássio; B – boro; S - enxofre; Mn – manganês; MO – matéria orgânica; CE – condutividade elétrica do solo; CE7 – condutividade elétrica do percolado aos 7 dias; CE14 – condutividade elétrica do percolado aos 14 dias; CE28 condutividade elétrica do percolado aos 28 dias; R<sup>2</sup> coeficiente de determinação; \*\* significativo a 1% de probabilidade.

A mortalidade de plantas foi influenciada de forma significativa ( $p < 0,05$ ) pelas doses de cama de aviário aplicadas ao solo (Figura 2.8f). Os dados se ajustaram no modelo de regressão linear com coeficiente angular positivo, evidenciando que as doses superiores a 40 t ha<sup>-1</sup> provocaram a morte das plantas nos primeiros vinte dias.

A explicação para esta mortalidade está no valor da condutividade elétrica sendo que doses superiores a 40 t ha<sup>-1</sup> apresentaram condutividade elétrica do percolado superior a 4,0 dS m<sup>-1</sup> nos 14 dias iniciais (Figura 1.12), valor este considerado por Freire e Freire (2007) e Silva et al. (2008) como críticos para a maioria das plantas.

As correlações de Pearson para mortalidade de plantas de eucaliptos com os atributos químicos do solo mostraram correlações significativas ( $p < 0,05$ ) com todos os atributos químicos do solo exceto os valores de acidez potencial; sendo que o teor de Fe apresentou correlação ( $r < 0$ ;  $p < 0,05$ ) e os demais atributos analisados apresentaram correlação significativa ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ) Tabela 2.6. Os maiores valores de correlação ( $r$ ) foram obtidos para a condutividade elétrica do percolado aos 7 e 14 dias, indicando que a morte das plantas foi provocada pela elevação de sais que se revela em forma de condutividade elétrica na solução do solo.

Essa afirmação se evidencia devido à aplicação da rotina *stepwise* do programa SAS (SAS, 2001) para o atributo mortalidade e os valores dos atributos químicos do solo. Na seleção dos atributos significativos ( $p < 0,05$ ) para modelos de FPT<sub>s</sub>, houve a participação de uma única variável que foi a condutividade elétrica do percolado aos 14 dias, com coeficiente de determinação de 64% (Tabela 2.7).

Os atributos morfológicos responderam à elevação das doses de cama de aviário sendo que doses superiores a 40 t ha<sup>-1</sup> reduziram os valores de altura de plantas, diâmetro do caule, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa de raiz e elevou o número de plantas mortas (Figura 2.8).

### **2.3.4 Avaliação dos atributos químicos foliares e radiculares em função da aplicação de cama de aviário com e sem inibidor de urease**

O inibidor de urease NBPT não interferiu de forma significativa sobre os tratamentos nas condições estudadas; enquanto que o fator dose proporcionou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para quatro teores de nutrientes presentes nas folhas e para oito nutrientes presentes na raiz (Tabela 2. 2).

#### **2.3.4.1 Atributos químicos foliares em função da aplicação de diferentes doses de cama de aviário**

Os teores de K da folha se ajustaram no modelo linear negativo (Figura 2.9a). Aumentando as doses de cama de aviário ocorreu redução no teor de K nas folhas chegando a 41% a menos na dose de 160 t ha<sup>-1</sup>. De acordo com Silveira et al. (2001) os teores de K

presentes nas folhas não atendem as necessidades da cultura de eucalipto a partir da dose de 40 t ha<sup>-1</sup>.

Andreotti et al. (2000), trabalhando com milho em condições de saturação de bases superior a 70%, documentaram resultados semelhantes ao qual eles atribuíram à redução do teor de K na folha, o que pode ter ocorrido em função da competição do K com o Mg pela similaridade de raio iônico e potencial eletroquímico de absorção de ambos pelas raízes, já Schossler et al. (2012) atribuíram redução do teor de K nas folhas de gliricídia, devido ao aumento da salinidade pertinente ao antagonismo entre K e Na. A justificativa dos autores apresenta a possibilidade de estar ocorrendo efeito antagônico do Mg e Na sobre o K, pois foi constatada elevação, tanto de Mg quanto de Na, com a aplicação da cama de aviário no solo.

Bellote e Silva (1999) afirmam que o potássio juntamente com o magnésio são os nutrientes minerais que mais limitam o crescimento das plantas de eucaliptos.

As correlações de Pearson (r) para o teor de K foliar com os atributos químicos do solo mostraram correlação positiva ( $r > 0$ ) com o atributo acidez potencial e negativa ( $r < 0$ ) com os valores de pH, os teores de Ca, Mg, P, S, Mn, Zn, Na, e os valores de CTC, SB e CE (Tabela 2.8). A elevação destes atributos do solo promove uma redução de K na folha. O maior valor de correlação foi atribuído ao pH ( $r = - 0,52$ ;  $p < 0,01$ ). Não foram observadas correlações entre o teor de K disponível no solo com o teor de K total na folha.

Os teores de Mg (Figura 2.9b), S (Figura 2.9c) e B (Figura 2.9d) se ajustaram ao modelo de regressão em que aumentou os teores de Mg no tecido foliar à medida que aumentou a dose do resíduo aplicado ao solo. Comparando os valores encontrados nas plantas do tratamento controle com as plantas que receberam a dose de 160 t ha<sup>-1</sup> observou uma elevação nos teores de 30, 167 e 80% para Mg, S e B, respectivamente.

Os teores de Mg, S e B não estão dentre da faixa de carência de acordo com Silveira et al. (2001), o aumento dos teores destes nutrientes esta vinculado ao quantitativo dos mesmos na cama de frango. O magnésio, conforme discutido antriamente, pode ter competido com o K, promovendo uma redução dos teores de K na folha e um aumento nos teores de Mg (Figura 2.9).

As correlações de Pearson para Mg, S e B foliar com os atributos químicos do solo mostraram correlações positivas e significativas ( $r > 0$ ;  $p < 0,05$ ). Os teores de Mg, S e B foliar apresentaram correlações com todos os atributos do solo exceto valores de ACP e teores de K, MO e B para Mg, valores de ACP, teores de P, B e Fe para S e valor de ACP para B (Figura 2.10).

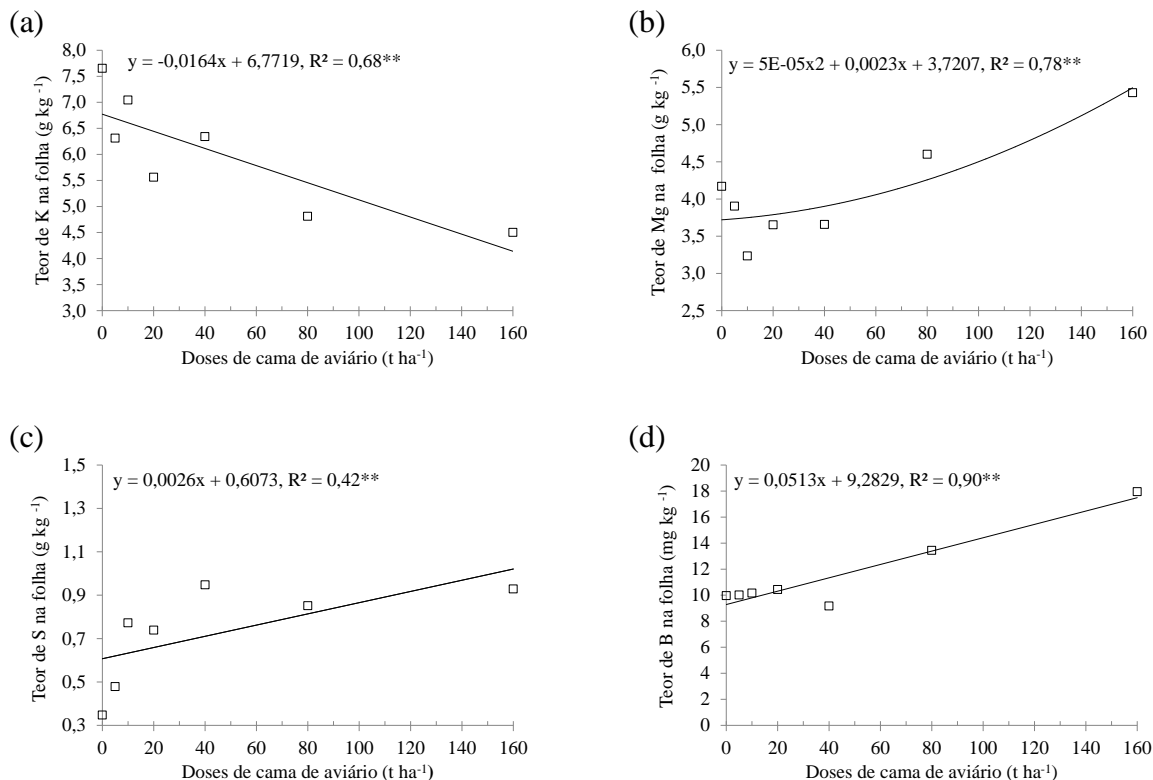


Figura 2.9 Equações de regressão para: potássio (a); magnésio (b); enxofre (c) e boro (d), em função das doses de cama de aviário. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ( $p \leq 0,01$ ).

Apenas o teor de Fe do solo se correlacionou de forma negativa com o Mg foliar ( $r > 0$ ;  $p > 0,01$ ) e B foliar ( $r > 0$ ;  $p > 0,05$ ). Foram observadas correlações significativas ( $p < 0,05$ ) entre os teores dos nutrientes: Mg, S e B no solo e na folha com valores de ( $r = 0,61, 0,36$  e  $0,42$ ;  $p > 0,05$ ) para Mg, S e B, respectivamente, demonstrando que o aumento da concentração destes elementos do solo terá como resultado um maior acúmulo dos mesmos na folha (Tabela 2.8). Resultados semelhantes foram obtidos por Fageria (2000) trabalhando com arroz, trigo, feijão e milho.

### 2.3.4.2 Atributos químicos radiculares em função da aplicação de diferentes doses de cama de aviário com e sem inibidor de urease

Os teores de N (Figura 2.10a), P (Figura 2.10b), Ca (Figura 2.10c) e Mg (Figura 2.10d) da raiz se ajustaram ao modelo de regressão quadrática de segunda ordem, com mínima eficiência calculada pelas equações em 28, 38, 55 e 79  $t\ ha^{-1}$  para N, P, Ca e Mg, respectivamente, ou seja as doses de 28, 38, 55 e 79 foram as doses de cama de aviário que promoveram os menores teores, dos mesmos nutrientes nas raízes das plantas, e

automaticamente, doses inferiores e superiores de cama de aviário, assim as plantas responderam com maior acúmulo dos nutrientes (Figura 2.10).

Tabela 2.8 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores totais da folha com os atributos químicos do solo.

|     | N | P      | K       | Ca     | Mg      | S      | B      | Cu      | Fe    | Mn    | Zn     |
|-----|---|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|-------|--------|
| pH  | - | 0,44** | -0,52** | 0,43** | 0,56**  | 0,34*  | 0,41** | -       | -     | -     | 0,30*  |
| Ca  | - | -      | -0,47** | -      | 0,45**  | 0,29*  | 0,34*  | -       | -     | -     | -      |
| Mg  | - | 0,36** | -0,42** | 0,38** | 0,61**  | 0,32*  | 0,61** | -0,30*  | 0,28* | -     | 0,51** |
| ACP | - | -      | 0,24*   | -      | -       | -      | -      | -       | -     | -     | -      |
| K   | - | -      | -       | -      | -       | 0,36** | 0,34*  | -       | -     | 0,32* | 0,31*  |
| P   | - | -      | -0,39** | -      | 0,52**  | -      | 0,42** | -       | -     | -     | 0,47** |
| S   | - | 0,38** | -0,47** | 0,39** | 0,62**  | 0,36** | 0,56** | -0,28*  | -     | -     | 0,47** |
| MO  | - | -      | -       | -      | -       | 0,32*  | 0,43** | -       | -     | -     | 0,48** |
| B   | - | 0,32*  | -       | -      | -       | -      | 0,42** | -0,41** | -     | -     | -      |
| Fe  | - | -      | -       | -      | -0,36** | -      | -0,31* | -       | -     | -     | -      |
| Mn  | - | -      | -0,28*  | -      | 0,36**  | 0,37** | 0,52** | -       | -     | -     | 0,47** |
| Zn  | - | 0,29*  | -0,36** | -      | 0,48**  | 0,42** | 0,57** | -0,31*  | -     | -     | -      |
| Cu  | - | 0,41** | -0,48** | 0,50** | 0,56**  | 0,48** | 0,58** | -0,33*  | 0,29* | -     | -      |
| CTC | - | 0,33*  | -0,48** | -      | 0,56**  | 0,33*  | 0,50** | -       | -     | -     | -      |
| SB  | - | 0,28*  | -0,41** | 0,28*  | 0,39**  | 0,37** | 0,45** | -       | -     | -     | -      |
| CE  | - | 0,36** | -0,49** | 0,38** | 0,55**  | 0,45** | 0,49** | -0,36** | 0,31* | -     | -      |

-- não significativo; pH – potencial hidrogeniônico; Ca – cálcio; Mg – magnésio; ACP – acidez potencial; K – potássio, P – fosforo; S – enxofre; MO – matéria orgânica; B – boro; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Na – sódio; Cu – cobre; CTC – capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases e CE – condutividade elétrica do solo; ns – não significativo; \* - significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* - significativo em nível de 1% de probabilidade.

Comparando os teores de N, P, Ca e Mg, na raiz de mudas de eucalipto produzidas com substrato comercial por Trigueiro e Guerrini (2003), documentou-se que os teores de N e P foram menores, enquanto o teor de Mg foi maior, esta informação pode estar relacionada à diferença de idade entre as plantas, pois a análise dos dois autores ocorreu aos 120 dias enquanto que no presente trabalho foi aos 333 dias.

As correlações de Pearson (r) para o teor de nitrogênio radicular com os atributos químicos do solo mostraram correlações com oito dos dezessete atributos testados (Tabela 2.9) com valores de coeficiente de correlação  $r > 0,5$  apenas para Zn e Na. O P radicular se correlacionou com 12 atributos, com destaque para o Zn e Na que mostraram os maiores valores. O Ca mostrou correlação com 14 atributos e 5 destes superiores a 50% (Mg, P, S, MO e Mn). Os teores de Mg na raiz se correlacionaram apenas com os teores de B no solo (Tabela 2.9). Foi possível observar correlações positivas, ( $r = 0,39$ ;  $p > 0,01$ ) embora com baixa magnitude, entre os teores P no solo com os teores de P na raiz.

Os teores de S (Figura 2.11a), Cu (Figura 2.11b), Mn (Figura 2.11c) e Zn (Figura 2.11d) se ajustaram a modelos de regressões diferentes (Figura 2.11), aumentando seus teores nos tecidos foliares à medida que aumentou a dose de cama de aviário ao solo. Comparando os valores encontrados nas raízes das plantas do tratamento controle com as plantas que

receberam a dose de 160 t ha<sup>-1</sup> foi possível observar elevação em seus teores em 50, 1.111, 43 e 124% para S, Cu, Mn e Zn, respectivamente. Trigueiro e Guerrini (2003) produzindo mudas de eucalipto utilizando biosólido como substrato documentaram elevação nos teores de S, Cu e Zn e redução no teor de Mn, fato atribuído à composição do resíduo utilizado.

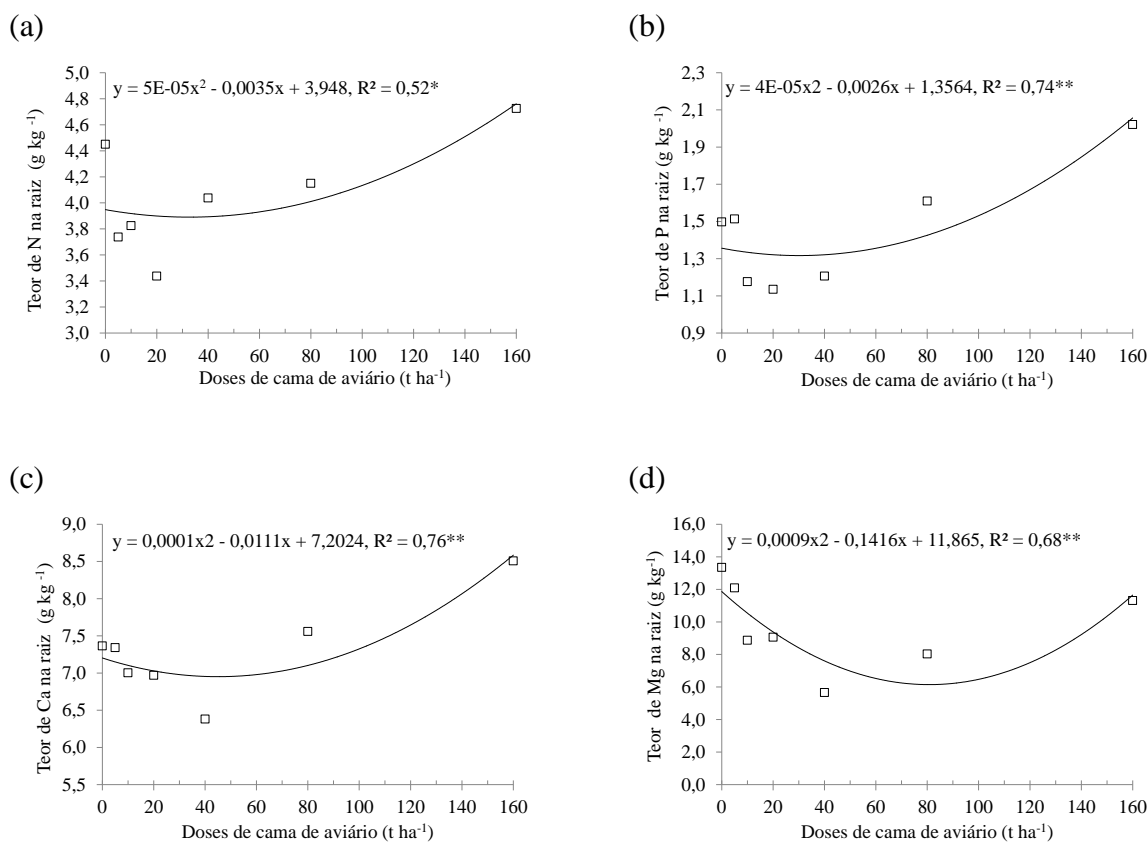


Figura 2.10 Equações de regressão para: nitrogênio (a); fósforo (b); cálcio (c) e magnésio (d), em função das doses de cama de aviário. \*\*, \*, significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ ).

As correlações de Pearson para o teor de S radicular com os atributos químicos do solo mostraram correlações com todos os atributos químicos testados exceto os teores de B (Tabela 2.9). Valores de correlação superiores a 70% foram observados apenas para os teores de Mg, S e Mn. O Cu radicular não se correlacionou significativamente ( $p > 0,05$ ) apenas com os valores de ACP e os teores de B e dentre os atributos correlacionantes é possível observar que correlações acima de 70% com os teores de Zn e Cu e os valores de CE.

O teor de Mn radicular apresentou correlação significativa com 14 atributos químicos do solo e três destes superiores a 60% (Mn, Zn e Na) (Tabela 2.9). Os teores de Zn radicular correlacionaram com 15 atributos químicos do solo sendo 7 com coeficientes de correlação  $r > 0,6$  ( $p < 0,05$ ): teores de P, S, Mn, Zn e os valores de MO e CTC.

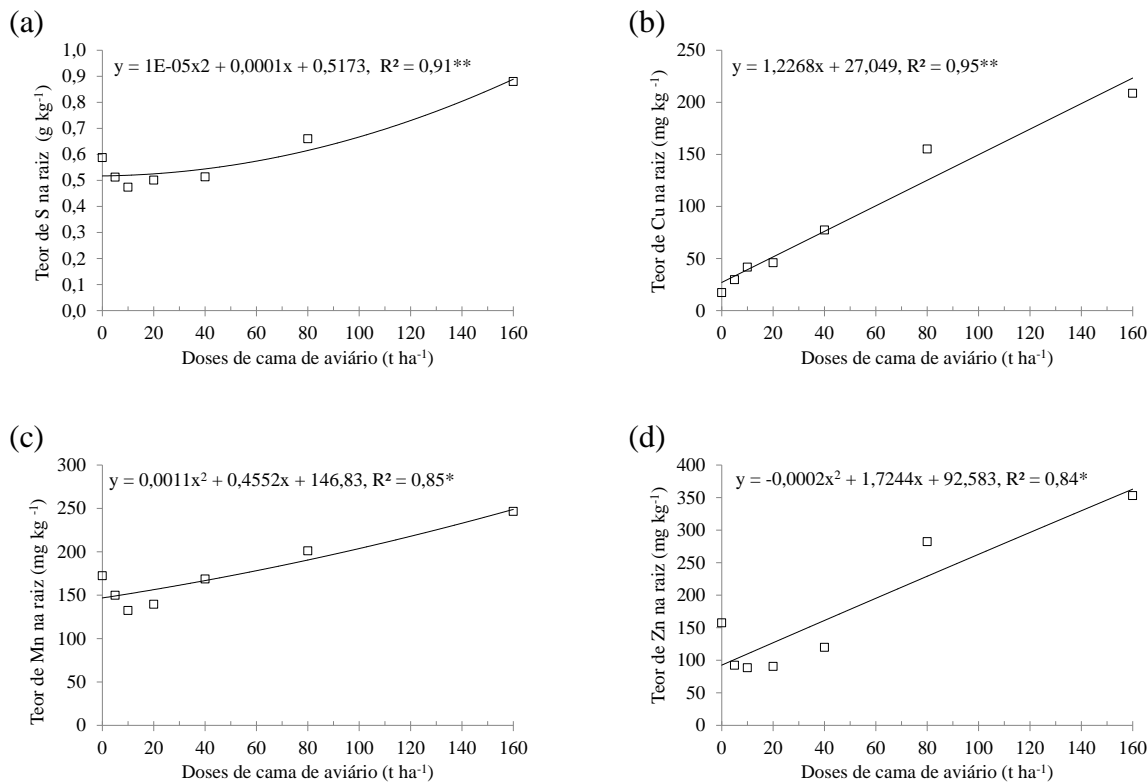


Figura 2.11 Equações de regressão linear para: enxofre (a); cobre (b); manganês (c) e zinco (d), em função das doses de cama de aviário. \*\*, \*, significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F. Respectivamente ( $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ ).

Tabela 2.9 Coeficiente linear de correlação de Pearson (r) entre os teores totais de nutrientes na raiz com os atributos químicos do solo.

|     | N      | P      | K     | Ca      | Mg     | S       | B | Cu     | Fe      | Mn     | Zn      |
|-----|--------|--------|-------|---------|--------|---------|---|--------|---------|--------|---------|
| pH  | 0,31*  | -      | -     | 0,28*   | -      | 0,47**  | - | 0,52** | -       | 0,27*  | 0,49**  |
| Ca  | 0,38** | -      | -     | -       | -      | 0,43**  | - | 0,52** | -       | 0,32*  | 0,53**  |
| Mg  | -      | 0,46** | -     | 0,71**  | -      | 0,76**  | - | 0,59** | 0,59**  | 0,59** | 0,59**  |
| ACP | -      | -      | -     | -       | -      | -0,23** | - | -      | -       | -      | -       |
| K   | -      | -      | -     | 0,37**  | -      | 0,52**  | - | 0,53** | 0,40**  | 0,53** | 0,40**  |
| P   | -      | 0,39** | -     | 0,59**  | -      | 0,69**  | - | 0,50** | 0,69**  | 0,50** | 0,69**  |
| S   | -      | 0,45** | -     | 0,67**  | -      | 0,72**  | - | 0,56** | 0,64**  | 0,56** | 0,64**  |
| MO  | -      | 0,38** | -     | 0,57**  | -      | 0,65**  | - | 0,58** | 0,58**  | 0,58** | 0,58**  |
| B   | -      | 0,42** | 0,34* | 0,42**  | 0,43** | -       | - | -      | -       | -      | -       |
| Fe  | -      | -      | -     | -0,38** | -      | -0,40** | - | -0,35* | -0,44** | -0,35* | -0,44** |
| Mn  | -      | 0,45** | -     | 0,61**  | -      | 0,71**  | - | 0,60** | 0,60**  | 0,60** | 0,60**  |
| Zn  | 0,54** | 0,52** | -     | 0,48**  | -      | 0,66**  | - | 0,78** | -       | 0,61** | 0,63**  |
| Cu  | 0,40** | 0,37** | -     | 0,41**  | -      | 0,64**  | - | 0,72** | -       | 0,50** | 0,50**  |
| CTC | 0,49** | 0,41** | -     | 0,31*   | -      | 0,60**  | - | 0,68** | -       | 0,49** | 0,60**  |
| SB  | 0,39** | 0,20** | -     | -       | -      | 0,43**  | - | 0,48** | -       | -      | 0,40**  |
| CE  | 0,42** | 0,39** | -     | 0,39**  | -      | 0,64**  | - | 0,72** | -       | 0,46** | 0,58**  |

- -, não significativo; pH – potencial hidrogeniônico; Ca – cálcio; Mg – magnésio; ACP – acidez potencial; K – potássio, P – fósforo; S – enxofre; MO – matéria orgânica; B – boro; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; Na – sódio; Cu – cobre; CTC – capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases e CE – condutividade elétrica do solo; ns – não significativo; \* – significativo em nível de 5% de probabilidade e \*\* – significativo em nível de 1% de probabilidade.

Dos onze elementos quantificados na raiz, dez foram no solo (Tabela 2.9) e foi observado que apenas quatro destes (K, Ca, Mg e B) não se correlacionaram significativamente ( $p < 0,05$ ) com os teores disponíveis no solo. Isto é, os teores de K, Ca, Mg e B na raiz dependem de outros fatores além de sua disponibilidade no solo.



## 2.4 CONCLUSÕES

O inibidor de urease NBPT não influencia a volatilização no N, as populações de microrganismos do solo, atributos morfológicos e químicos das plantas de eucalipto.

A volatilização do N-NH<sub>3</sub> foi 56% mais intensa no período de cinco dias quando comparada com o período de 50 dias após a aplicação, e aumentando a dose de cama de aviário, elevou-se a quantidade de N perdido por volatilização em 0,253 kg por tonelada aplicada ao solo.

A aplicação de cama de aviário eleva os valores de UFC de actinomicetos em 6,5% e em 2,5% a população total de microrganismos no solo.

As doses de cama de aviário promovem diferenças nos atributos morfológicos; altura de plantas, diâmetro do caule, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa de raiz e mortalidade de plantas.

Doses de 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> de cama de aviário promovem redução dos atributos morfológicos das plantas de eucalipto e morte das plantas nos primeiros vinte dias após a aplicação da cama de aviário.

As doses de cama de aviário promovem diferenças nos atributos químicos da folha, reduzindo o teor de K e aumentando os teores de Mg, S e B.

Os teores de N, P, Ca, S, Cu, Mn e Zn foram ampliados enquanto que o teor de Mg foi reduzido na raiz com a elevação da dose de cama de aviário.

Teores de Mg, S, B e Cu nas folhas se correlacionaram com os teores dos mesmos no solo enquanto que os teores de P, S, Fe, Mn, Zn e Cu na raiz se correlacionaram com os teores dos mesmos nutrientes no solo.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012** / ABRAF. Brasília: 2013. 142 p. disponível em <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

AITA, C.; BALEM, A.; PUJOL, S. B.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R.; GIACOMINI, D. A.; VARGAS, P. V.; GIACOMINI, S. J. Redução na velocidade da nitrificação no solo após aplicação de cama de aviário com dicianodiamida. **Ciência Rural**, v.43, n.8, p.1387-1392, 2013.

ANDREOLA, F. **Propriedades físicas e químicas do solo e produção de feijão e de milho em uma Terra Roxa Estruturada em resposta a cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e mineral**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1996. 103p. (Tese de Doutorado).

ANDREOTTI, M.; NAVA, I. A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.4, p.595-602, 2005.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2437-2446, 2000.

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; PALACIO, S. M. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos. In: Proceedings of the 6. **Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006, Campinas (SP, Brazil) [online]. 2006

ARAÚJO, E. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. **Câmara coletora para quantificação do N-NH<sub>3</sub> volatilizado do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Comunicado técnico, 87).

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

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de Eucalyptus com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.56, n.1, p.31-41, 2008.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. **Nutrição e crescimento de plantações de Eucalyptus**. In: Simpósio Sobre Fertilização E Nutrição Florestal, 1999, Piracicaba. [Anais ...]. Piracicaba: IPEF, 1999

BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I.C. de. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.547-552, 2002.

CASTRO, C. M. de; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D.; CARVALHO, J. F. de. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.495-502, 2005.

CLARK, F. E. **Actinomyces**. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, v.2, p.1498-501, 1965.

COSTA, A. M. da; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. D. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de aviário. **Ciência Agrotecnologica**, v.33, n.esp., p.1991-1998, 2009.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no Norte Fluminense. **Revista Árvore**, v.29, n.4, 353-363, 2005.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.57-62, 2000.

FJÄLLBORG, B.; AHLBERG, G.; NILSSON, E.; DAVE, G. Identification of metal toxicity in sewage sludge leachate. **Environment International**, v.31, n.1, p.25-31, 2005.

FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.929-951, 2007.

GARCIA, G. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; REIS, E. F. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.87-94, 2010.

HART, J. B.; NGUYEN, P. V.; URIE, D. H.; BROCKWAY, D. G. Silvicultural use of wastewater sludge. **Jornal of forestry**, v.86, n.8, p.17-24, 1988.

JORGE, M. A. MOUCHREK, E., CARNEIRO, M. I. F. et al. Coliformes, umidade e produção de amônia em cinco tipos de cama de frango. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.3, p.387-395, 1996.

MAGALHÃES, J. L.; SIMON, G. A.; MENEZES, J. F. S.; RODRIGUES, A. A.; AZAMBUJA, U. S.; RODRIGUES, D. A.; COSTA, A. C. S. da. Growth of eucalyptus seedlings irrigated with diferente wastewaters. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.46, p.4779-4785, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALHI, S. S.; GRANT, C. A.; JOH-TON, A. M.; GILL, K. S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian great plai-: a review. **Soil and Tillage Research**, v.60, n.3-4, p.101-122, 2001.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.200-206, 2002.

MELLONI, R.; PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I. C. B.; SANTOS, D. R. dos; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerai. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.1, p.7-13, 2001.

- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.5, p.449-455, 1994.
- MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica econômica**. Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim técnico, 3).
- MENZIES, J. D.; FUNGI. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison, American society of Agronomy, v.2, p.1502-1505, 1965.
- MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.1, p.86-92, 2013.
- OLIVEIRA, J. A. de; STAFANATO, J. B. S.; GOULART, R. de S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C. G.; SOUZA, H. N. de; COSTA, F. G. M. Volatilização de amônia proveniente de ureia compactada com enxofre e bentonita, em ambiente controlado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1558-1564, 2014.
- OSAKI, F. **Distribuição espacial de microrganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: floresta ombrófila mista e povoamento florestal com Pinus taeda L. em Tijucas do Sul- Paraná**. Faculdade de ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2008. 264 p. (Tese de Doutorado).
- PEREIRA, S. V.; MARTINEZ, C. R. PORTO, E. R.; OLIVEIRA, B. R. B.; MAIA, L. C. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex numularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.757-762, 2004.
- RAWLUCK, C. D. L.; GRANT, C. A.; RACZ, G. J. Ammonia volatilization from soils fertilized with ureia and varying rates of urease inhibitor NBPT. **Canadian Journal of Soil Science**, v.58, 81, n.2, p.239-246, 2001.
- RIBEIRO, E. P.; MAGALHÃES, J. L.; RODRIGUES, A. A.; RODRIGUES, D. A.; FRAZÃO, M. A.; RODRIGUES, C. L. Análise inicial do super clone de eucalipto adubado com lodo de efluente suíno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.84, p.399-407, 2015.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C.; GASPAR, R. O. Above-and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v.262, n.5, 491-499, 2011.
- RICHART, A.; GIBBERT, R. M.; MÜLLER, E. J. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia da cama de aviário em função do manejo de aplicação em ARGISSOLO VERMELHO. **Synergismus Scientifica**, v.9, n.1, p.1-7, 2014.
- ROCHA, G. N. **Monitoramento da fertilidade do solo, nutrição mineral e crescimento de um povoamento de Eucalyptus grandis fertilizado com biossólido**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 2002. 48 p. (Dissertação de Mestrado).
- ROGERI, D. A. **Suprimento e perdas de nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves**. 2010. 94 p. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

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

SAMPAIO, M. A. P. M.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; SAMPAIO, A. A. M.; BERCHIELLI, S. C. P.; BIONDI, A. **Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frangos tratada com gesso agrícola**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, v.51, n.6, p.559-564, 1999.

SANOMIYA, L. T.; NAHAS, E. Microrganismos produtores de hidrolases envolvidos nas transformações dos compostos do carbono e do nitrogênio do solo. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.835-842, 2003.

SANTANA, I. K. S. **Atividade de uréases em solos e avaliação de potenciais inibidores**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011. 42 p. (Dissertação de Mestrado).

SAS. **SAS User's Guide**. SAS Institute, Inc., Cary, NC. 2001.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R. de; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.

SILVA, F. C. da. **Análise química de tecido vegetal**. In: Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, p.193-204.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG, 2015.

SILVA, M. de O.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; SOUSA, C. E. S. de; GÓES, G. B. de. Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.593-605, 2008.

SILVA, M. S.; SALES, A. N.; MAGALHÃES-GUEDES, K. T.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Brazilian Cerrado soil actinobacteria ecology. **BioMed Research International**, v.2013, n.1, p.10, 2013.

SILVA, V. S.; VOSS, D.; COLDEBELLA, A.; BOSETTI, N.; AVILA, V. S de. **Efeito de Tratamentos Sobre a Carga Bacteriana de Cama de Aviário Reutilizada em Frangos de Corte**. Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 10 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 467).

SILVEIRA, R. L. V. de A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. Piracicaba: POTAFOS, 2001. (Arquivo do agrônomo - Nº 12).

SLIZAK, W.; STEFANIAK, O. Ureolytic activity, physicochemical properties of soil and maize yield as affected by slurry. **Zentralblatt fuer Mikrobiologie**, v.145, n.3, p.461-468, 1990.

SPANGENBERG, A.; GRIMM, U.; SILVA, J. R. S.; FOLSTER, H. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus globulus* plantations in eastern Amazonia (Jari). **Forest Ecology and Management**, v.80, n.2, p.225-234, 1996.

SUBBARAO, G. V. et al. Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems - challenges and opportunities. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.25, n.2, p.303-335, 2006.

THORTON, H. G. On the development of a standardized agar medium for counting soil bacteria with special regard to the repression of spreading colonies. **Annals of Applied Biology**, v.9, n.2, p.241-74, 1922.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; PEATON, J. D.; HAVLIN J. L. **Soil fertility and fertilizer**. 5<sup>a</sup> ed., 1985.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.64, n.1, p.150-162, 2003.

VANIN, A.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. de M.; SIMON, G. A. Ammonia volatilization from surface application of organic residues and urea on Marandu palisadegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.4, p.301-304, 2013.

VANZO, J. E.; MACEDO, L. S.; TSUTIYA, M. T. Registros da produção de biossólidos. O caso da ETE de Franca. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C.T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J. de; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p.227-242.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

VAZ, L. S. V. **Crescimento inicial, fertilidade do solo e nutrição de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2000. 41 p. (Dissertação de Mestrado)

WERNECK, C. G.; BRENDA, F. A.; ZONTA, E.; LIMA, E.; POLIDORO, J. C.; BALIEIRO, F. de C.; BERNARDI, A. C. de C. Volatilização de amônia proveniente de ureia com zeólita natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.3, p.466-470, 2012.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eucaliptocultura tem potencial para utilizar a cama de aviário como condicionador e fonte de nutrientes, melhorando os atributos químicos do solo e elevando a produtividade das plantas até a dose de 40 t ha<sup>-1</sup> com a possibilidade de substituir parte da adubação mineral.

Doses superiores a 40 ha<sup>-1</sup> são desaconselháveis, pois se mostrou capaz de promover um desequilíbrio químico no solo prejudicando a biota do solo.

Com relação às populações de bactérias, actinomicetos e fungos os resultados mostraram que houve aumento da população de actinomicetos e total após 233 dias da aplicação da cama de aviário. Seria prudente dar continuidade nos estudos a fim de responder o que ocorre com estas populações em períodos menores aos 233 dias.

A composição química da cama de aviário é sensível a muitos fatores o que dificulta uma indicação de uma dose genérica para os solos, portanto a utilização deste resíduo como condicionador de solo deve ser precedida de análises químicas tanto do solo quanto da cama de aviário.

Atualmente a cama de aviário gerada nas proximidades do município de Rio Verde – GO, não atende a demanda e contribui de forma significativa na renda dos granjeiros. Um desafio a ser vencido é que grande parte das mais de 200.000 t ano<sup>-1</sup> são adquiridas e utilizadas sem critérios técnicos e ambientais, porém os resultados obtidos demonstram que se deve atentar com os quantitativos deste resíduo aplicados ao solo, pois tem potencial contaminante.