

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DE LODO DE ESGOTO EM ROTAÇÕES DE CULTURAS  
NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**THOMAZ FIGUEIREDO LOBO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP, Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

Maio – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DE LODO DE ESGOTO EM ROTAÇÕES DE CULTURAS  
NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**THOMAZ FIGUEIREDO LOBO**

**Orientador: Prof. Dr. Helio Grassi Filho**

**Co – Orientador: Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP, Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

Maio – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -  
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP -FCA -  
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L796m Lobo, Thomaz Figueiredo, 1969-  
Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio  
direto / Thomaz Figueiredo Lobo. -Botucatu : S.d.,2010.  
xxi, 198 f.: il., grafs., tabs.

Tese(Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Facul-  
dade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2010.

Orientador: Hélio Grassi Filho  
Co-orientador: Leonardo Theodoro Büll  
Inclui bibliografia.

1. Matéria orgânica. 2. Nitrogênio. 3. Nutrição mineral  
de plantas. 4. Solo - Fertilidade. 5. Rendimento de grãos.  
I. Grassi Filho, Hélio. II. Büll, Leonardo Theodoro. III.  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"  
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de  
Botucatu. IV. Título.

---

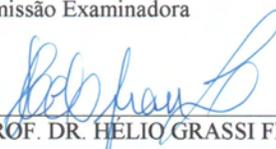
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "MANEJO DE LODO DE ESGOTO EM ROTAÇÕES DE CULTURAS NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO"

ALUNO: THOMAZ FIGUEIREDO LOBO

ORIENTADOR: PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MUNIR MAUAD

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Data da Realização: 20 de maio 2010.

## AGRADECIMENTOS

**A Deus, pela sua força, que fez com que eu amadurecesse neste trabalho.**

**Ao curso de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Agricultura – UNESP, Campus de Botucatu, pela oportunidade e contribuição científica.**

**A Capes, por todo o suporte técnico, que viabilizou parte expressiva desta pesquisa.**

**Ao Prof. Dr. Helio Grassi Filho, pela orientação, estímulo e atenção durante as etapas desenvolvidas.**

**A minha esposa, Ana Silvia Lopes Lobo, pelo companheirismo e compreensão.**

**Aos meus pais, Marcelo Garcez Lobo e Lucila Figueiredo Lobo, pelo apoio e suporte durante este período.**

**À Dr<sup>a</sup> Maria Regina Gonçalves Ungaro, in memoriam, pesquisadora do IAC, pela atenção e informações a respeito da cultura do girassol.**

**Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Dílson Rodrigues de Cáceres, do núcleo de produção de sementes da CATI, pela contribuição nos contatos de sementes para serem plantadas.**

**Ao Dr. César de Castro, pesquisador da EMBRAPA – Londrina, pela contribuição nos conhecimentos de nutrição e adubação da cultura do girassol.**

**Aos Eng<sup>os</sup> Agr<sup>os</sup> Gilberto Grando e Ana Virginia Dalossi Olivato, pertencentes a Helianthus do Brasil, pelo apoio e pelo fornecimento de material para o plantio.**

**Ao Dr. Fernando Carvalho Oliveira, pelo fornecimento do lodo de esgoto, para o experimento e pela oportunidade de conhecer a estação de tratamento de Jundiáí.**

**Ao Prof. Dr. Cássio Hamilton de Abreu, pesquisador e professor do CENA, pelo conhecimento passado na utilização do lodo de esgoto.**

**Ao Dr Ronaldo Berton, pesquisador do IAC, pelo repasse de informações referente ao lodo de esgoto.**

**Ao Dr. Manoel Dornelas, pesquisador da EMBRAPA – MEIO AMBIENTE, pelas informações técnicas referente a lodo de esgoto.**

**A todos os funcionários e professores do departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do solo, pelo apoio fornecido para a execução deste trabalho.**

**A todos os funcionários e professores do departamento de Produção vegetal – Área de Agricultura, pelo apoio fornecido para a execução deste trabalho.**

**A todos os funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel, pela a possibilidade execução deste projeto.**

## SUMÁRIO

|  | paginas      |
|--|--------------|
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                 | <b>XV</b>    |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                 | <b>XVIII</b> |
| <b>1 RESUMO.....</b>   | <b>1</b>     |
| <b>2 SUMMARY.....</b>  | <b>3</b>     |
| <b>3 INTRODUÇÃO.....</b>                                     | <b>5</b>     |
| <b>4 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                          | <b>7</b>     |
| 4.1 Lodo de esgoto.....                                      | 7            |
| 4.1.1 Obtenção do material orgânico.....                     | 7            |
| 4.1.2 Utilização do lodo de esgoto.....                      | 7            |
| 4.1.3 Lodo de esgoto na agricultura.....                     | 8            |
| 4.1.4 Fornecimento de N pelo lodo de esgoto.....             | 14           |
| 4.1.5 Problemas ambientais causados pelo lodo de esgoto..... | 15           |
| 4.1.6 Uso do lodo de esgoto ao longo do tempo.....           | 17           |
| 4.2 Aveia.....   | 17           |
| 4.2.1 Característica e importância da aveia.....             | 17           |
| 4.2.2 Exigência em N e efeitos na produção da aveia.....     | 18           |
| 4.2.3. Uso do lodo de esgoto na aveia.....                   | 20           |
| 4.3 Feijão.....  | 20           |
| 4.3.1 Exigência em N e efeitos na produção do feijão.....    | 20           |
| 4.3.2 Uso do lodo de esgoto no feijão.....                   | 22           |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.4 Girassol.....   | 23        |
| 4.4.1 Exigência em N e efeito na produção de girassol.....    | 23        |
| 4.4.2 Uso do lodo de esgoto no girassol.....                  | 25        |
| 4.5 Trigo e triticale.....                                    | 26        |
| 4.5.1 Características e importância do trigo e triticale..... | 26        |
| 4.5.2 Exigência em N e efeitos na produção de trigo.....      | 27        |
| 4.5.3 Uso do lodo de esgoto no trigo.....                     | 30        |
| <b>5 MATERIAL E MÉTODO.....</b>                               | <b>31</b> |
| 5.1 Local de desenvolvimento do ensaio.....                   | 31        |
| 5.2 Composição do experimento.....                            | 31        |
| 5.3 Delineamento experimental.....                            | 32        |
| 5.4 Característica do lodo de esgoto.....                     | 33        |
| 5.5 Ensaio com a cultura da aveia.....                        | 33        |
| 5.5.1 Operações antes da instalação do experimento.....       | 33        |
| 5.5.2 Característica do lodo neste ensaio.....                | 34        |
| 5.5.3 Operações de instalação do ensaio.....                  | 34        |
| 5.5.4 Operações durante o desenvolvimento da cultura.....     | 35        |
| 5.5.5 Parâmetros avaliados.....                               | 36        |
| 5.5.5.1 Matéria seca e relação C/N.....                       | 36        |
| 5.5.5.2 Análise química do solo.....                          | 36        |
| 5.5.6 Dados climatológicos.....                               | 36        |
| 5.6 Ensaio com a cultura do feijão.....                       | 37        |
| 5.6.1 Característica do lodo de esgoto compostado.....        | 37        |

|   |    |
|---|----|
| 5.6.2 Operações de instalação do ensaio.....                          | 37 |
| 5.6.3 Operações durante o desenvolvimento do feijão.....              | 38 |
| 5.6.4 Parâmetros avaliados.....                                       | 39 |
| 5.6.4.1 Diagnose foliar, teor no grão e exportação de nutrientes..... | 39 |
| 5.6.4.2 Teor de proteínas o grão.....                                 | 40 |
| 5.6.4.3 Componentes de produção.....                                  | 40 |
| 5.6.4.3.1 Número de plantas por hectare.....                          | 40 |
| 5.6.4.3.2 Número de vagem por planta.....                             | 40 |
| 5.6.4.3.3 Número de vagem por hectare.....                            | 40 |
| 5.6.4.3.4 Peso de massa seca folha + caule + raiz por planta.         | 41 |
| 5.6.4.3.5 Massa seca folha, caule, raiz por hectare.....              | 41 |
| 5.6.4.3.6 Peso de massa seca de vagem por planta.....                 | 41 |
| 5.6.4.3.7 Peso de massa seca de vagem em 1 ha.....                    | 41 |
| 5.6.4.3.8 Peso de massa seca total por planta.....                    | 41 |
| 5.6.4.3.9 Peso de massa seca total em 1 ha.....                       | 41 |
| 5.6.4.3.10 Rendimento de grão por planta.....                         | 41 |
| 5.6.4.3.11 Rendimento de grão em 1 ha.....                            | 41 |
| 5.6.4.3.12 Massa de 1000 grãos (g).....                               | 42 |
| 5.6.5 Dados climatológicos.....                                       | 42 |
| 5.7 Ensaio com a cultura do triticale.....                            | 42 |
| 5.7.1 Característica do composto de lodo de esgoto neste ensaio.....  | 42 |
| 5.7.2 Operação de instalação do ensaio.....                           | 56 |
| 5.7.3 Operações durante o desenvolvimento da cultura.....             | 43 |

|   |    |
|---|----|
| 5.7.4 Parâmetros avaliados.....                             | 44 |
| 5.7.4.1 Plantas emergidas .....                             | 44 |
| 5.7.4.2 Diagnose foliar.....                                | 44 |
| 5.7.4.3 Acumulação de nutrientes nos grãos.....             | 44 |
| 5.7.4.4 Componentes de produção.....                        | 45 |
| 5.7.4.4.1 Número final de plantas em 1 ha.....              | 45 |
| 5.7.4.4.2 Peso de massa seca por planta.....                | 45 |
| 5.7.4.4.3 Peso de matéria seca em 1 ha.....                 | 45 |
| 5.7.4.4.4 Rendimento de grão por planta.....                | 45 |
| 5.7.4.4.5 Rendimento de grão em 1 ha.....                   | 45 |
| 5.7.4.4.6 Massa de 1000 grãos.....                          | 46 |
| 5.7.5 Dados climatológicos.....                             | 46 |
| 5.8 Ensaio com a cultura do girassol.....                   | 46 |
| 5.8.1 Cultivar utilizada.....                               | 46 |
| 5.8.2 Característica do lodo de esgoto compostado.....      | 47 |
| 5.8.3 Operações agrícolas na área experimental.....         | 47 |
| 5.8.3.1 Operações de instalação do ensaio.....              | 47 |
| 5.8.3.2 Operações durante o desenvolvimento da cultura..... | 49 |
| 5.8.4 Parâmetros Avaliados.....                             | 49 |
| 5.8.4.1 Estande da cultura.....                             | 50 |
| 5.8.4.2 Biométrico.....                                     | 50 |
| 5.8.4.2.1 Altura das plantas.....                           | 50 |
| 5.8.4.2.2 Diâmetro de haste.....                            | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 5.8.4.2.3 Número de folhas.....  | 50 |
| 5.8.4.3 Componentes de produção.....   | 51 |
| 5.8.4.3.1 Rendimento de grãos.....   | 51 |
| 5.8.4.3.2 Massa de mil sementes.....   | 51 |
| 5.8.4.3.3 Teor de óleo.....  | 51 |
| 5.8.4.3.4 Teor de nutrientes nas sementes.....                                     | 52 |
| 5.8.4.3.5 Exportação de nutrientes nas sementes.....                               | 52 |
| 5.8.4.3.6 Rendimento de matéria seca de caule, folha e capítulo<br>por planta..... | 52 |
| 5.8.4.3.7 Rendimento de matéria seca ha <sup>-1</sup> .....                        | 53 |
| 5.8.4.3.8 Análise química de folhas.....   | 53 |
| 5.8.5 Dados climatológicos.....  | 53 |
| 5.9 Ensaio com a cultura do trigo.....   | 54 |
| 5.9.1 Característica do composto de lodo de esgoto neste ensaio.....               | 54 |
| 5.9.2 Operação de instalação do ensaio.....  | 54 |
| 5.9.3 Operações durante o desenvolvimento da cultura.....                          | 55 |
| 5.9.4 Parâmetros avaliados.....  | 56 |
| 5.9.4.1 Estande inicial da cultura.....  | 56 |
| 5.9.4.2 Diagnose foliar.....   | 56 |
| 5.9.4.3 Acumulação de nutrientes nos grãos.....                                    | 56 |
| 5.9.4.4 Componentes de produção.....   | 57 |
| 5.9.4.5.1 Número final de plantas em 1 ha.....                                     | 57 |
| 5.9.4.5.2 Peso de matéria seca por planta.....                                     | 57 |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.9.4.5.3 | Peso de matéria seca em 1 ha.....                      | 57        |
| 5.9.4.5.4 | Rendimento de grão por planta.....                     | 57        |
| 5.9.4.5.5 | Rendimento de grão em 1 ha.....                        | 57        |
| 5.9.4.5.6 | Massa de 1000 grãos.....                               | 58        |
| 5.9.4.5.7 | Peso hectolitrico.....                                 | 58        |
| 5.9.5     | Dados climatológicos.....                              | 58        |
| 5.10      | Análises estatísticas.....                             | 59        |
| 5.11      | Análise química de solo ao final dos experimentos..... | 59        |
| 5.12      | Balanço de nutrientes final.....                       | 59        |
| 5.13      | Acúmulo de matéria seca em todos os ensaios.....       | 59        |
| <b>6</b>  | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                     | <b>60</b> |
| 6.1       | Ensaio da cultura da aveia preta.....                  | 60        |
| 6.1.1     | Parâmetros da cultura da aveia.....                    | 60        |
| 6.1.1.1   | Acumulo de matéria seca da aveia.....                  | 60        |
| 6.1.1.2   | Teor de C na matéria seca.....                         | 62        |
| 6.1.1.3   | Teor de N na matéria seca.....                         | 63        |
| 6.1.1.4   | Acúmulo de N na parte aérea da planta.....             | 65        |
| 6.1.1.5   | Relação C/N ao longo do ciclo da aveia.....            | 67        |
| 6.2       | Ensaio na cultura do feijão.....                       | 69        |
| 6.2.1     | Diagnose foliar.....                                   | 69        |
| 6.2.2     | Exportação de nutrientes no grão.....                  | 74        |
| 6.2.3     | Componentes de produção.....                           | 78        |
| 6.2.3.1   | Número de plantas em 1 ha.....                         | 78        |

|  |     |
|--|-----|
| 6.2.3.2 Número de vagem por planta.....                      | 79  |
| 6.2.3.3 Número de vagem em 1 ha.....                         | 80  |
| 6.2.3.4 Rendimento de matéria seca folha + caule + raiz..... | 80  |
| 6.2.5.5 Rendimento de matéria seca de vagem.....             | 82  |
| 6.2.5.6 Rendimento de matéria seca total em 1 ha.....        | 82  |
| 6.2.5.7 Rendimento de grão.....                              | 82  |
| 6.2.5.8 Massa de 1000 grãos.....                             | 83  |
| 6.3 Ensaio de triticale.....                                 | 83  |
| 6.3.1 Plantas emergidas do triticale em 1 ha.....            | 83  |
| 6.3.2 Diagnose Foliar.....                                   | 84  |
| 6.3.3 Exportação de nutrientes no grão.....                  | 89  |
| 6.3.4 Estande final da cultura .....                         | 93  |
| 6.3.5 Rendimento de matéria seca por ha.....                 | 94  |
| 6.3.6 Rendimento de grão.....                                | 95  |
| 6.3.7 Massa de 100 grãos.....                                | 97  |
| 6.4 Ensaio da cultura do girassol.....                       | 98  |
| 6.4.1 Altura de plantas.....                                 | 98  |
| 6.4.2 Diâmetro médio do caule.....                           | 101 |
| 6.4.3 Número médio de folhas.....                            | 102 |
| 6.4.4 Diagnose foliar.....                                   | 103 |
| 6.4.4.1 Macronutrientes.....                                 | 103 |
| 6.4.4.2 Micronutrientes.....                                 | 106 |
| 6.4.5 Estande da cultura.....                                | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.4.6 Diâmetro médio de capítulo.....  | 109 |
| 6.4.7 Rendimento de grão.....  | 110 |
| 6.4.8 Peso de mil sementes.....  | 112 |
| 6.4.9 Teor e rendimento de óleo.....   | 112 |
| 6.4.10 Exportação de nutrientes nos grãos.....                               | 114 |
| 6.4.11 Rendimento médio da massa seca da parte aérea do girassol.....        | 118 |
| 6.5 Ensaio da cultura do trigo.....  | 120 |
| 6.5.1 Estande inicial do trigo.....  | 120 |
| 6.5.2 Diagnose foliar do trigo.....  | 121 |
| 6.5.2.1 Macronutrientes.....   | 121 |
| 6.5.2.2 Micronutrientes.....   | 124 |
| 6.5.3 Exportação de nutrientes no grão.....                                  | 126 |
| 6.5.3.1 Macronutrientes.....   | 126 |
| 6.5.3.2 Micronutrientes.....   | 128 |
| 6.5.4 Estande final do trigo.....  | 130 |
| 6.5.5 Rendimento de matéria seca do trigo.....                               | 131 |
| 6.5.6 Rendimento de grão no trigo.....                                       | 133 |
| 6.5.7 Massa de 1000 grãos no trigo.....                                      | 136 |
| 6.5.8 Peso Hectolítrico (PH) no trigo.....                                   | 136 |
| 6.6 Parâmetros químicos de fertilidade do solo.....                          | 137 |
| 6.6.1 Parâmetros químicos de fertilidade do solo após o ensaio da aveia..... | 137 |
| 6.6.1.1 Parâmetros químicos de 0 a 20 cm de profundidade.....                | 137 |
| 6.6.1.2 Parâmetros químicos de 20 a 40 cm de profundidade.....               | 144 |

|  |            |
|--|------------|
| 6.6.2 Parâmetros químicos de fertilidade do solo após a colheita do trigo.             | 147        |
| 6.6.2.1 Parâmetros químicos de 0 a 20 cm de profundidade após a colheita do trigo..... | 147        |
| 6.6.2.2 Parâmetros químicos de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo..... | 156        |
| 6.7 Acúmulo de matéria seca.....   | 163        |
| 6.8 Acúmulo do rendimento do grão.....   | 164        |
| 6.9 Balanço final de nutrientes.....   | 164        |
| 6.9.1 Macronutrientes.....   | 165        |
| 6.9.2 Micronutrientes.....   | 171        |
| 6.10 Considerações finais.....   | 176        |
| <b>7 CONCLUSÕES.....</b>   | <b>178</b> |
| <b>8 – REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>179</b> |

## LISTA DE TABELAS

|   | páginas |
|---|---------|
| <b>Tabela 1.</b> Concentração máxima permitida no lodo de elementos tóxicos.....  | 10      |
| <b>Tabela 2.</b> Características químicas do lodo de esgoto utilizado no primeiro<br>ensaio .....                       | 34      |
| <b>Tabela 3.</b> Quantidade real de aplicação de lodo compostado para a cultura da<br>aveia.....                        | 35      |
| <b>Tabela 4.</b> Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado no<br>ensaio do feijão. ....          | 37      |
| <b>Tabela 5.</b> Características químicas do solo da parcela de menor V% (básicas)...                                   | 38      |
| <b>Tabela 6.</b> Quantidade real de aplicação de composto para o feijão .....   | 38      |
| <b>Tabela 7.</b> Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado no<br>terceiro ensaio .....           | 42      |
| <b>Tabela 8.</b> Quantidade real de aplicação de composto para o triticale .....  | 43      |
| <b>Tabela 9.</b> Características químicas do lodo de esgoto utilizado neste<br>experimento.....                         | 47      |
| <b>Tabela 10.</b> Quantidade real de aplicação de composto para o girassol .....  | 48      |
| <b>Tabela 11.</b> Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado<br>neste ensaio.....                 | 54      |
| <b>Tabela 12.</b> Quantidade real de aplicação de composto para o trigo .....   | 55      |
| <b>Tabela 13.</b> Produção média de matéria seca de aveia preta em dias após a<br>semeadura (kg ha <sup>-1</sup> )..... | 61      |
| <b>Tabela 14.</b> Teor de carbono na matéria seca de aveia em dias após a semeadura.                                    | 63      |
| <b>Tabela 15.</b> Teor de N na matéria seca de planta de aveia.....   | 64      |
| <b>Tabela 16.</b> Acúmulo de N na parte aérea da planta de aveia.....   | 66      |
| <b>Tabela 17.</b> Relação C/N ao longo do ciclo da aveia.....   | 68      |
| <b>Tabela 18.</b> Teores foliares de macronutrientes no feijão.....   | 71      |
| <b>Tabela 19.</b> Teores foliares de micronutrientes no feijão.....   | 73      |
| <b>Tabela 20.</b> Exportação de macronutrientes do feijão.....  | 75      |
| <b>Tabela 21.</b> Exportação de micronutrientes do feijão.....  | 77      |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| <b>Tabela 22.</b> | Número da média de planta ha <sup>-1</sup> , vagem por planta e vagem por ha.... | 79  |
| <b>Tabela 23.</b> | Rendimentos de matéria seca do feijão.....                                       | 81  |
| <b>Tabela 24.</b> | Rendimento de grão e peso de mil sementes no feijão.....                         | 83  |
| <b>Tabela 25.</b> | Plantas emergidas em 1 ha.....   | 84  |
| <b>Tabela 26.</b> | Teores foliares de macronutrientes no triticale.....                             | 85  |
| <b>Tabela 27.</b> | Teores foliares de micronutrientes no triticale.....                             | 88  |
| <b>Tabela 28.</b> | Exportação de macronutrientes do triticale.....                                  | 90  |
| <b>Tabela 29.</b> | Exportação de micronutrientes do triticale.....                                  | 92  |
| <b>Tabela 30.</b> | Estande final da cultura.....  | 93  |
| <b>Tabela 31.</b> | Rendimento de matéria seca do triticale.....                                     | 94  |
| <b>Tabela 32.</b> | Rendimento de grão do triticale.....   | 97  |
| <b>Tabela 33.</b> | Massa de 100 grãos do triticale.....   | 98  |
| <b>Tabela 34.</b> | Altura média de plantas de girassol em dias após a emergência.....               | 100 |
| <b>Tabela 35.</b> | Diâmetro médio de plantas de girassol em dias após a emergência....              | 101 |
| <b>Tabela 36.</b> | Número médio de folhas de plantas de girassol.....                               | 103 |
| <b>Tabela 37.</b> | Teores foliares de macronutrientes no girassol.....                              | 105 |
| <b>Tabela 38.</b> | Teores foliares de micronutrientes no girassol.....                              | 107 |
| <b>Tabela 39.</b> | Estande médio do girassol.....   | 108 |
| <b>Tabela 40.</b> | Diâmetro médio do capítulo do girassol.....                                      | 109 |
| <b>Tabela 41.</b> | Rendimento de grão e peso de 1000 grãos no girassol.....                         | 111 |
| <b>Tabela 42.</b> | Teor e rendimento de óleo no girassol.....                                       | 113 |
| <b>Tabela 43.</b> | Exportação de macronutrientes do girassol.....                                   | 115 |
| <b>Tabela 44.</b> | Exportação de micronutrientes do girassol.....                                   | 117 |
| <b>Tabela 45.</b> | Rendimento de matéria seca do girassol.....                                      | 119 |
| <b>Tabela 46.</b> | Estande inicial do trigo.....  | 120 |
| <b>Tabela 47.</b> | Teores foliares de macronutrientes no trigo.....                                 | 123 |
| <b>Tabela 48.</b> | Teores foliares de micronutrientes no trigo.....                                 | 125 |
| <b>Tabela 49.</b> | Exportação de macronutrientes do trigo.....                                      | 127 |
| <b>Tabela 50.</b> | Exportação de micronutrientes do trigo.....                                      | 129 |
| <b>Tabela 51.</b> | Estande final do trigo.....  | 131 |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| <b>Tabela 52.</b> | Rendimento de matéria seca do trigo.....   | 132 |
| <b>Tabela 53.</b> | Rendimento de grão do trigo.....   | 135 |
| <b>Tabela 54.</b> | Massa de mil grãos e Peso hectolitrico do trigo.....   | 136 |
| <b>Tabela 55.</b> | Análise do solo na profundidade de 0 a 20 cm ao final da cultura da aveia.....   | 139 |
| <b>Tabela 56.</b> | Análise química de micronutrientes na profundidade de 0 a 20 cm.....   | 142 |
| <b>Tabela 57.</b> | Análise do solo na profundidade de 20 a 40 cm ao final da cultura da aveia.....  | 145 |
| <b>Tabela 58.</b> | Análise do solo 0 a 20 cm após o trigo.....  | 151 |
| <b>Tabela 59.</b> | Análise química de micronutrientes do solo 0 a 20 cm após o cultivo do trigo.....  | 155 |
| <b>Tabela 60.</b> | Análise química do solo na profundidade de 20 a 40 cm após a sétima aplicação de lodo em sistema de rotação de culturas..... | 158 |
| <b>Tabela 61.</b> | Análise química de solo 20 a 40 cm de micronutrientes após o trigo.  | 161 |
| <b>Tabela 62.</b> | Acúmulo de matéria seca dos ensaios.....   | 164 |
| <b>Tabela 63.</b> | Acúmulo de rendimento de grão das culturas.....  | 164 |
| <b>Tabela 64.</b> | Balanço de macronutrientes do tratamento T0.....   | 165 |
| <b>Tabela 65.</b> | Balanço de macronutrientes no tratamento T1.....   | 166 |
| <b>Tabela 66.</b> | Balanço de macronutrientes do tratamento T2.....   | 167 |
| <b>Tabela 67.</b> | Balanço de macronutrientes do tratamento T3.....   | 168 |
| <b>Tabela 68.</b> | Balanço de macronutrientes do tratamento T4.....   | 169 |
| <b>Tabela 69.</b> | Balanço de macronutrientes do tratamento T5.....   | 170 |
| <b>Tabela 70.</b> | Balanço final dos macronutrientes para cada tratamento.....  | 171 |
| <b>Tabela 71.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T0.....   | 172 |
| <b>Tabela 72.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T1.....   | 172 |
| <b>Tabela 73.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T2.....   | 173 |
| <b>Tabela 74.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T3.....   | 174 |
| <b>Tabela 75.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T4.....   | 174 |
| <b>Tabela 76.</b> | Balanço de micronutrientes do tratamento T5.....   | 175 |
| <b>Tabela 77.</b> | Resumo do balanço de micronutrientes.....  | 175 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | páginas |
|--|---------|
| <b>Figura 1.</b> Distribuição dos tratamentos na área experimental.....  | 33      |
| <b>Figura 2.</b> Precipitação pluviométrica, Temperatura mínimas, médias e máximas da cultura da aveia no período de abril a agosto de 2007.....             | 37      |
| <b>Figura 3.</b> Precipitação Pluviométrica, temperatura mínima média, média e máxima média no ciclo do feijoeiro de dezembro a março no ano 2007/ 2008..... | 42      |
| <b>Figura 4.</b> Precipitações, temperatura mínima média, máxima média e média da cultura do triticales no ano 2008.....                                     | 46      |
| <b>Figura 5.</b> Precipitações médias, temperatura mínima média, máxima média e média no período do ciclo do girassol no ano 2008/2009.....                  | 54      |
| <b>Figura 6</b> Precipitações médias, temperatura média mínima, média máxima e média no ciclo da cultura do trigo no ano de 2009.....                        | 58      |
| <b>Figura 7</b> Rendimento de matéria seca no decorrer do ciclo da aveia em função do aumento da dose de lodo de esgoto.....                                 | 62      |
| <b>Figura 8</b> Teor de C aos 75 dias do plantio em função da dose de lodo de esgoto.....  | 63      |
| <b>Figura 9</b> Teor de N na aveia em função da dose de lodo de esgoto.....  | 65      |
| <b>Figura 10</b> Acumulo de N na planta em função da dose de lodo.....   | 67      |
| <b>Figura 11</b> Relação C/N em função da dose de lodo de esgoto.....  | 69      |
| <b>Figura 12</b> Teores foliares de macronutrientes no feijão em função da dose de lodo compostado.....  | 72      |
| <b>Figura 13</b> Teor foliar de micronutrientes no feijão em função da dose de lodo compostado.....  | 74      |
| <b>Figura 14</b> Exportação de macronutrientes do feijão em função da dose de lodo compostado.....   | 76      |

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Figura 15</b> | Exportação de micronutrientes do feijão em função da dose de lodo compostado.....                           | 78  |
| <b>Figura 16</b> | Numero de vagem do feijoeiro em função da dose de lodo compostado.....                                      | 80  |
| <b>Figura 17</b> | Rendimento de matéria seca em função da dose de lodo compostado..   | 81  |
| <b>Figura 18</b> | Rendimento de grão e massa de mil grãos do feijão em função da dose de lodo compostado.....                 | 83  |
| <b>Figura 19</b> | Teor foliar de macronutrientes no triticales em função da dose de lodo compostado.....                      | 86  |
| <b>Figura 20</b> | Teor foliar de micronutrientes no triticales em função da dose de lodo compostado.....                      | 88  |
| <b>Figura 21</b> | Exportação de macronutrientes do triticales em função da dose de lodo compostado.....                       | 91  |
| <b>Figura 22</b> | Exportação de micronutrientes do triticales em função da dose de lodo compostado.....                       | 93  |
| <b>Figura 23</b> | Estande final do triticales em função da dose de lodo compostado.....                                       | 94  |
| <b>Figura 24</b> | Rendimento de matéria seca do triticales em função da dose de lodo compostado.....                          | 95  |
| <b>Figura 25</b> | Rendimento de grão do triticales em função do aumento da dose de lodo compostado.....                       | 97  |
| <b>Figura 26</b> | Massa de 100 grão do triticales em função da dose de lodo compostado.....                                   | 98  |
| <b>Figura 27</b> | Altura de plantas no desenvolvimento do girassol em função da dose de lodo compostado.....                  | 100 |
| <b>Figura 28</b> | Diâmetro médio de caule de plantas no desenvolvimento do girassol em função da dose de lodo compostado..... | 102 |
| <b>Figura 29</b> | Número médio de folhas aos 61 dias da semeadura em função da dose de lodo compostado.....                   | 103 |
| <b>Figura 30</b> | Teores foliares de macronutrientes em função da dose de lodo compostado.....                                | 105 |

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Figura 31</b> | Teores foliares de micronutrientes em função da dose de lodo compostado.....          | 107 |
| <b>Figura 32</b> | Estande inicial do girassol em função do aumento da dose de lodo compostado.....      | 108 |
| <b>Figura 33</b> | Diâmetro médio de capítulos em função da dose de lodo compostado                      | 110 |
| <b>Figura 34</b> | Rendimento de grão do girassol em função da dose de lodo compostado.....              | 111 |
| <b>Figura 35</b> | Peso de mil sementes em função da dose de lodo compostado.....                        | 112 |
| <b>Figura 36</b> | Teor e rendimento de óleo em função da dose de lodo compostado.....                   | 113 |
| <b>Figura 37</b> | Exportação de macronutrientes no girassol em função da dose de lodo compostado.....   | 116 |
| <b>Figura 38</b> | Exportação de micronutrientes no girassol em função da dose de lodo compostado.....   | 118 |
| <b>Figura 39</b> | Rendimento de matéria seca em função da dose de lodo compostado.                      | 119 |
| <b>Figura 40</b> | Estande inicial do trigo em função da dose de lodo compostado.....                    | 121 |
| <b>Figura 41</b> | Teores foliares de macronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado..... | 124 |
| <b>Figura 42</b> | Teores foliares de micronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado..... | 126 |
| <b>Figura 43</b> | Exportação de macronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado.....      | 128 |
| <b>Figura 44</b> | Exportação de micronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado.....      | 130 |
| <b>Figura 45</b> | Estande final da cultura do trigo em função da dose de lodo compostado.....           | 131 |
| <b>Figura 46</b> | Rendimento de matéria seca do trigo em função da dose de lodo compostado.....         | 133 |
| <b>Figura 47</b> | Rendimento de grão do trigo em função da dose de lodo compostado.                     | 135 |
| <b>Figura 48</b> | Massa de mil sementes e PH do trigo em função da dose de lodo compostado.....         | 136 |

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Figura 49</b> | Analise básica do solo de 0 a 20 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo.....  | 141 |
| <b>Figura 50</b> | Analise de micronutrientes do solo de 0 a 20 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo.....                              | 143 |
| <b>Figura 51</b> | Análise básica do solo de 20 a 40 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo.....   | 147 |
| <b>Figura 52</b> | Analise básica do solo de 0 a 20 cm após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado.....                               | 153 |
| <b>Figura 53</b> | Análise de micronutrientes do solo de 0 a 20 cm de profundidade após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado.....   | 156 |
| <b>Figura 54</b> | Analises básicas do solo de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado.....            | 159 |
| <b>Figura 55</b> | Analises de micronutrientes do solo de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado..... | 162 |

## 1 RESUMO

A disposição final do lodo de esgoto vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, e cresce diariamente tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, como reflexos da ampliação das redes de coleta e incremento dos níveis de tratamento. O objetivo deste trabalho foi utilizar o lodo de esgoto compostado como fornecimento de N em sistema de sucessão de culturas avaliando o desenvolvimento, nutrição, produtividade das culturas trabalhadas e a melhoria da fertilidade do solo. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda São Manuel da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, localizada no município de São Manuel/SP. Antecedendo a instalação do experimento, foram cultivados 2 ciclos consecutivos de girassol semeados em dezembro de 2004 e novembro de 2005, respectivamente, com aplicações de lodo de esgoto, sendo cultivado trigo e triticale para avaliar o efeito residual destas duas aplicações em abril de 2006. Os ensaios presentes neste trabalho foram em sistema de sucessão de culturas (aveia, feijão, triticale, girassol e trigo). Em sistema de semeadura direta, sendo somente o primeiro cultivo, aveia em sistema convencional com lodo de esgoto tratado. Os outros ensaios foram com lodo de esgoto compostado. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizado constituído por 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram: T0 – adubação mineral de acordo com o Boletim Técnico 100, mas sem N; T1 – adubação química de acordo com o Boletim Técnico 100 do IAC; T2 – 50% do N proveniente do lodo de esgoto e o restante foi proveniente da adubação química; T3 – 100 % do N proveniente do lodo de esgoto; T4 – 150% do N proveniente do lodo de esgoto; T5 – 200% do N proveniente do lodo de esgoto. Utilizou-se o lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí/SP. Cada parcela teve 100 m<sup>2</sup> com um espaço de 3 m entre uma parcela e outra do mesmo bloco. A cultura da aveia foi avaliada dos 60 aos 120

dias após a semeadura, em intervalos de 15 dias, a produtividade de matéria seca, o teor de C, o teor de N, a relação C/N, a quantidade de C e N. No final deste ensaio foi efetuada uma análise de solo para fins de avaliação da fertilidade do solo. Para a cultura do feijão foram avaliados a diagnose foliar no florescimento, o acúmulo de nutrientes no grão, o estande final da cultura, o rendimento de matéria seca e o rendimento de grãos. No tritcale foram avaliados o estande inicial e final, diagnose foliar, acúmulo de nutrientes nos grãos, rendimento de matéria seca e de grão e a massa de mil grãos. Para o girassol foram avaliados o estande da cultura, a altura média de plantas, o diâmetro médio de caule e o número de folhas no desenvolvimento da cultura, produtividade de grãos, a massa de mil grãos, o teor de óleo nos grãos, o rendimento de óleo, a diagnose foliar e a exportação de nutrientes pelo grão, o rendimento de matéria seca da folha, caule e capítulo. No trigo foram avaliados o estande da cultura, a diagnose foliar e o acúmulo de nutrientes no grão, o rendimento de matéria seca da planta, o rendimento de grãos, peso de mil grãos e o peso hectolítrico (PH). Com o aumento da dose de lodo de esgoto houve um decréscimo do pH do solo e um aumento da matéria orgânica, P, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na profundidade de 0 a 20 cm. Com o aumento da dose de lodo de esgoto promove um incremento no rendimento de grão e da matéria seca em todas as culturas utilizadas em rotação. O não fornecimento do N promoveu o menor rendimento. O aumento de dosagens de dose de lodo de esgoto promove uma maior exportação de todos os nutrientes.

Palavras chaves: matéria orgânica, nitrogênio, nutrição mineral de plantas, fertilidade do solo e rendimento de grãos

## MANAGEMENT SEWAGE ALUDGE IN CROP ROTATIONS NO-TILLAGE SYSTEM

Botucatu, 2010. 198p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Thomaz Figueiredo Lobo

Adviser: Helio Grassi Filho

Co – Adviser: Leoanardo Theodoro Büll

## 2 SUMMARY

The final display of sewage sludge has been characterized as one of the most relevant environmental problems in the cities; it daily increases in both developed and developing countries, resulting in larger collection networks and increased treatment levels. The aim of this study was to use compost sewage sludge as N supply for crop rotation system, assessing the development, nutrition and productivity of treated cultures and the improvement of soil fertility. The experiments were carried out in São Manuel Farm, which belongs to the School of Agronomical Sciences, UNESP, Botucatu Campus, and is located in São Manuel Municipality, São Paulo State, Brazil. Before the experiment establishment, 2 consecutive sunflower cycles were sown in December 2004 and November 2005, respectively, including sewage sludge application, and wheat and triticale were cultivated to assess the residual effect of those two applications in April 2006. The assays in the present study were done in crop rotation system (oat, bean, triticale, sunflower and wheat). Direct planting system was used only for the first cultivation; oat was in conventional system with treated sewage sludge. The remaining assays included compost sewage sludge. The adopted experimental design was in randomized blocks constituted of 6 treatments and 5 replicates. Treatments were: T0 – mineral fertilization according to Technical Bulletin 100, but without N; T1 – chemical fertilization according to IAC Technical Bulletin 100; T2 – 50% N from sewage sludge and the remaining N from chemical fertilization; T3 – 100% N from sewage sludge; T4 – 150% N from sewage sludge; T5 – 200% N from sewage sludge. The employed sewage sludge was from the Sewage Treatment Plant in Jundiaí Municipality, São Paulo State. Each plot was 100 m<sup>2</sup> with 3m spacing between plots in one same block. Oat culture was assessed

from the 60<sup>th</sup> to the 120<sup>th</sup> day after sowing at 15-day intervals as to dry matter yield, C content, N content, C/N ratio, and C and N quantity. At the end of this assay, a soil analysis was carried out to assess soil fertility. As regards bean crop, leaf diagnosis during flowering, nutrient accumulation in the grain, crop final stand, dry matter yield, and grain yield were assessed. Triticale was evaluated as to initial and final stand, leaf diagnosis, nutrient accumulation in the grains, dry matter yield, grain yield, and thousand-grain mass. For sunflower, evaluations included crop stand, plant mean height, stem mean diameter and leaf number in the crop development, grain yield, thousand-seed mass, oil content in the grains, oil yield, leaf diagnosis, nutrient exportation by the grain, and leaf, stem and capitulum dry matter yield. As regards wheat, crop stand, leaf diagnosis, nutrient accumulation in the grain, plant dry matter yield, grain yield, thousand-grain weight, and hectoliter weight (HW) were evaluated. Increasing sewage sludge levels led to decreased soil pH and increased organic matter, P, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn levels at 0 to 20 cm depth. In addition, the increasing sewage sludge levels resulted in increased grain yield and dry matter yield for all cultures used in rotation. When N was not supplied, the yield was lower. Increasing sewage sludge levels also increased the exportation of all nutrients.

Keywords: organic matter, nitrogen, plant mineral nutrition, soil fertility and grain yield

### 3 INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo muito pouco aproveitado no Brasil. Um grande parte deste resíduo são depositadas em aterros sanitários e não é feito o devido tratamento. Uma das maneiras de aproveitamento é na agricultura, tendo em vista que este resíduo apresenta um teor elevado de nutrientes essenciais para as plantas como o N, P, S, Cu, Fe, Mn e Zn. O nutriente que apresenta em menor quantidade é o K.

Por ser rico em N é feito o cálculo para este nutriente, considerando a sua mineralização. O N é o nutriente que as culturas necessitam em maiores quantidades. Grande parte deste nutriente está na atmosfera na forma de  $N_2$ , que a maioria das plantas não conseguem aproveitar, somente em alguns casos, através da fixação biológica de N pelas bactérias.

Uma outra forma de fixação de N é a industrial, porém esta depende de alta pressão e temperatura resultando em um custo elevado e para atingir estes quesitos dependendo da queima do petróleo e cada vez mais este processo terá um maior custo na retirada da matéria prima de locais cada vez mais profundos.

As principais questões ambientais na utilização do lodo de esgoto na agricultura são: apresenta uma elevada quantidade de N na forma de nitrato ( $NO_3^-$ ) que apresenta carga negativa e como o solo apresenta uma maior quantidade de cargas negativas em relação às positivas este N será dificilmente adsorvido nos colóides do solo, e conseqüentemente, se as raízes das plantas não absorverem poderão contaminar o lençol freático, por este motivo que a recomendação do lodo de esgoto é feita de acordo com a quantidade de N presente no lodo e a quantidade de N que a cultura necessita. Fazendo desta maneira pode-se minimizar este problema, quanto à contaminação com elementos tóxicos,

devendo-se procurar aplicar lodo que apresente baixas quantidades destes elementos. Uma das maneiras para evitar é a utilização de lodo doméstico e em solos com pH corrigido para diminuir a disponibilidade desses elementos tóxicos. Quanto aos problemas de patógenos devemos procurar utilizar lodo compostado já que neste processo a temperatura atinge a 70°C, eliminando grande parte de patógenos.

Regiões de clima tropical e subtropical apresentam predominância de solos muito intemperizados, com baixo teor de matéria orgânica e nutriente disponíveis. Nessas situações, o uso agrícola de resíduos orgânicos como lodo de esgoto pode ser vantajoso. Os solos altamente intemperizados são profundos e pode haver uma inversão de carga à medida que a profundidade vai aumentando, com isso poderá ser adsorvido o nitrato nos colóides dos solos em uma maior profundidade.

Diversos trabalhos realizados com as culturas de cana-de-açúcar, milho, sorgo, soja, eucalipto, mamona, trigo, algodão, girassol, etc, em condições de casa de vegetação ou em campo, mostram que o lodo de esgoto pode ser utilizado na agricultura, respeitando os níveis de aplicação.

O objetivo deste trabalho foi utilizar o lodo de esgoto compostado como uma alternativa de fornecimento de N em sistema de sucessão de culturas avaliando o desenvolvimento, nutrição, produtividade das culturas trabalhadas e a melhoria da fertilidade do solo.

## **4 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Lodo de esgoto**

#### **4.1.1 Obtenção do material orgânico**

O lodo de esgoto é proveniente de estação de tratamento biológico das águas servidas, com predominância de esgotos domésticos sobre os industriais e os níveis de metais pesados e patógenos, permanecem dentro das faixas aceitáveis para o seu uso agronômico (CETESB, 1999).

Para Sommers (1977) os fatores determinantes da composição química do lodo de esgoto são os métodos de tratamentos, a variabilidade sazonal, o tipo e o grau de industrialização da região onde são gerados os esgotos.

#### **4.1.2 Utilização do lodo de esgoto**

A disposição final do lodo de esgoto vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, e que cresce diariamente tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, com reflexos da ampliação das redes de coleta e incremento dos níveis de tratamento (PEGORINI et al., 2003).

A maior preocupação para a utilização de lodo de esgoto na agricultura é o aumento da concentração de elementos tóxicos no solo. Vários destes elementos são essenciais para as plantas. Em concentrações tóxicas, metais e outros agentes potencialmente poluentes, podem inibir a atividades enzimáticas essenciais, induzir a geração de espécies ativas de oxigênio nas células microbianas, e alterar a estrutura das comunidades

microbianas. Em pequenas quantidades, alguns metais pesados são benéficos e indispensáveis para o desenvolvimento vegetal e/ou animal, no entanto, quantidades superiores podem ser tóxicas (BERTON, 2000).

O acúmulo de elementos tóxicos em solos agrícolas, devido a aplicações sucessivas de lodo de esgoto, é um dos aspectos que causam maior preocupação com relação à segurança ambiental necessária para a viabilização desta prática. Esses elementos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através da própria planta ou pela contaminação da água da superfície e da sub superfície (CHANG et al., 1987).

Na dose de 30 ton ha<sup>-1</sup> de lodo, base úmida, há viabilidade econômica para dois cultivos de soja, com retorno de R\$ 0,15 para cada R\$ 1,00 investido no lodo como fertilizante. Na cultura do milho o retorno pode chegar a R\$ 0,90 (EMBRAPA, 2007).

#### **4.1.3 Lodo de esgoto na agricultura**

O uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado hoje como alternativa promissora de disposição final deste resíduo, devido a sua sustentabilidade, ou seja, com a sua utilização pode-se diminuir a adubação mineral e fornecer uma fonte orgânica (ROCHA, 1998) e seu efeito pode ser potencializado, aliando-se a utilização agrícola e a recuperação de áreas degradadas.

Devido as suas propriedades físico-químicas, o lodo de esgoto pode ser utilizado em áreas degradadas a fim de recuperar as características necessárias para o desenvolvimento da vegetação. Nos EUA, sua aplicação nessas áreas chega a atingir dosagens de até 495 t ha<sup>-1</sup> (EPA, 1995).

Oliveira et al. (1993) verificaram que o aumento das doses de lodo de esgoto no solo promoveu uma absorção significativa de N, P, Ca e Mg em plantas de sorgo grânifero. Entretanto, Wisniewski et al. (1996) estudando a viabilidade do uso do lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas pela mineração de calcário, relataram que o lodo parece ser mais indicado para melhorar as condições físicas do solo do que para fornecimento de nutrientes para a planta.

Barbarick et al., (1995) conduziram experimentos, em dois tipos distintos de solos. Neles realizaram, aplicações anuais alternadas, ano sim ano não, de 0; 6,7; 13,4 e 26,8 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto na base seca e cultivaram planta de trigo em todos os anos. Os metais avaliados nos grãos foram: Cd, Cu, Mo, Ni, Pb e Zn. Os teores encontrados para Cd e Pb ficaram abaixo dos limites de sensibilidade do método de análise química empregado. Os teores de Cu e Zn apresentaram aumentos. Em relação ao tratamento controle, os teores encontrados foram de 1,34 e 2,05 mg kg<sup>-1</sup> superiores para Cu e Zn, respectivamente. Quanto aos teores de Ni nos grãos de trigo, estes aumentaram linearmente com as quantidades acumuladas do elemento no solo, através de inúmeras aplicações realizadas. Não se observou qualquer efeito das aplicações em relação aos teores de Mo nos grãos.

Berti & Jacobs (1996) passaram a cultivar milho, sorgo e soja em solos que receberam lodo de esgoto, num período de 10 anos, por 6 anos consecutivos após a última aplicação de resíduos. As doses de lodo de esgoto aplicadas durante há primeira década variaram de 0 a 870 t ha<sup>-1</sup>. As maiores doses contribuíram, em termos de metais pesados com os seguintes valores: 21 kg ha<sup>-1</sup> de Cd; 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de Cr; 1.800 kg ha<sup>-1</sup> de Cu; 2.100 kg ha<sup>-1</sup> de Ni e 11.300 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. As doses mais baixas de lodo de esgoto proporcionaram superioridade nas produtividades de grãos na cultura de milho e sorgo. Entretanto a dose mais elevada registrou quedas significativas da produtividade destas culturas. Esses resultados foram atribuídos ao efeito tóxico exercido pelo Zn, que teve seu teor aumentado em 6 vezes nas folhas, em 50% nos grãos de milho e de 3 vezes nas folhas de sorgo, e de Ni, que teve um aumento de 15 vezes nas folhas e 10 vezes nos grãos do milho, além de aumentar aproximadamente 4 vezes nas folhas de sorgo.

Devido às poucas certezas sobre o comportamento destes elementos no meio edáfico (MATTIAZZO-PREZOTTO & GLÓRIA, 2000), os níveis adicionados aos solos através dos lodos devem ser rigorosamente controlados, particularmente sobre condições de clima tropical, característico do Brasil como um todo, caracterizado pela alta velocidade de degradação de materiais orgânicos e por não ter disponíveis estudos suficientes sobre o comportamento de metais aplicados através de resíduos.

Assim, a caracterização dos lodos de esgotos quanto ao conteúdo de metais pesados deve constituir etapa preliminar e indispensável no processo de avaliação da viabilidade do uso agrícola. O controle de metais presente no lodo de esgoto é o passo inicial

de um programa de reciclagem, visando a minimização do acúmulo destes elementos no solo, resultado da aplicação sucessiva de material contaminado (PEGORINI et al., 2003).

Em regiões de clima temperado, os nutrientes, predominantemente contidos no lodo de esgoto na forma orgânica, têm uma vantagem adicional em relação aos existentes nos de fertilizantes minerais, pois seriam liberados ao solo no decorrer do ciclo da planta, reduzindo dessa forma a lixiviação Walsh, (1979). Todavia essa liberação, considerada mais lenta em solos de clima temperado, pode não ser verdadeira em solos tropicais, onde a degradação da fração orgânica é mais rápida.

A imobilidade do Cu normalmente é atribuída à formação de complexos organo metálicos estáveis de baixa solubilidade (TAYLOR et al., 1995) e à ligação do metal às frações não tocáveis do solo, a chamada fração residual e a óxidos de Fe e Mn (MATOS et al., 1996; AMARAL SOBRINHO et al., 1997).

Os limites de elementos tóxicos no lodo de esgoto segundo o (CONAMA, 2006) seguem na tabela 1.

Tabela 1 Concentração máxima permitida no lodo de elementos tóxicos

| Substancias Inorgânicas | Concentração Máxima Permitida no lodo (mg kg <sup>-1</sup> base seca). |
|-------------------------|--|
| Ar                      | 41   |
| B                       | 1300   |
| Cd                      | 39   |
| Pb                      | 300  |
| Cu                      | 1500   |
| Cr                      | 1000   |
| Hg                      | 17   |
| Mo                      | 50   |
| Ni                      | 420  |
| Se                      | 100  |
| Zn                      | 2800   |

Fonte: CONAMA (2006)

Outro aspecto a ser considerado para o lodo de esgoto é que ele pode conter vetores de doenças para o homem e o animal (por exemplo, *Ascaris lumbricoides*, *Salmonelas typhi*, *S. paratyphi* e o vírus da pólio e da hepatite) (CETESB, 1999). Portanto, é necessário eliminar ou reduzir os patógenos presentes no lodo de esgoto ou então, simplesmente, não aplicá-lo em plantas de baixo porte, como hortaliças (BERTON, 1992). Dentre as opções para o tratamento sanitário do lodo de esgoto, para seu uso agrícola, tem-se

fabricação de fertilizantes organomineral (BETIOL et al., 1983), a mistura com calcário ou, então, a compostagem.

Melo & Marques (1992) constataram que a CTC do solo sofreu uma elevação até 230 dias após a aplicação de lodo de esgoto, decrescendo em seguida. Em dose de 32 t ha<sup>-1</sup> de lodo, Melo et al. (1994) verificaram que houve correlação entre a CTC do solo e o teor da fração húmina da MO, por um período de 230 dias. A partir deste período, a correlação não foi significativa, talvez porque a fração húmina sofreu polimerização e não tenha contribuído para cargas para a CTC. Em última análise esse fato se deve à natureza da matéria orgânica contida no resíduo, o que condicionará a sua velocidade de decomposição no solo.

Trannin (2004) verificou que com o aumento da dose de lodo de esgoto aumentou a matéria orgânica do solo principalmente após a segunda aplicação. Rivero et al., (2004), em estudos que objetivou avaliar o impacto do composto na qualidade de solo tropical, aplicaram, durante três anos, doses de 0, 37, 74, 148 e 444 Mg ha<sup>-1</sup> de composto a base seca, verificando, após este período, que a adição de composto aumentou a quantidade e a qualidade da matéria orgânica devido ao incremento de ácidos húmicos, o que resultou em melhoria na fertilidade do solo. Em solos tropicais, os efeitos da adição de lodo de esgoto sobre o carbono orgânico, quando ocorrem, são temporários (VAZ & GONÇALVES, 2002; CARMO, 2001), porem, alguns estudos tem verificado, em longo prazo, aumentos lineares nos teores de carbono no solo com aumento de doses de lodo de esgoto (OLIVEIRA et al., 2002; MARQUES, 1996). Dias (2005) concluiu em um de seus trabalhos que o teor e o estoque de carbono aumentou significativamente na camada superficial do solo (0-20 cm) com acréscimo de dose de lodo de esgoto aplicado.

A utilização de lodo de esgoto é uma prática altamente promissora para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentável. No entanto, normas rígidas pela elaboração de projetos devem ser seguidas para minimizar o impacto desta prática no ambiente, a norma técnica P4.240 (CONAMA, 2006).

O lodo de esgoto pode ser utilizado para recuperar áreas degradadas, cujos solos sofrem profundas alterações físicas e/ou químicas e conseqüentemente, apresentam condições impróprias ao desenvolvimento da vegetação. Normalmente aplica-se uma única vez, quantidades relativamente elevadas de lodo de esgoto nessas áreas, chega atingir até dosagem de 495 t ha<sup>-1</sup> (SHIROTTA & ROCHA, 1997).

Trabalhos realizados por Leslie (1970) e Mays et al. (1973), demonstraram que o crescimento vegetativo e a produção e grãos de várias culturas, em solos tratados com lodo, foram iguais ou superiores aos das mesmas plantas adubadas com fertilizantes minerais nas doses convencionais. Cunninchan et al. (1975) incorporando ao solo lodo de esgoto sem tratamento prévio, obtiveram aumento na produção de grãos de milho, que relacionou maior disponibilidade de N, P e K.

Um papel importante no uso agrícola do lodo de esgoto está associado ao seu papel de condicionador de solo, função principalmente do conteúdo orgânico do resíduo. Embora a matéria orgânica em solos minerais represente menos de 5% de componentes sólidos (SILVA et al., 2000), ela é responsável por cerca de 70% a 80% da capacidade de troca de cátions (CTC) em solos tropicais (RAIJ, 1969).

Aumentos na produção de plantas de cana-de-açúcar cultivadas em Terra Roxa Estruturada também foram observados por Silva et al. (1998) ao aplicarem um lodo de esgoto obtido na ETE da SABESP em Barueri.

Diversos trabalhos demonstram aumentos na produção de matéria seca e de grãos por espécies de interesse agrônômico cultivado em solos tratados com lodo de esgoto (DEFELIPO et al., 1991). Em alguns casos, os aumentos são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para a cultura (DA ROS et al. 1993; e SILVA et al., 2001). Apesar disso, a complementação potássica é freqüentemente apontada como imprescindível para a obtenção de boas produções (OLIVEIRA et al., 1995; SILVA et al. 2001), uma vez que o resíduo é pobre neste elemento.

A aplicação de lodo de esgoto em doses superior a 20 t ha<sup>-1</sup> proporcionou melhores resultados no desenvolvimento de sorgo granífero (OLIVEIRA et al., 1995). Em função de sua composição e de seu comportamento no solo, o lodo de esgoto liberou nutrientes que foram absorvidos pelas plantas de sorgo granífero (OLIVEIRA et al., 1995).

Berton et al. (1989) em estudos de casa de vegetação, com aplicação de lodo de esgoto em doses equivalentes a 0, 40 e 80 t ha<sup>-1</sup> (base seca), em cinco solos paulistas, constataram aumentos na produção de matéria seca e na absorção de N, P, Ca, Mg e Zn por plantas de milho, em função das doses

Em estudos de campo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, Marques (1990), comparando, por dois anos consecutivos, os efeitos da adubação convencional e da aplicação anual de 4, 8, 16 e 32 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (com 72% de umidade), complementado com K, sobre a produtividade e a qualidade industrial da cana-de-açúcar, concluiu que é possível a utilização do lodo na cultura como fertilizante, uma vez que não foram observadas diferenças, entre os tratamentos, para produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Marques (1996) estudando o efeito da adição de 40, 80 e 160 t ha<sup>-1</sup> de lodo (com 74% de umidade), combinado com 50 ou 100% do adubo NPK recomendado para a cultura de cana-de-açúcar, constatou que a aplicação de 40 t ha<sup>-1</sup> com 50% do adubo NPK promoveu produtividade da cultura semelhante à da adubação NPK convencional. Isso sugere que a utilização do lodo pode acarretar uma economia com fertilizantes minerais.

A utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principal benefício, a incorporação dos macronutrientes (N e P) e dos micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn e Mo) (BETIOL & CAMARGO,2007). Pode-se dizer que, normalmente, o lodo de esgoto é uma fonte de nutrientes para as culturas. No entanto, é preciso conhecimento da sua composição, para se calcular a quantidade adequada a ser incorporada, sem correr o risco de toxicidade as plantas e em certas situações aos animais e ao homem, como também não poluir o ambiente (CETESB,1999).

Com respeito à melhoria das condições físicas do solo, o lodo de esgoto, de maneira semelhante à matéria orgânica, aumenta a retenção de umidade em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos e por determinado tempo mantem a sua estrutura e estabilidade dos agregados na superfície (BETIOL & CAMARGO,2007).

Varias pesquisas conduzidas no país mostram que o lodo é um resíduo com perspectivas favoráveis para produção de plantas (BETIOL & CAMARGO, 2007).

A mobilidade dos elementos tóxicos depende muito da reação do solo, devendo ser mantido o pH em 5,5, para evitar que os elementos tóxicos possam ser absorvidos pela planta em maior quantidade e assim apresentem riscos. A medida que aumenta o tempo de contato do lodo com o solo, diminui o perigo da planta absorver em excesso estes elementos, porque estes ficam adsorvidos nos colóides do solo (BETIOL & CAMARGO, 2007).

A decomposição do lodo de esgoto pode provocar a elevação da condutividade elétrica da solução do solo acima dos níveis aceitáveis pelas plantas, em especial em regiões de baixa pluviosidade. Dentre os sais provenientes da decomposição do lodo, os de Na podem causar maiores problemas, pois ele pode substituir o Ca e o Mg no colóide do solo, dispersando a argila, destruindo os agregados e a estrutura dos solos e reduzindo a permeabilidade e a infiltração de água (BETIOL & CAMARGO, 2007).

O lodo de esgoto, quando suas características estiverem dentro das normas estabelecidas, pode ser aplicado na agricultura. Entretanto, há necessidade de monitorar os solos em relação a nitrato, elementos tóxicos, compostos orgânicos persistentes e patógenos humanos (BETIOL & CAMARGO, 2007).

Os lodos de esgotos produzidos no Brasil estão sendo utilizados em larga escala na agricultura, principalmente nas culturas de cana-de-açúcar, milho, café e eucaliptos. Entretanto, até o momento, apenas os lodos gerados pela CAESB/Brasília, SABESP/Franca, CSJ/Jundiaí, SANASA/Campinas e SANEPAR/Curitiba estão sendo utilizados na agricultura (BETIOL & CAMARGO, 2007).

#### **4.1.4 Fornecimento de N pelo lodo de esgoto**

O N contido no lodo de esgoto poderá restringir a taxa de aplicação mais do que teores de metais pesados, devido a mineralização de sua carga orgânica e subsequente à lixiviação de nitrato (OLIVEIRA, 2000), quando em doses acima de  $50 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ou equivalente em N, acima de  $300 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . A maioria dos nutrientes do lodo está na forma orgânica, como é destacado por Sabey (1980) e Munhoz (2001), sendo que apenas cerca de 30 a 50 % do N total esteja na forma prontamente aproveitável pelas plantas no primeiro ano.

Na ausência de norma específica para determinado resíduo orgânico, sugere-se, que a taxa de aplicação anual seja estabelecida pelo critério do N, conforme preconizado para o lodo de esgoto pela Norma P 4 230 da CETESB, (1999) considerando ser a lixiviação de nitrato o principal fator poluente em curto prazo.

Os lodos de esgotos são, de uma maneira geral, fertilizantes nitrogenados de liberação lenta. Além do N, os lodos de esgotos contém P e micronutrientes

essenciais, como Fe e Zn. Normalmente a concentração de K no lodo de esgoto é baixa para suprir as necessidades das culturas agrícolas. Quando aplicado em taxas agronômicas, os lodos de esgotos podem reduzir em muito o custo de produção, pela menor utilização de fertilizantes minerais solúveis. No Colorado (EUA), a constante aplicação de 7,5 ton ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto a cada dois anos resulta uma produção de trigo comparáveis com uma aplicação de 55-65 kg N por ha, na forma de fertilizante nitrogenado comercial. Na região metropolitana de São Paulo, estima-se uma produção de aproximadamente 500 t de lodo de esgoto seco por dia. Considerando-se uma média de 3% de N orgânico e uma taxa de mineralização de 20% ao ano, somente os lodos de esgotos da região metropolitana de São Paulo poderiam suprir 3 ton de N por dia (LAMBAIS & SOUZA,1999).

Silva (1995) avaliou o efeito fertilizante do lodo de esgoto em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Foram aplicados 20 e 40 ton ha<sup>-1</sup> de lodo (com 62% de umidade), em combinação com adubação NP, NK, PK e NPK, nas doses de 60, 80 e 100 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, e sem adubação. As doses de lodo aumentaram linearmente a produtividade de biomassa e de açúcar.

Simonete et al.(2003), observou que o N acumulado na parte aérea do milho aumentou com as doses de lodo de esgoto aplicada, independentemente das complementações minerais.

#### **4.1.5 Problemas ambientais causados pelo lodo de esgoto.**

A aplicação de fontes de matéria orgânica é uma das práticas utilizadas para induzir supressividade de solos a fitopatógenos. Solos supressivos são definidos como aqueles nos quais o desenvolvimento da doença é suprimido mesmo quando o patógenos é introduzido na presença de hospedeiro susceptível (BAKER & COOK, 1974).

Há muitos processos disponíveis para a desinfecção do lodo. Entretanto, não há um processo universalmente aceito, que seja ideal para a maioria das situações, como há para a desinfecção da água ou do esgoto (BETIOL & CAMARGO, 2007).

No Brasil, a disposição final do lodo geralmente é o aterro sanitário. Além do alto custo, que pode chegar a 50% do custo operacional de uma ETE, a disposição de um resíduo com elevada carga orgânica no aterro, agrava ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano. Em países da Europa e América do norte, o lodo geralmente é

incinerado, depositado em aterros sanitários ou utilizados em áreas agrícolas, dependendo das características do resíduo. Na maioria dos países existem normas que regulamentam o destino do lodo, garantindo uma disposição segura. A adição ao solo parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo e promove a reciclagem de matéria orgânicas e nutrientes (BETIOL & CAMARGO, 2007).

Na Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP) esta sendo conduzido um experimento interdisciplinar, de longa duração, com a finalidade de avaliar impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Estão sendo estudados os efeitos nas comunidades de organismos, nos teores de metais pesados, na mineralização de N e nas propriedades físicas e químicas do solo. Os solos estão recebendo a incorporação de diferentes dosagens de dois tipos de lodo de esgoto gerados pela SABESP, há cinco anos. Um é produzido na ETE de Franca, que trata esgoto essencialmente doméstico e outro na ETE Barueri, que trata tanto esgoto industrial como doméstico (BETIOL & CAMARGO, 2007).

Dentre os impactos estudados na comunidade de organismos, a ocorrência de doenças de plantas, causadas por microrganismos patogênicos que habitam o solo, constitui um dos mais importantes devido aos prejuízos que podem ocasionar os agricultores. Por ser rico em matéria orgânica, o lodo de esgoto pode colaborar no controle de doenças de plantas, principalmente pela capacidade de estimular os microrganismos benéficos que também habitam o solo. Entretanto, a aplicação do lodo tem efeitos diferentes para cada doença, podem estimular alguns fitopatogênicos (BETIOL & CAMARGO, 2007).

Após os cinco anos de aplicação de lodo e plantio de milho, foi verificado que ocorreu um aumento significativo da incidência da podridão do colmo, doença causado por *Fusarium*, com o aumento das doses dos lodos aplicados. Entretanto, quando os lodos foram aplicados na concentração recomendada, isto é, na dose para fornecer a quantidade de N semelhante ao tratamento com adubação mineral, foi baixa a ocorrência de doenças, demonstrando a importância de se aplicar à quantidade adequada de lodo. Entretanto estas doses nunca devem ser aplicadas, pois apesar do aumento da produção do milho, poderá ocorrer sérios problemas de desequilíbrio nutricional e contaminação do lençol freático por nitrato. Por outro lado, o resultado demonstra a necessidade de monitoramento da ocorrência das doenças em áreas onde ocorre o uso contínuo deste resíduo, pois poderá apresentar o problema em curto espaço de tempo (BETIOL & CAMARGO, 2007).

#### **4.1.6 Uso do lodo de esgoto ao longo do tempo**

Nos estudos que objetivaram avaliar o potencial do resíduo para ser aplicada ao solo, diferentes culturas foram beneficiadas em função da capacidade de corrigir o pH do solo, aumentar os teores de matéria orgânica e fornecer nutrientes as plantas. Este efeito manteve-se mesmo após dois anos de aplicação do lodo. O resíduo apresentou, entretanto, baixa taxa de degradação no solo, indicando que pode se acumular ao longo do tempo e, portanto, será um critério limitante para uma aplicação em larga escala. Os metais não acumularam como efeito residual da aplicação do lodo, ou seja, ao final de três anos de avaliações, não houve aumento da absorção pelas plantas, assim como não aumentou a disponibilidade no solo ao longo do tempo (TRINDADE, 2007).

Apesar do N orgânico de lodo de esgoto apresentar maior velocidade de mineralização no início da aplicação, o processo é contínuo, com decréscimo da taxa de mineralização até sua estabilização (PARKER & SOMMERS, 1983; BANERJEE et.al., 1997).

O lodo de esgoto pode liberar, à solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias a mineralização da matéria orgânica (BOEIRA, 2004).

Nos estudos que objetivaram avaliar o potencial do resíduo para serem aplicadas no solo, diferentes culturas foram beneficiadas em função da capacidade do lodo em corrigir o pH do solo, aumentar os teores de matéria orgânica e fornecer nutrientes as plantas. Este efeito manteve mesmo após dois anos de aplicação de lodo (TRINDADE, 2007).

## **4.2 Aveia**

### **4.2.1 Característica e importância da aveia**

A aveia pode ser a aveia preta (*Avena strigosa*) que é utilizada para alimentação animal e para a formação de palha para o plantio direto. A aveia branca (*Avena sativa* L.) ou amarela (*Avena byzantina* C) que é utilizada para a produção de grão.(FLARESCO & ALMEIDA, 1992).

O processo de decomposição dos resíduos da aveia é responsável pela liberação da maior parte dos nutrientes acumuladas na sua fitomassa. Fatores bióticos e

abióticos governam o processo de decomposição e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes. Dentre destes fatores, a relação C/N dos resíduos aportados ao solo assume importante papel da decomposição e imobilização/mineralização de N (JANSSEN, 1996). A imobilização torna-se o processo predominante a partir de uma faixa de relação C/N variável de 15 a 36, dependendo do tipo de planta e do estágio de maturação (PARMAS, 1975; BLOEMHOF & BERENDSE, 1995; JENSEN, 1997; KUDEYAROV, 1999). No entanto, de maneira geral se aceita que materiais com relação C/N em torno de 25:6 causam equilíbrio entre esses processos; os valores superiores causam a imobilização líquida, enquanto os valores inferiores promovem mineralização líquida de N (AITA, 1997).

Geralmente, a aveia preta apresenta elevada relação C/N da fitomassa, com valores de 32 a 48 (AITA et al., 1994; AMADO et al., 1999; FLEXA, 2000; GIACOMINI et al., 2000). Essas relações C/N são encontradas em situações em que a aveia é cultivada em solos com baixa capacidade de suprimento de N e em situações de ausências ou limitada adubação com este nutriente. Neste contexto, o processo de decomposição dos resíduos de aveia é limitado pela disponibilidade de N, havendo predominância da imobilização temporária desse nutriente no solo pela biomassa microbiana (DA ROSS & AITA, 1996; FLEXA, 2000). Como consequência, a nutrição e o rendimento da cultura em sucessão podem ser comprometidos (PÖTKER & ROMAN, 1994; AMADO et al., 1999)

Uma das razões importantes do cultivo de aveia está no controle de alguns microorganismos fitopatogênicos. A biomassa da aveia também apresenta controle alelopático sobre várias plantas daninhas (FORSBERG & REEVES, 1992).

#### **4.2.2 Exigência em N e efeitos na produção da aveia**

Em muitas situações, o desenvolvimento desta gramínea é limitado pela baixa disponibilidade de N no solo. Neste contexto, a adubação nitrogenada pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência da aveia preta como cultura de cobertura no sistema de plantio direto (SANTI et al., 2003).

A relação C/N do resíduo da aveia diminui, aproximadamente em uma unidade a cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na aveia.

Segundo Santi et al., (1998) observaram que a produção de fitomassa de aveia teve um aumento até a dosagem de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e a relação C/N da fitomassa houve

um decréscimo com o aumento da dose de N, com a dose 0 a relação C/N foi 50 e com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> foi de 20.

O N é o nutriente que tem maior efeito no crescimento da aveia e o que, freqüentemente, mais limita a sua produção de fitomassa. A disponibilidade de N estimula o crescimento e a atividade radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes (OLSON & KURTZ, 1982; YANAI et al., 1996) e na quantidade de matéria seca produzida pela aveia (SANTI, 2001), isto se deve ao incremento no número de afilhos da aveia preta quando fertilizada com este nutriente.

Flecha (2000), avaliando doses de N (0 a 60 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas no perfilhamento da aveia preta, concluiu que a produção de matéria seca aumentou linearmente com as doses utilizadas. Para solos de baixa fertilidade, a comissão de fertilidade do solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina recomendam a adubação de 140 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Krzywy & Woloszyk (1984) avaliaram doses de N aplicadas na aveia (0 a 150 kg ha<sup>-1</sup>), por um período de 3 anos, sobre a produção de matéria seca sobre os teores totais de N, P e K acumulados na fitomassa. Os autores observaram que a produção de matéria seca da aveia respondeu até a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, entretanto, as concentrações de N e K na matéria seca foram crescentes até a dose máxima de N aplicada, enquanto o teor de P manteve-se constante. Isto é um indicativo de que a limitação de N pode comprometer a capacidade da aveia reciclar outros nutrientes, que foram adicionados ou já se encontravam disponíveis no solo.

Santi et al., (2003) observaram um aumento da produção de matéria seca da aveia até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> acima de 180 kg ha<sup>-1</sup> a produção de matéria seca começou a diminuir a produção. Na ausência de N observaram que a produção de matéria seca foi 56% inferior do que da produção máxima. Segundo os autores o aumento da disponibilidade de N levou ao decréscimo na relação C/N dos resíduos produzidos pela aveia, sendo uma eficiente estratégia de incremento na quantidade e na qualidade dos resíduos aportados ao solo no sistema de plantio direto.

Visando a produção de forragem com aveia, Hukkei et al. (1977) trabalharam com três doses de N (30, 50 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) e três níveis de água, com irrigação efetuada quando a água disponível no solo, na profundidade de 15 a 30 cm, atingia 25, 50 e 75%. Em três anos de estudo concluíram ser positivo a interação de N e água, com produção

máxima para o tratamento 75%. Quanto ao N, apresentou respostas quadráticas com produtividade máxima para 80 kg ha<sup>-1</sup>.

A relação C/N do resíduo da aveia diminuiu, aproximadamente em uma unidade a cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na aveia.

Segundo Santi et al., 1998 observou que a produção de fitomassa de aveia teve um aumento até a dosagem de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e a relação C/N da fitomassa houve um decréscimo com o aumento da dose de N, com a dose 0 a relação C/N foi 50 e com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> foi de 20.

#### **4.2.3. Uso do lodo de esgoto na aveia**

Da Ross et al. (1993) avaliaram como efeito residual do lodo de esgoto após a retirada do milho, na cultura da aveia consorciada com a ervilhaca. O lodo aplicado apresentava as seguintes características: 92% de umidade, 3.535 ppm de N-total; 510 ppm de N amoniacal; 276 ppm de P; 322 ppm de K; pH= 7,2, C= 18.400 ppm. Os níveis de lodo de esgoto foram 0, 20, 40, 80 e 160 ton ha<sup>-1</sup> (base úmida). O rendimento de matéria seca da parte aérea da associação aveia e ervilhaca e o rendimento de grãos de aveia aumentaram significativamente com as doses de lodo aplicadas no cultivo anterior. O aumento para cada tonelada de lodo adicionada no cultivo anterior foi de 17,4 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de matéria seca da associação e de 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de aveia.

### **4.3 Feijão**

#### **4.3.1 Exigência em N e efeitos na produção do feijão**

O N é um nutriente fundamental para a cultura do feijoeiro é elemento de alta mobilidade no sistema solo-planta-atmosfera, perdendo facilmente por volatilização ou lixiviação e além disso, os adubos nitrogenados têm baixa eficiência e alto custo de sintetização, o que permite considerar que sua utilização sem critério, além de elevar o custo do produto final, pode contaminar o ambiente (BALOTA, 1997).

No plantio direto na palha, o N é um nutriente de respostas variadas, nem sempre de acordo com o esperado para a cultura do feijoeiro (PIASKOWSKI et al., 2000).

O feijoeiro requer quantidades altas de N e K e quantidades relativamente baixas de P, Ca, Mg e S. Estes nutrientes são obtidos dos solos e dos fertilizantes aplicados com exceção do N, que pode ser fornecido pela fixação biológica de N pela simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (EMBRAPA, 1993).

Existe um descrédito quanto a capacidade do feijoeiro fixar N atmosférico em quantidades suficientes para suprir a exigência da produção. Em associação com *Rhizobium*, é recomendado indistintamente o uso de N para a cultura (EMBRAPA, 1993). Entretanto, resultados de vários anos de pesquisa apontam na direção contrária, sugerindo que é possível que a cultura do feijoeiro se beneficie, em nível de campo, da fixação do N (OLIVEIRA et al., 1996).

Rosolem (1987) afirmou que a fixação de N é máxima entre 60 e 70 dias após a emergência, mas é relativamente baixa entre 40 e 50 dias, época em que a exigência da planta é máxima, o que em parte explica o grande número de experimentos que apresentam respostas positivas à adubação nitrogenada. O mesmo autor concluiu que a variação entre os teores de N fixado que tem sido encontrado é muito grande, dependendo das condições experimentais e também na atividade específica dos nódulos.

Altos níveis de N mineral reduzem o número de nódulos, inibindo o seu desenvolvimento e a fixação biológica de N em feijoeiro (ALLOS & BARTHOLOMEW, 1985).

A necessidade de N para adubação de cobertura do feijoeiro cultivadas em condições de plantio direto, em que os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C/N superior a 30/1), deve ser maior que 80 kg ha<sup>-1</sup>. A influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre o rendimento das culturas é bastante reconhecida na literatura, inclusive com indicações de que a quantidade de N nessas condições, num mesmo solo, deva ser de 20 a 25% superior (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Barbosa Filho et. al., (2001) compararam fonte de N uréia e sulfato de amônia e constatou que não houve diferença significativa entre as fontes de N no feijoeiro.

A aplicação da uréia em duas vezes, aos 15 e 30 dias de emergência das plântulas, e em tres vezes, aos 15, 30, 45, resultou em rendimentos de grãos de feijão superiores, comparado com uma única aplicação aos 30 dias (BARBOSA FILHO et al. 2001).

O feijoeiro irrigado pode responder a dose de N em cobertura acima de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  e que é necessário parcelar a dose de duas a três vezes durante o ciclo. (BARBOSA FILHO et al. 2001).

A aplicação de uréia fertilizante mineral na superfície do solo, seguida de irrigação é a opção mais econômica de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Buzetti et al. (1992) constataram aumento linear na produtividade de grãos de ordem de 4,33 Kg de grão para cada kg de N aplicado. O parcelamento da aplicação (20 e 40 dias de emergência) aumentou a massa e a produtividade de grãos.

Silveiro & Damasceno (1993) verificaram aumento da massa de matéria seca, teor e conteúdo de N na parte aérea e de vargem por planta com a aplicação de doses crescentes de N. A produtividade de grãos obedeceu a uma função quadrática, atingindo o máximo com  $72 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Carvalho et al. (2001), estudando parcelamentos (0 e 0; 0 e 75; 15 e 60; 30 e 45; 45 e 30; 60 e 15 e 75 e 0  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente, na semeadura e cobertura) em feijão de inverno, na região de Seviria, MS, concluíram que a aplicação de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N proporcionou em média, incrementos de 38% na produtividade; que o N aplicado na semeadura e na cobertura não teve efeito significativo na produtividade.

#### **4.3.2 Uso do lodo de esgoto no feijão**

DECHAMPS e FABVORETO (1997), avaliando a aplicação de lodo de esgoto complementando com fertilizante mineral na cultura do feijão o rendimento foi inversamente proporcional ao aumento da dose de lodo de esgoto e a maior produção foi obtida com a adubação mineral.

Vieira et al., (2004) demonstraram que a aplicação de fertilizantes nitrogenadas no feijoeiro pode ser substituída por quantidades adequadas de lodo de esgoto e ficou também evidenciado que a aplicação de lodo pode estimular a nodulação e a fixação simbiótica de  $\text{N}_2$  pelas estirpes nativas de rizobio no feijoeiro.

## 4.4 Girassol

### 4.4.1 Exigência em N e efeito na produção de girassol

O N é o nutriente que mais limita a produção do girassol. É nutriente essencial para o crescimento das plantas. O N é transformado em composto orgânico se acumulando nas folhas e caules para depois ir para o grão e a semente. Uma boa nutrição nitrogenada promove um bom desenvolvimento foliar antes da floração (ORDONEZ, 1990).

O N é, em muitas condições, o elemento que leva a maiores respostas em produção. As recomendações de adubação nitrogenada de cobertura variam de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Como esse elemento é extraído pela cultura em grandes quantidades e não apresenta efeito residual direto no solo, a produtividade esperada é um componente importante para a definição das doses de N. O histórico da área e a cultura anterior também devem ser considerados para a definição de adubação nitrogenada (CANTARELA, 1985), incluindo o tempo e o sistema de cultivo, a reserva de N disponível no solo presentes nos restos de culturas e na fração orgânica humificada, condições gerais de fertilidade do solo, época de cultivo e potencial produtivo da cultura. O aproveitamento pelas culturas em sucessão depende da velocidade de mineralização de resíduos orgânicos, mas seguramente uma parte deste nutriente será disponibilizada e absorvida, sendo considerada nas recomendações de adubação das culturas de milho (COELHO et al., 2005).

Uma carência de N retarda e reduz o crescimento das plantas. Em seguida pode ocasionar uma clorose geral. A clorose afeta principalmente as folhas velhas, devido à alta mobilidade do N dentro da planta (ORDONEZ, 1990).

O excesso de N pode também reduzir o teor de óleo na semente, porém pode aumentar o teor protéico (CASTRO et al., 2005).

O N é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, acumulando 130 kg ha<sup>-1</sup>, atrás somente do K, porém grande quantidade de K é retornada ao solo, através dos restos culturais. Nos tecidos, a concentração de N varia dependendo do genótipo, de 35 a 50 g kg<sup>-1</sup> nas folhas e de 4 a 10 g kg<sup>-1</sup> no caule, no período de início de florescimento e o enchimento dos grãos. Segundo Lantmann et al (1985) quando cultivada em sucessão a soja seria necessário apenas 40 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na cultura do girassol para

obter boas produtividades. Esse resultado demonstra não só o efeito isolado da aplicação do N, como também, do aproveitamento do N simbiótico proveniente da soja.

Avaliações experimentais indicam que a produção máxima de girassol é alcançada com 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, contudo, com aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N obtém-se 90% da produção relativa máxima, correspondendo à quantidade do nutriente economicamente mais eficiente (SMIDERLE et al., 2002).

Quagio & Ungaro (1997) indicam para o Estado de São Paulo, a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo 10 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 40kg ha<sup>-1</sup> em cobertura aos 30 dias após a emergência. Para o Estado de Minas Gerais recomenda-se aplicar 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo que 20 kg no plantio e 40 kg de N em cobertura de 45 a 50 dias após a emergência (COMISSÃO, 1989).

Considerando que o girassol absorve 50 kg de N para uma produção de 1000 kg de sementes, e que parte do fertilizante aplicado não é aproveitado pela planta, devem-se adicionar quantidades superiores à absorvida. Por isso sugere-se a utilização de 60 kg de N na adubação do girassol, para a produção de 1000 kg ha<sup>-1</sup>, lembrando que temos cultivares que tem potencial para até 5000 kg ha<sup>-1</sup>. O N deve ser fornecido ¼ no sulco de plantio e ¾, 50 dias após o plantio Lantmann et al. (1985).

Não ha, entretanto, um consenso a respeito do nível ótimo de adubação nitrogenada para se obter um máximo rendimento da cultura do girassol, aparentemente, a resposta do girassol a diferentes níveis de N depende da cultivar e das condições ambientais. Assim, na literatura são citadas doses que variam de 60 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N para se obter o máximo desenvolvimento e produção.

Carelli et al., (1996), observaram em um de seus experimentos que a produção de sementes aumentou com a adubação nitrogenada, atingindo valores máximos com 110 kg ha<sup>-1</sup> de N, e decrescendo a seguir, adubações de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N reduziram as produções em 17 a 21%, respectivamente.

O excesso de N além de aumentar os custos com os fertilizantes, pode ocasionar diminuição do teor de óleo, a planta torna-se mais sensível ao ataque de pragas e doenças, porem favorece o acúmulo de proteínas nas sementes e que para a alimentação animal é interessante (GOMES-ARNAU, 1988; DIAZ- ZORITA, 1995; LEITE, 1997).

Levando-se em consideração a grande importância do rendimento de óleo para as agroindústrias, existe a possibilidade futura que a produção de girassol seja remunerada por essa qualidade. Assim, além dos fatores genéticos e climáticos, o conhecimento do efeito do N sobre a produtividade e o teor de óleo é decisivo para a definição de adubação, com aplicação de quantidades adequadas do nutriente que podem resultar em um melhor equilíbrio entre a produtividade de grão e rendimento de óleo (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

#### **4.4.2 Uso do lodo de esgoto no girassol**

Lobo & Grassi Filho (2007) obtiveram resultados do diâmetro médio dos capítulos de girassol no tratamento que recebeu 200% de N recomendado para a cultura via lodo de esgoto e no tratamento que recebeu 50% de N proveniente de lodo de esgoto e 50% de N mineral, acredita-se que a cultivar utilizada (HELIO 251) necessita uma quantidade superior de N do que o recomendado, para responder até 200% de N e quando foi utilizado 50% de N antes da semeadura de lodo e 50% mineral em cobertura, acredita-se que quando aplicou o N em cobertura ocorreu uma maior mineralização do N do lodo de esgoto.

Lobo & Grassi Filho (2007) obtiveram rendimento de grão variando entre 3.127 para 5.125 kg ha<sup>-1</sup> conforme os tratamentos com a adubação de lodo de esgoto. Os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos que receberam a maior quantidade de lodo de esgoto e no que recebeu metade do N proveniente do lodo de esgoto e a outra metade do N proveniente da adubação mineral.

Deschamps & Favaretto (1997) observaram em um dos seus ensaios com lodo de esgoto em girassol que os resultados de produtividade na cultura do girassol mostraram que o lodo de esgoto pode ser utilizado como fonte de adubação orgânica substituindo 100% a quantidade de N recomendada, sem prejuízos em termos de rendimento quando comparado a adubação mineral.

Lobo (2006), observou que com o aumento de doses de lodo de esgoto e sem utilização de adubo nitrogenado, não houve diferença nos teores de óleo, porém houve diferença do rendimento de óleo sendo superiores nos tratamentos que receberam lodo de esgoto em comparação aos tratamentos que não receberam lodo de esgoto.

Lobo & Grassi Filho (2009), observaram que os teores dos nutrientes nas sementes não alteraram com as dosagens de lodo de esgoto comparados com a utilização de N mineral, porém alterou na quantidade de nutrientes exportados, isto foi devido ao efeito diluição, ou seja os tratamento que produziram mais exportaram mais nutrientes.

Lobo & Grassi Filho (2007) observaram que o comportamento da produção de massa de matéria seca de caule + folha, capítulo e total mostraram uma resposta significativa ao aumento da dose de lodo de esgoto aplicada.

## **4.5 Trigo e triticale**

### **4.5.1 Características e importância do trigo e triticale**

O trigo, planta da família das gramíneas foi uma das primeiras espécies a serem cultivadas pelo homem, estando associada ao desenvolvimento das civilizações antigas e da agricultura moderna. Devido a sua grande variedade de cultivares, aproximadamente 17 mil, o trigo pode ser cultivado em quase toda à parte do planeta. Por isso, é, entre todas as culturas alimentícias, a de maior área semeada, representando em torno de 20% de toda a área mundial cultivada, e sua comercialização internacional é maior que a soma dos demais grãos alimentícios (FORNESIERI FILHO, 2008).

Para os profissionais da área de saúde e nutrição humana, os alimentos a base de trigo deveriam estar presente em quase todas as refeições diárias. Com a industrialização exagerada dos alimentos se reduz o teor de fibra da dieta humana, favorecendo o surgimento de doenças como prisão de ventre, hemorróidas e câncer do cólon e do reto. As chances de desenvolver essas doenças poderão ser diminuídas com o uso de uma alimentação integral e rica em fibras. O farelo de trigo, sub produto da farinha branca, rico em fibras e usado na fabricação de rações para animais, pode ser um remédio barato e eficiente contra esses males. Na impossibilidade de aquisição do farelo de trigo, o uso de produtos a base de trigo integral apresenta efeitos semelhantes ao do farelo. O germe de trigo é um alimento ideal para ser usado no caso de desnutrição e na recuperação do desgaste físico dos atletas, sendo muito utilizado pela indústria farmacêutica, para a extração de óleo e vitaminas (SILVA et al., 1996).

O trigo é classificado em cinco classes o trigo brando, trigo pão, trigo melhorador, trigo durum e trigo para outros usos. O trigo brando é enquadrado os grãos de genótipos de trigo aptos para a produção de bolos, bolachas (biscoitos doces), produtos de confeitarias, pizzas e massa do tipo caseira fresca. O trigo pão está os grãos de genótipos de trigo com aptidão para a produção do tradicional pãozinho (do tipo francês ou d'água) consumido no Brasil. Esse trigo também pode ser utilizado para a produção de massas alimentícias secas, de folhados ou em uso doméstico, dependendo de suas características da força do glúten. O trigo melhorador envolve os grãos de genótipos de trigo aptos para mesclas com grãos genótipos de trigo brando, para fins de panificação, produção de massa alimentícia, biscoito do tipo crackers e pães industriais (como pães de forma e pães para hamburger). O trigo durum especialmente das espécies *Triticum Durum* L., estão os grãos de genótipos de trigo para a produção de massas alimentícias secas (do tipo italiana), Poe apresentar um alto teor de glúten (Scheeren e Miranda, 1999).

Desde o século XIX, cientistas, professores e melhoristas práticos dedicaram-se a estudar a viabilidade de se produzir uma cultura que apresentasse a rusticidade do centeio e a qualidade do trigo, este último considerado um cereal nobre, enquanto o primeiro é qualificado como inferior daí surge o tritcale (BAIER, 1988).

#### **4.5.2 Exigência em N e efeitos na produção de trigo**

O suprimento inadequado de N é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do trigo, pois o mesmo exerce importante função nos processos bioquímicos da planta. Ele é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromo e da clorofila. Além disso, afeta a taxa de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (SCHORODER et al., 2000). A maior parte do N na folha está associada ao cloroplasto (ao redor de 60% do N da folha), e estas proteínas estão sujeitas ao desdobramento e à remobilização dos aminoácidos resultantes (BELOW, 2002). O N é importante no estado inicial de desenvolvimento da planta, pois o fertilizante nitrogenado atua na síntese da citocinina, fundamental para o desenvolvimento da parte aérea (FORNESIERI FILHO, 2008).

Para obter rendimentos elevados de trigo, é necessário aplicar fertilizantes nitrogenados, pois os solos, em geral, não suprem a demanda da cultura em

termos de N nos diversos estágios de desenvolvimento da planta. Sabe-se que a produção de grãos é dependente de três componentes: número de espiga por hectare, número de grão por espiga e do peso individual do grão (FORNESIERI FILHO, 2008).

O número de espiga por área na cultura de cereais depende da densidade de semeadura e da capacidade de perfilhamento. O perfilhamento, embora seja geneticamente controlado, é muito dependente de fatores ambientais. Condições de dias curtos associados com elevadas intensidades de luz, baixa temperatura e elevado fornecimento de N favorecem o perfilhamento, por interferirem na atividade de fito-hormônios. Condições de dias longos e de elevadas temperaturas estão associadas com a elevada produção de auxinas (IAA) no ápice do colmo de plântulas de cereais, o que induz a produção de etileno, inibindo o crescimento de gemas laterais e, portanto a formação de perfilhos. As citoquininas, que são sintetizadas a partir de aminoácidos, por sua vez, promovem o crescimento de gemas e perfilhos. Desta forma, o efeito estimulante do N no perfilhamento é provavelmente, devido ao efeito do nutriente na síntese de citoquininas (MENGEL & KIRBY, 1982).

O tamanho do grão ou o peso unitário do grão, é geneticamente controlado, mas também é dependente de fatores ambientais influenciando no processo de enchimento de grão durante a fase de maturação. No decorrer dessa fase de desenvolvimento, as espigas e os grãos atuam como dreno fisiológico. Os fotossintatos necessários para atender esse dreno fisiológico provem principalmente da atividade fotossintática pós florescimento das folhas, em especial a folha bandeira, e em menor extensão das cascas e das ariscas da própria espiga. A proporção de carboidratos que são sintetizados antes do florescimento e armazenados no colmo e nas folhas durante a fase vegetativa e reprodutiva da planta do trigo e que serão utilizados na fase de enchimento de grãos está compreendido entre 5 e 10% do total acumulado (YOSHIDA, 1972 citado por MENGEL e KIRKBY, 1982). Esses valores são influenciados pela atividade fotossintética pós-florescimento. Se por algum motivo for baixa, como, por exemplo, devido a um estresse hídrico ou uma deficiência nutricional, os assimilados sintetizados antes do florescimento contribuem em maior proporção no processo de enchimento de grão e vice-versa. Uma eficiente taxa de enchimento dos grãos é atingida em plantas adequadamente supridas com N durante a fase da granação, por a senescência da folha bandeira ser retardada e por redução nas perdas respiratórias.

O fornecimento de N em quantidades adequadas na fase vegetativa do trigo contribui para o incremento na produtividade, com reduzida influencia na percentagem de proteína nos grãos; entretanto, quando o nutriente é aplicado no florescimento, este é direcionado principalmente para a síntese de proteína nos grãos, o que dá ao grão uma aparência sólida e vítrea, com incremento no teor protéico, com melhoria industrial na qualidade da farinha (STEWART, 2003). O mais importante constituinte determinante da qualidade industrial da farinha do trigo é o gluten, o qual consiste predominantemente da fração proteína glutelina presente no endosperma dos grãos. Do ponto de vista nutricional, a aplicação tardia de N nas culturas de centeio, de milho e de trigo, embora proporcione incremento no conteúdo protéico do grão, interferem negativamente no seu aproveitamento por animais monogástricos, por alterar as proporções de diversos aminoácidos essenciais. Em trigo e no centeio, o incremento no conteúdo protéico é particularmente acompanhado pela redução na proporção dos aminoácidos lisina e metionina (MEMGEL & KIRBY, 1982).

Gasser & Thorburn (1972), trabalhando em condições de campo, com e sem irrigação, mostraram que o suprimento de água influi diferentemente sobre a concentração de cada nutriente na planta. No caso do N foi verificada uma redução no teor com o tratamento com irrigação. A concentração de N determinada por Baker & Tucker (1973) em plantas de trigo, cultivada em um solo deficiente neste nutriente e em P, atingiu um valor máximo de 5% aos 43 dias de idade.

Campbell et al. (1977) estudando o efeito de fertilizantes nitrogenados e umidade do solo, sobre a concentração de N na parte aérea do trigo, constataram que a concentração do nutriente decresce com o tempo, apresentando 5,39% no estágio de 3 folhas e 0,56% na maturação e que o maior decréscimo ocorre a partir do perfilhamento. Por outro lado o autor relata que o regime de água não altera a concentração de N na planta.

Segundo Fontoura (1988) constatou que a cultivar IAC 24- Tucuri com 90 dias de idade, nas cinco partes estudadas, apresentou maior conteúdo de N em condições de irrigação, com exceção dos grãos que diferiu nas duas disponibilidades de água. Já no final do ciclo, aos 110 dias de idade, as folhas, folhas bandeira e espiga, não mostraram diferença quanto ao acúmulo deste nutriente, comparando-se duas disponibilidades de água, sendo que os colmos e grãos apresentaram maior conteúdo quando as plantas receberam irrigação.

Mcneal et al., (1966) estudando o acúmulo de nutrientes em cinco cultivares, verificou-se que o máximo de N nas folhas ocorre na floração e depois há acentuado declínio para um aumento crescente no grão.

A recomendação da adubação em N para o estado de São Paulo, segundo Camargo et al., (1996) é a seguinte para trigo de sequeiro com uma meta de produtividade de 2 a 3 t ha<sup>-1</sup> se recomenda 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> para alta resposta esperada. Para o sistema irrigado com uma meta de produtividade de 3,5 a 5 t ha<sup>-1</sup> recomenda-se 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 90 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura.

#### **4.5.3 Uso do lodo de esgoto no trigo**

Rawajfih & Gharaibeh (1990), cultivando trigo (*triticum durum* L.) durante 60 dias em vasos preenchidos com mistura de lodo seco (pH em H<sub>2</sub>O = 7,0) e solo calcário (pH em H<sub>2</sub>O = 8,0) nas proporções de 1:8, 1:6, 1:4, 1:2, 1:1, 2:1 e 4:1, constataram que a mistura 1:8 aumentou significativamente o crescimento das plantas de trigo em relação à testemunha com ausência de lodo. A proporção 1:6 não teve efeito significativo enquanto as demais misturas apresentaram efeito supressivo sobre o desenvolvimento do trigo. Em trabalho com lodo de esgoto de várias origens, Sloan & Basta (1995) usaram, em experimento de incubação, três solos fortemente ácidos, com os seguintes tratamentos: calcário, lodo alcalino estabilizado, lodo anaeróbico não alcalinizado e N-viro, verificando que, em geral, o pH dos solos aumentou linearmente com as doses dos produtos aplicados, para os três solos estudados.

Sabey et al. (1977) verificaram maior eficiência no desenvolvimento de plantas de trigo cultivado em solos que receberam lodo de esgoto, misturando com restos de madeira, em comparação com a fertilização mineral.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Local de desenvolvimento do ensaio**

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu, localizada no município de São Manuel a 22° 25' Latitude Sul, 48° 34' Longitude Oeste, com altitude de 750 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no período de inverno, e com uma precipitação pluviométrica média anual de 1.433 mm, com maiores concentrações nos meses de novembro a abril. A umidade relativa média do ar é de 71%, com temperatura média de 23°C. A classificação e os dados meteorológicos foram fornecidos pelo Departamento de Recursos Naturais, área de Ciências Ambientais / FCA UNESP – Botucatu.

### **5.2 Composição do experimento**

Antecedendo a instalação do experimento, foram cultivados 2 ciclos consecutivos de girassol semeados em dezembro de 2004 e novembro de 2005, respectivamente, com aplicações de lodo de esgoto e cultivado com trigo e triticales, avaliando o efeito residual dessas duas aplicações de lodo de esgoto, em abril de 2006.

Os ensaios presentes neste trabalho foram em sistema plantio direto, com sucessão de culturas (aveia, feijão, triticales, girassol e trigo), exceção no primeiro cultivo de aveia que foi convencional e com lodo de esgoto tratado. Os outros ensaios foram com lodo

de esgoto compostado. Nesse processo de compostagem com bagaço de cana e lodo de esgoto, a temperatura alcança 70°C, e com isso mata grande parte dos patógenos (KIEHL, 1985).

O objetivo destes ensaios foi avaliar a produtividade, nutrição de plantas e fertilidade do solo ao longo do tempo.

### **5.3 Delineamento experimental**

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, constituídos por 6 tratamentos e 5 repetições assim definidos (PIMENTEL, 2000):

- T0 – sem adubação nitrogenada;
- T1 – adubação química nitrogenada de acordo com Rajj et al., (1997);
- T2 – 50% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto e 50% na forma mineral;
- T3 – 100% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto;
- T4 – 150% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto;
- T5 – 200% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto.

As adubações químicas de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  foram feitas igualmente a todos os tratamentos, considerando para a recomendação o valor médio obtido das análises de solo de 0 a 20cm.

Cada parcela apresentou uma área de 100 metros quadrados (14 x 7,2m) com um espaço de 3 m entre parcelas do mesmo bloco. O espaço de um bloco a outro foi de 1,8 m.

A localização dos blocos na área experimental e a distribuição das parcelas após o sorteio estão apresentadas na Figura 1.

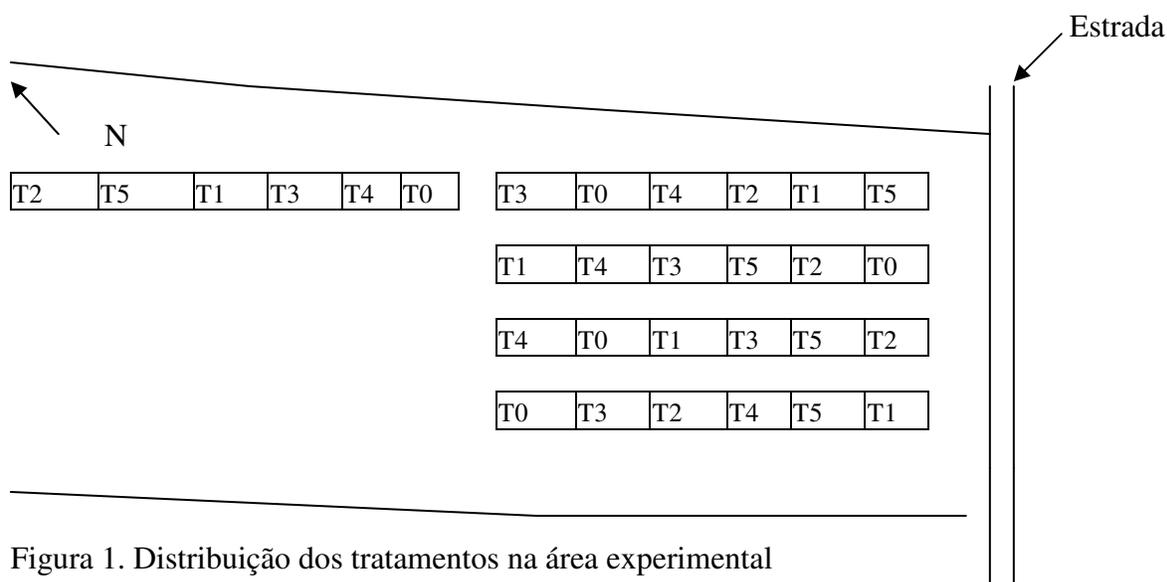


Figura 1. Distribuição dos tratamentos na área experimental

O cálculo do N proveniente do lodo de esgoto foi feito considerando 30% a sua taxa de mineralização do N, durante o ciclo da cultura, segundo norma CONAMA (2006).

#### 5.4 Característica do lodo de esgoto

O lodo de esgoto foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí/SP. A análise desse resíduo foi realizada no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu – SP, sendo determinado N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, umidade, MO, C, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, pH e C/N (LANARV, 1988). Os resultados estão descritos nas tabelas 2, 4, 6, 8 e 10.

#### 5.5 Ensaio com a cultura da aveia

##### 5.5.1 Operações antes da instalação do experimento

A fim de possibilitar a utilização da área experimental em questão, foram efetuadas as seguintes operações agrícolas em área total:

- **Gradagem** – operação realizada em área total para limpeza e incorporação das plantas daninhas na área. A profundidade de operação foi de aproximadamente 10 cm.

- . **Aração e gradagem** – uma semana após a gradagem, foi efetuada uma aração (20cm) e gradagem niveladora.
- . **Gradagem** – foi efetuada mais uma operação, porque a área apresentava muitos torrões na superfície.

### 5.5.2 Característica do lodo neste ensaio

O lodo apresenta as seguintes características descritas na tabela 2:

Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto utilizado no primeiro ensaio.

| N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Umid.  | MO   | C    | Ca  | Mg   | S   | Na   | Cu                              | Fe    | Mn  | Zn   | C/N | pH   |
|-----|-------------------------------|------------------|--------|------|------|-----|------|-----|------|---------------------------------|-------|-----|------|-----|------|
|     |                               |                  | -----% |      |      |     |      |     |      | ----- mg kg <sup>-1</sup> ----- |       |     |      |     |      |
| 3,9 | 2,1                           | 0,16             | 57     | 58,1 | 32,3 | 1,1 | 0,19 | 4,7 | 1160 | 428                             | 23450 | 630 | 3000 | 8/1 | 6,05 |

Adotou-se o seguinte cálculo para determinação da dose de lodo de esgoto utilizada nos tratamentos:

- Cada 100 kg de lodo de esgoto na base seca contém 3,9 kg de N;
- Considerando o teor de água de 57, ou seja, 43% base seca, teremos 1,67% de N na base úmida;
- Considerando que 30% do N serão mineralizados de lodo de esgoto (CONAMA, 2006), teremos 0,50 % de N mineralizado no 1º ano;
- As quantidades de lodo de esgoto destinadas para cada tratamento foram:
  - T0 – 0 kg ha<sup>-1</sup>
  - T1 – 0 kg ha<sup>-1</sup>
  - T2 – 7.000 kg ha<sup>-1</sup>
  - T3 – 14.000 kg ha<sup>-1</sup>
  - T4 – 21.000 kg ha<sup>-1</sup>
  - T5 – 28.000 kg ha<sup>-1</sup>

### 5.5.3 Operações de instalação do ensaio

- . **Aplicação do lodo** – a aplicação do lodo de esgoto nos tratamentos foi efetuada com um distribuidor de esterco, regulado na menor dosagem (7.000 kg ha<sup>-1</sup>), que foi

aplicado no tratamento T2. Os tratamentos T3, T4 e T5 foram passados 2, 3 e 4 vezes, respectivamente. Em seguida, foi incorporado a uma grade niveladora. As quantidades estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidade real de aplicação de lodo compostado para a cultura da aveia

| Tratamentos | Quantidade base úmida | Quantidade base seca | Quantidade de N     | Quantidade prevista de N mineralizado (30%) |
|-------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---|
|             |                       |                      | kg ha <sup>-1</sup> |   |
| T2          | 7.000                 | 3.010                | 117,39              | 35,21                                       |
| T3          | 14.000                | 6.020                | 234,78              | 70,43                                       |
| T4          | 21.000                | 9.030                | 352,17              | 105,65                                      |
| T5          | 28.000                | 12.040               | 469,56              | 140,87                                      |

. **Semeadura** – foi semeado em um espaçamento de 0,18 m entre linha e 100 sementes por metro na profundidade de 0,03 m.

. **Adubação nitrogenada** – O N foi aplicado no T1, aos 12 dias após a semeadura, na dosagem de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia (450 g kg<sup>-1</sup> de N), (Raij et al., 1997). Em seguida foi distribuída água (2,5 mm) através de um caminhão pipa, com a finalidade de incorporar a uréia. Aos 33 dias da semeadura, foi efetuada adubação nitrogenada nos tratamentos (T1 e T2) nas dosagens de 60 e 35 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Raij et al., 1997), totalizando os 70 kg ha<sup>-1</sup>, conforme a recomendação de N para a cultura de aveia no Estado de São Paulo. A fonte utilizada para a cobertura foi a uréia que, em seguida, foi incorporada com a enxada.

#### 5.5.4 Operações durante o desenvolvimento da cultura

. **Controle de formiga** – o controle de formigas foi realizado com Sulfuramid (3 gkg<sup>-1</sup>), na dosagem de 10 g m<sup>2</sup>.

. **Controle de plantas daninhas** - Quanto ao controle de plantas daninhas, foi aplicado o 2-4D, na fase de perfilhamento, devido à alta incidência de *Raphanus raphanistrum* na área. A dosagem utilizada foi de 0,6 L ha<sup>-1</sup>.

### **5.5.5 Parâmetros avaliados**

#### **5.5.5.1 Matéria seca e relação C/N**

Para o acompanhamento do acúmulo da matéria seca e a relação C/N foram efetuadas coletas aos 60, 75, 95, 110 e 123 dias após a semeadura.

Para amostragens de plantas, foi retirado 1 metro linear em cada parcela em 5 repetições, totalizando 5 metros lineares. As amostras foram recolhidas aleatórias do ensaio e, em seguida, transformadas em ha, considerando o espaçamento utilizado (0,18 m ) entre linhas.

Essas amostras foram colocadas em estufa a 60° C e retiradas quando atingiram o peso constante para a determinação da matéria seca, e sucessivamente transformadas em kg ha<sup>-1</sup>. Para a determinação de C e N, foram moídas, seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

#### **5.5.5.2 Análise química do solo**

As amostragens de solo foram retiradas no término do ensaio nas profundidades de 0-20 cm e 20-40cm 10 sub amostras para formar uma amostra composta em cada parcela. As análises executadas foram: pH, MO, P, Ca, Mg, K, H+Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn a metodologia utilizada foi de Raij et al,(2001).

#### **5.5.6 Dados climatológicos**

Os dados climatológicos de precipitação das chuvas (mm) e temperaturas estão na Figura 2. Foi instalado no local do ensaio um pluviômetro para medir a precipitação de água. Os dados de temperatura mínima, média e máxima média foram fornecidos pela estação climatológica da fazenda experimental de São Manuel pertencente ao Departamento Recursos Naturais, Área de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, obtidos na própria Fazenda Experimental São Manuel, onde existe uma estação climatológica.

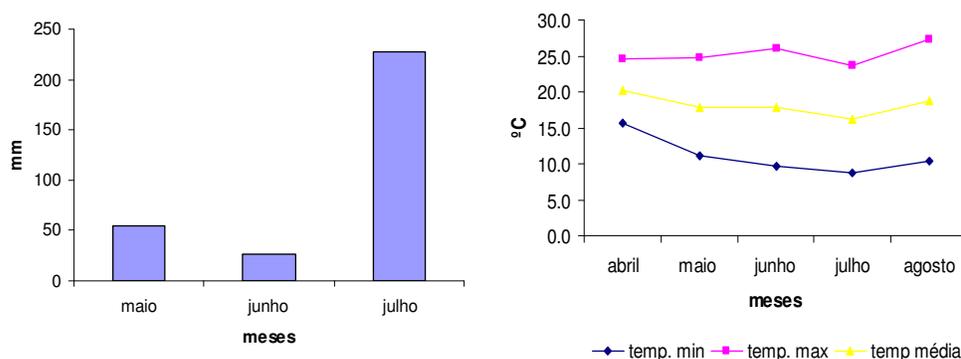


Figura 2 Precipitação pluviométrica, Temperatura mínimas, médias e máximas da cultura da aveia no período de abril a agosto de 2007.

## 5.6 Ensaio com a cultura do feijão

### 5.6.1 Característica do lodo de esgoto compostado

Neste ensaio foi utilizado um lodo de esgoto compostado com bagaço de cana, tendo como a principal finalidade a eliminação de patógenos. No processo de compostagem a temperatura chega a, aproximadamente, 70° C, o que elimina grande parte dos patógenos existentes no resíduo.

O composto apresenta as características descritas na Tabela 4 (LANARV, 1988).

Tabela 4. Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado no ensaio do feijão.

| N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Umid.  | MO   | C    | Ca                              | Mg  | S   | Na   | Cu  | Fe    | Mn  | Zn   | C/N  | pH  |
|-----|-------------------------------|------------------|--------|------|------|---------------------------------|-----|-----|------|-----|-------|-----|------|------|-----|
|     |                               |                  | -----% |      |      | ----- mg kg <sup>-1</sup> ----- |     |     |      |     |       |     |      |      |     |
| 2,4 | 2,0                           | 0,4              | 50     | 55,0 | 31,0 | 1,9                             | 0,3 | 1,6 | 1340 | 304 | 23250 | 472 | 3750 | 13/1 | 6,6 |

O cálculo da dose de lodo de esgoto foi o mesmo adotado na cultura da aveia, diferindo somente o teor de N e a umidade do lodo. As quantidades de lodo de esgoto estão apresentadas na Tabela 6.

### 5.6.2 Operações de instalação do ensaio

Foi executada uma calagem nas parcelas em que houve necessidade, utilizando uma dosagem de 1,4 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 90% e teor de

CaO de 32% e MgO de 13%. Essa dosagem foi baseada nas análises de solo retiradas no final do ensaio anterior. O cálculo dessa dosagem foi fundamentado na parcela que apresentou uma V% menor, que foi a parcela que aplicou uma maior dose de lodo de esgoto, conforme a Tabela 5. Nas parcelas que apresentaram uma V% superior a 70% não foram realizadas a calagem.

Tabela 5- Características químicas do solo da parcela de menor V% (básicas)

| Prof. | pH                | M.O.               | P(res.)             | H+Al   | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | SB | T  | V  |
|-------|-------------------|--------------------|---------------------|--|------------------|----------------|------------------|------------------|----|----|----|
| cm    | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | ----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                |                  |                  |    |    | %  |
| 0-20  | 4,7               | 30                 | 23                  | 28   | -                | 2,2            | 17               | 5                | 24 | 53 | 46 |

Após 6 dias da aplicação de calcário, foi efetuada a aplicação do composto de lodo de esgoto de acordo com a tabela 6.

Tabela 6. Quantidade real de aplicação de composto para o feijão

| Tratamentos         | Quantidade base úmida | Quantidade base seca | Quantidade de N | Quantidade de N mineralizado (30%) |
|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|------------------------------------|
| kg ha <sup>-1</sup> |                       |                      |                 |                                    |
| T2                  | 10.000                | 5.000                | 120             | 36                                 |
| T3                  | 20.000                | 10.000               | 240             | 72                                 |
| T4                  | 30.000                | 15.000               | 360             | 108                                |
| T5                  | 40.000                | 20.000               | 480             | 144                                |

A semeadura foi realizada 5 dias após a aplicação de Glifosate. Efetuou-se o tratamento de sementes com Carboxin para o controle preventivo de moléstias. A quantidade foi de 13 sementes em 1 metro, em espaçamento entre linha de 0,45 metros, totalizando 288.888 sementes em 1 ha. A profundidade de semeadura foi de 3 cm aproximadamente.

A adubação de semeadura foi efetuada com base na média da análise de solo da cultura anterior, utilizando como fonte de N a uréia de P superfosfato triplo e K cloreto de potássio.

### 5.6.3 Operações durante o desenvolvimento do feijão

Aos 11 dias após a semeadura, ocorreu incidência de plantas de *Avena strigosa*, aveia preta, as quais foram controladas com o Fluazifop- p – butil, na dosagem de 1,6 L ha<sup>-1</sup>.

Foi realizada uma adubação nitrogenada de cobertura, aos 29 dias após a semeadura, nos tratamentos T1 e T2 nas dosagens de 60 e 35 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A fonte utilizada foi a uréia.

Aos 36 dias após a semeadura, foi constatada na área a incidência de *Raphanus raphanistrum* (nabiça). Aplicou-se o Bentazone, na dosagem de 0,8 L ha<sup>-1</sup>, em um volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>.

Aos 44 dias após a semeadura, foi aplicado o Chlorpyrikos, devido à incidência de *Pseudoplusia includens* (lagarta). A dosagem utilizada foi de 0,5 L ha<sup>-1</sup> em um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Aos 52 dias após a semeadura, foi empregado o Tebucanazole para o controle de *Uromyces phaseoli* (ferrugem). Foi utilizada uma dosagem de 0,3 L ha<sup>-1</sup>, em um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Aos 66 dias após a semeadura, foi utilizado o Metamidophós para o controle de *Deois flavopicta* (cigarrinha das pastagens). A dosagem utilizada foi de 0,3 L ha<sup>-1</sup> e o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

A colheita foi realizada 95 dias após a semeadura.

#### **5.6.4 Parâmetros avaliados**

##### **5.6.4.1 Diagnose foliar, teor no grão e exportação de nutrientes**

Por ocasião do início da floração, foram coletadas 10 amostras de folhas do feijoeiro de cada parcela, a primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), posteriormente levadas à estufa, com circulação de ar forçada até atingir um peso constante. Em seguida foram moídas e analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A determinação do teor de nutrientes no grão foi utilizada da mesma maneira descrita para o teor nas folhas.

Após a determinação dos teores, foi calculada, considerando a massa dos grãos de uma planta, o acúmulo de nutrientes nos grãos e, conseqüentemente, a exportação de nutrientes.

#### **5.6.4.2 Teor de proteínas no grão**

Posterior à definição do teor de N dos grãos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), descritos anteriormente, foi determinado, mediante a multiplicação do valor de N pelo fator de correção 6,25 (AOAC, 1990), o teor de proteína.

#### **5.6.4.3 Componentes de produção**

##### **5.6.4.3.1 Número de plantas por hectare**

Para a determinação de número de plantas em 1 ha foi coletado em cada parcela 1 metro em 5 amostras. Com isso foram avaliados 5 metros, contadas quantas plantas foram obtidas nesses 5 metros. Foi determinado através da contagem do número de plantas em 1 metro com 5 amostragens por parcela e transformado para número de plantas por ha, dividindo a área de 1 ha (10.000) pelos espaçamentos da cultura (0,45m), resultando na quantidade de metro linear dessa área. Por meio de uma regra de três obtém-se o número de plantas por ha.

##### **5.6.4.3.2 Número de vagem por planta**

A quantidade de vagem por planta foi determinada pela relação entre o número total de vagens e o número total de plantas coletadas no final do ciclo do feijoeiro.

##### **5.6.4.3.3 Número de vagem por hectare**

Multiplicando-se o número de vagem por planta com o número de plantas em 1 ha, obtém-se a quantidade de vagem por ha.

#### **5.6.4.3.4 Peso de massa seca folha + caule + raiz por planta**

Coletou-se a parte aérea e o sistema radicular. Em seguida, foram acondicionadas em estufa até atingir peso constante. O material foi pesado e dividido pelo número de plantas.

#### **5.6.4.3.5 Massa seca folha, caule, raiz por hectare**

Foi multiplicado o peso de massa seca pelo número de plantas em 1 ha.

#### **5.6.4.3.6 Peso de massa seca de vagem por planta**

Foram pesadas as vagens secas e o valor dividido pelo número de plantas coletadas de cada parcela.

#### **5.6.4.3.7 Peso de massa seca de vagem em 1 ha**

Foi multiplicado o peso de massa seca da vagem por planta pelo número de plantas em 1 ha.

#### **5.6.4.3.8 Peso de massa seca total por planta**

Foi somado o peso de massa seca por planta de folha, caule, raiz e vagem.

#### **5.6.4.3.9 Peso de massa seca total em 1 ha**

Foi somado o peso de massa seca em 1 ha de folha, caule, raiz e vagem.

#### **5.6.4.3.10 Rendimento de grão por planta**

Para obter o rendimento de grão por planta, divide-se o peso do grão das plantas que foram retiradas das sementes pelo número de plantas. Feito isso, corrigiu-se o teor de água para 13%.

#### **5.6.4.3.11 Rendimento de grão em 1 ha**

Para a determinação do rendimento de grãos em 1 ha foi multiplicado o valor de número de plantas em 1 ha pelo peso de grãos por planta

#### 5.6.4.3.12 Massa de 1000 grãos.

A massa foi determinada através da coleta, contagem e pesagem de 8 amostras de 100 grãos por parcela experimental e os resultados foram multiplicados por 10 para obter a massa de 1000 grãos (BRASIL, 1992).

#### 5.6.5 Dados climatológicos

Os dados climatológicos utilizados no presente estudo foram apenas os ligados à variável precipitação das chuvas (mm) e temperatura. Foi instalado no local do ensaio um pluviômetro para medir a precipitação. Durante o ciclo da cultura houve uma precipitação total de 733 mm, como se observa na Figura 3.

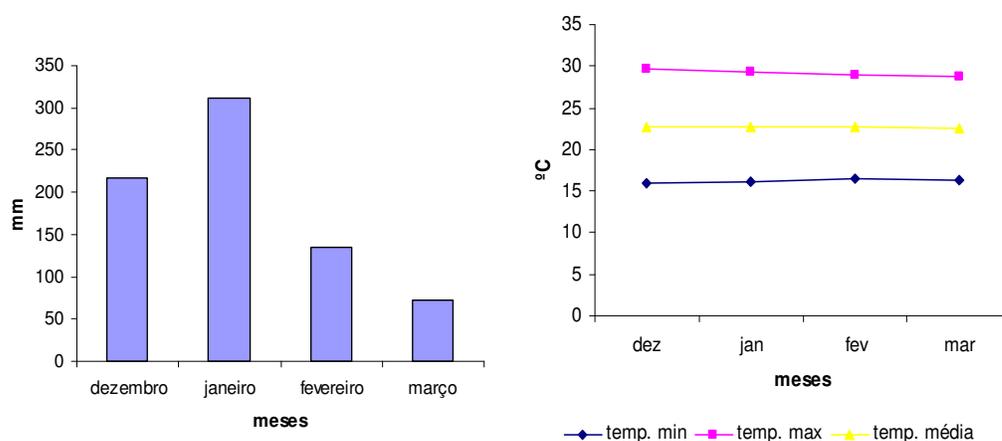


Figura 3. Precipitação Pluviométrica, temperatura mínima média, média e máxima média no ciclo do feijoeiro de dezembro a março no ano 2007/ 2008.

### 5.7 Ensaio com a cultura do triticale

#### 5.7.1 Característica do composto de lodo de esgoto neste ensaio

Neste ensaio foi utilizado um lodo compostado com bagaço de cana. O composto apresenta as seguintes características descritas na Tabela 7 (LANARV, 1988):

Tabela 7. Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado no terceiro ensaio.

| N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Umíd. | MO   | C    | Ca                  | Mg  | S   | Na   | Cu  | Fe    | Mn  | Zn   | C/N  | pH  |
|-----|-------------------------------|------------------|-------|------|------|---------------------|-----|-----|------|-----|-------|-----|------|------|-----|
|     |                               |                  | %     |      |      | mg kg <sup>-1</sup> |     |     |      |     |       |     |      |      |     |
| 2,3 | 2,0                           | 0,4              | 60    | 50,4 | 28,4 | 1,9                 | 0,3 | 1,6 | 1340 | 304 | 23250 | 472 | 3750 | 12/1 | 6,6 |

Para calcular a dose de lodo de esgoto foi utilizado o mesmo método adotado na cultura da aveia, diferindo somente o teor de N e a umidade do lodo. As quantidades de lodo de esgoto estão apresentadas na Tabela 8.

### 5.7.2 Operação de instalação do ensaio

A aplicação do composto foi feita conforme a dosagem descrita na tabela 7. Foi regulado na menor dosagem e nas demais dosagens foram passadas o trator 2, 3 e 4 vezes, respectivamente.

Tabela 8 Quantidade real de aplicação de composto para o triticales

| Tratamentos | Quantidade base úmida | Quantidade base seca | Quantidade de N     | Quantidade de N mineralizado (30%) |
|-------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------------|
|             |                       |                      | kg ha <sup>-1</sup> |                                    |
| T2          | 8.984                 | 3.593,6              | 82,65               | 24,8                               |
| T3          | 17.968                | 7.187,2              | 165,3               | 49,6                               |
| T4          | 26.952                | 10.780,8             | 248,0               | 74,4                               |
| T5          | 35.936                | 14.374,4             | 330,6               | 99,2                               |

Após uma semana da aplicação do composto, a área foi dessecada com glyphosate (glifos concept). Utilizou-se um volume de calda de 500 litros ha<sup>-1</sup> em 1 kg do ingrediente ativo. A planta daninha predominante na área era o *Cenchrus echinatus* L. (Capim-carrapicho).

No dia seguinte após a dessecação foi efetuada a semeadura. A cultivar utilizada foi o IPR 111. O espaçamento utilizado foi de 0,17 m entre linhas e calculado 15 gramas por m<sup>2</sup>, o que equivale a 150 kg de sementes em 1 ha.

Na adubação de semeadura foi elaborada uma mistura com superfosfato triplo (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Essa composição foi de 80% de superfosfato triplo e 20% de cloreto de potássio, baseada na média dos teores de P e K das análises de solo efetuadas após a colheita da aveia (Raij et al.,1997). A dosagem dessa mistura foi de 178 kg ha<sup>-1</sup>, que corresponde a 65 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 21 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo que o recomendado pelo Boletim Técnico 100 é de 60 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

### **5.7.3 Operações durante o desenvolvimento da cultura**

Após 27 dias da semeadura, foi efetuada a adubação nitrogenada no tratamento (T1), na dosagem de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N. A fonte utilizada foi a uréia.

Aos 40 dias de semeadura, efetuou-se a adubação com N nos tratamentos (T1, T2), na dosagem de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando a uréia.

Aos 63 dias após a semeadura, ocorreu uma incidência de *Macrosiphum avenae*, que foi controlado com Deltamtrim na dosagem de 200 ml em 20 litros de água.

### **5.7.4 Parâmetros avaliados**

#### **5.7.4.1 Plantas emergidas**

Para avaliação de parâmetros, foi contado o número de plantas em 1 metro em 4 linhas de cada parcela. Essas amostragens foram feitas aos 11, 18 e 31 dias após a semeadura.

#### **5.7.4.2 Diagnose foliar**

Por ocasião do início da floração, foram coletadas 10 amostras de folhas do triticales de cada parcela, da folha bandeira. Essas folhas foram lavadas com detergente e água deionizada, sendo posteriormente levadas à estufa com circulação de ar forçada até atingir um peso constante. Em seguida, foram moídas e analisadas pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

#### **5.7.4.3 Acumulação de nutrientes nos grãos**

As amostras dos grãos de cada parcela foram coletadas e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 60 °C, moídas e posteriormente analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Após a determinação dos teores, foi calculado, por meio da massa dos grãos de uma planta, o acúmulo de nutrientes.

#### **5.7.4.4 Componentes de produção**

##### **5.7.4.4.1 Número final de plantas em 1 ha**

Para a determinação do número de plantas em 1 ha foram colhidas amostras em cada parcela de 1 m, em 5 repetições. Com isso temos 5 m, contadas quantas plantas teriam nesses 5 metros. Foi utilizado o mesmo método efetuado para o feijão, porém o espaçamento entre linha do triticales foi de 0,17 m.

##### **5.7.4.4.2 Peso de massa seca por planta**

Foi coletada a mesma planta do item anterior. Foram retirados os grãos das espiguetas. As plantas com a espiguetas sem o grão foram colocadas em uma estufa de 60° C até permanecer em um peso constante. Em seguida, foi retirado o material da estufa e pesado. Como já temos o número de plantas e o peso total, foi dividido o peso total pelo nº de plantas.

##### **5.7.4.4.3 Peso de matéria seca em 1 ha**

O peso de matéria seca em 1 ha foi obtido por meio da multiplicação do nº de plantas pelo peso de matéria seca por planta.

##### **5.7.4.4.4 Rendimento de grão por planta**

Para obter o rendimento de grão por planta, dividimos o peso do grão das plantas de que foram retiradas as sementes pelo número de plantas. Feito isso, foi corrigido a umidade para 13%.

##### **5.7.4.4.5 Rendimento de grão em 1 ha**

Para calcular o rendimento de grão por ha foi multiplicado o nº de plantas em 1 ha pelo rendimento de grão por planta.

#### 5.7.4.4.6 Massa de 1000 grãos

A massa é determinada através da coleta e contagem de 8 amostras de 1000 grãos por parcela experimental e, a seguir, realizadas as pesagens (BRASIL, 1992).

#### 5.7.5 Dados climatológicos

Os dados climatológicos utilizados no presente estudo foram apenas os ligados à variável precipitação das chuvas (mm) e à temperatura. No ciclo da cultura, houve uma precipitação total de 117,5 mm, como podemos observar na Figura 4. Os dados de temperatura mínima, média e máxima média foram fornecidos pelo Departamento Recursos Naturais, Área de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu.

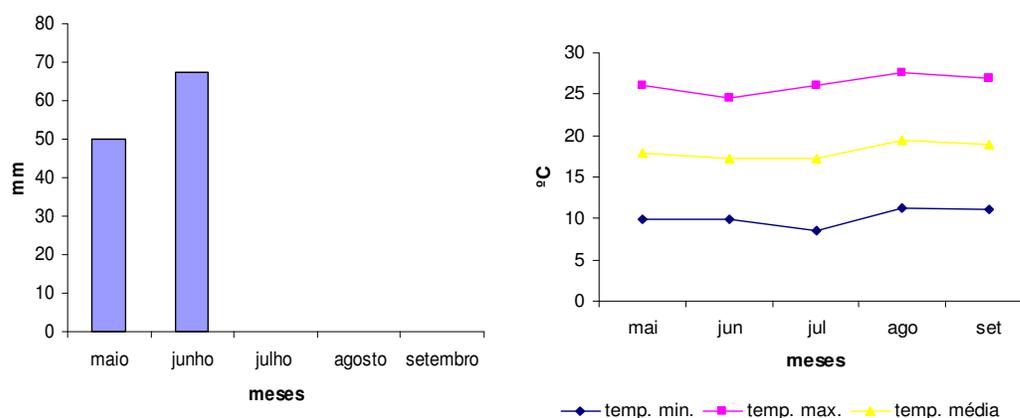


Figura 4. Precipitações, temperatura mínima média, máxima média e média da cultura do triticales no ano 2008.

### 5.8 Ensaio com a cultura do girassol

#### 5.8.1 Cultivar utilizada

A cultivar utilizada foi a HELIO 251, fornecida pela empresa Helianthus do Brasil, que apresenta as seguintes características: híbrido simples, com ciclo de 90 a 115 dias, tolerante às doenças – Ferrugem Preta, Podridão de raízes e Verticilium, resistente D. mildow, ótima resistência a acamamento, altura média da planta de 1,70 a 2,10 m, densidade de colheita 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, teor de óleo de 40 a 44%, recomendado para todo o Brasil.

## 5.8.2 Característica do lodo de esgoto compostado

Utilizou-se o lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí/SP. Foi retirada a amostra do lodo compostado que apresentou as seguintes características presentes na Tabela 9 (LANARV, 1988). A análise foi realizada no laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu – SP.

Tabela 9. Características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento.

| N                             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Umid. | MO | C    | Ca  | Mg  | S   | Na   | Cu  | Fe    | Mn  | Zn   | C/N  | pH  |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------|----|------|-----|-----|---|------|-----|-------|-----|------|------|-----|
| ----- % na matéria seca ----- |                               |                  |       |    |      |     |     | ---- mg kg <sup>-1</sup> na matéria seca ---- |      |     |       |     |      |      |     |
| 2,44                          | 2,0                           | 0,4              | 58    | 53 | 29,4 | 1,9 | 0,3 | 1,6   | 1340 | 304 | 23250 | 472 | 3750 | 12/1 | 6,6 |

A estimativa da dose de lodo de esgoto foi calculada da mesma maneira que na cultura da aveia, diferindo somente o teor de N e a umidade do lodo. As quantidades de lodo de esgoto estão apresentadas na Tabela 10.

## 5.8.3 Operações agrícolas na área experimental

### 5.8.3.1 Operações de instalação do ensaio

. **Aplicação do glyphosate e ácido bórico** - foi aplicado o Glyphosathe (ia), na dosagem de 2 L ha<sup>-1</sup>, juntamente com o ácido bórico (17% B), na dosagem de 6 kg ha<sup>-1</sup>, em um volume de calda de 320 L ha<sup>-1</sup>, objetivando o controle de plantas daninhas e fornecimento de B para a cultura, elemento imprescindível para o girassol. Segundo Brighenti et al., (2005) a adição de ácido bórico à calda de pulverização é uma maneira eficiente de fornecer B para a cultura do girassol. A quantidade de B utilizada foi de 1 kg ha<sup>-1</sup> do elemento, que é a recomendação para a cultura do girassol, segundo Raij et al., (1997).

. **Controle de mato com roçadora.** – após uma semana da aplicação de glyphosate, foi roçado com uma roçadora.

. **Aplicação do lodo compostado** - foi aplicado o composto nos tratamentos com um distribuidor de esterco no dia seguinte que foi roçado, regulado na menor dosagem a ser aplicada, ou seja, T2 (8.768 kg ha<sup>-1</sup>). Para o tratamento T3, adotaram-se 2 passadas (17.536 kg ha<sup>-1</sup>); para o T4, 3 passadas (26.305 kg ha<sup>-1</sup>); e

o T5 com 4 passadas ( $35.073 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Para regular essa quantidade, foi colocada em baixo do trator uma bandeja com uma área de  $0,144 \text{ m}^2$  ( $0,32 \times 0,45$ ). Dessa forma, teria de cair na bandeja  $0,162 \text{ kg}$  para a menor dosagem do composto. Porém, o mínimo que se conseguiu regular foi para cair  $0,242 \text{ kg}$  na bandeja, o que daria uma dosagem de  $8.768 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para esse cálculo também foi considerada a área da roda do trator, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Quantidade real de aplicação de composto para o girassol

| Tratamentos | Quantidade base úmida | Quantidade base seca | Quantidade de N     | Quantidade de N mineralizado (30%) |
|-------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------------|
|             |                       |                      | $\text{kg ha}^{-1}$ |                                    |
| T2          | 8.768                 | 3.682,6              | 89,85               | 26,9                               |
| T3          | 17.536                | 7.365,1              | 179,71              | 53,9                               |
| T4          | 26.305                | 11.047,6             | 269,6               | 80,9                               |
| T5          | 35.073                | 14.730,2             | 359,4               | 107,8                              |

. **Adubação e semeadura** - foi semeado em um espaçamento de 0,7 metros entre linha e 3,5 sementes por metro, totalizando um estande de 50.000 plantas em um ha, na profundidade de 3 cm. A adubação de plantio para todas as parcelas foi constituída de  $51 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , na forma de superfosfato simples ( $170 \text{ g kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ), e  $30,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de cloreto de potássio ( $600 \text{ g kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ). A adubação de N foi realizada 12 dias após o plantio no T1, na dosagem de  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de uréia ( $450 \text{ g kg}^{-1}$  de N), na fase em que o girassol começou a emergir. Os tratamentos T0, T2, T3, T4 e T5 não receberam essa adubação com N, nessa ocasião.

. **Aplicação de glyphosate** - no dia da semeadura foi efetuada também uma aplicação com glyphosate na dosagem de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$ , com um volume de calda de  $300 \text{ L ha}^{-1}$ .

. **Controle de formiga** - foi promovido o controle de formiga, no dia da semeadura, com sulfuramid ( $3 \text{ g kg}^{-1}$ ), na dosagem de  $10 \text{ g m}^2$ .

. **Adubação de cobertura** - os tratamentos que receberam a adubação de cobertura foram os tratamentos T1 e T2. O tratamento T1 recebeu  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que é o recomendado para o Estado de São Paulo, de acordo com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997); o tratamento T2 recebeu  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, pois os outros 25 kg

ha<sup>-1</sup> foram aplicados antes da semeadura na forma de lodo de esgoto, totalizando os 50 kg ha<sup>-1</sup>, que é o recomendado para o Estado de São Paulo. A fonte utilizada para a cobertura foi a uréia. Essa operação foi executada aos 30 dias após a emergência.

### 5.8.3.2 Operações durante o desenvolvimento da cultura

. **Controle de plantas daninhas** - Quanto ao controle de plantas daninhas, além da aplicação do glyphosate e das roçadas, foi efetuado uma capina na linha aos 26 e 27 dias do plantio, devido à incidência de *Acanthospemum Hispidum* (carrapicho carneiro) e *Raphanus raphanistrum* (nabiça). Aos 40 dias da semeadura, realizou-se um controle com herbicida (Paraquat dicloreto), com jato dirigido na entre linha e chapéu de napoleão, na dosagem de 70 ml em 20 L de água, em um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

. **Proteção dos capítulos aos ataques de pássaros** - na fase de florescimento (R9) foram cobertos 20 capítulos ao acaso por parcela para evitar problemas com pássaros.

### 5.8.4 Parâmetros Avaliados

O estande da cultura foi avaliado na fase inicial e no final do ciclo, verificando-se em 2 metros o número de plantas para cada parcela, repetindo 4 vezes e fazendo a média.

No decorrer do experimento, foram avaliados parâmetros de desenvolvimento das plantas (número de plantas, altura de planta, número de folhas e diâmetro de haste), até a fase de florescimento. A altura de plantas, número de folhas e diâmetro de haste foram feitos em 10 plantas, distribuídas aleatoriamente por parcela. A coleta de folhas para a análise foi realizada na época de florescimento (R3) (MALAVOLTA et al., 1997), coletando-se a 4ª folha de cima para baixo, analisando N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de cada parcela (Raij et al., 2001).

Na colheita, foi avaliada altura final de plantas, diâmetro da haste e diâmetro de capítulo.

A colheita ocorreu 117 dias após a semeadura, colhendo-se 10 plantas por parcela. O capítulo foi separado do restante da planta, não tendo sido retiradas as raízes do solo.

Nos grãos foram avaliados os seguintes parâmetros: o peso das sementes e sua umidade, corrigida a umidade em 11%; o peso de mil sementes; o teor de óleo e o teor de nutrientes.

#### **5.8.4.1 Estande da cultura**

Este parâmetro foi avaliado aos 19, 25 e aos 116 dias após a semeadura. Foi determinado em 2 m, onde foi contabilizado o número de plantas, efetuando-se 4 repetições em cada parcela.

#### **5.8.4.2 Biométrico**

Essas variáveis foram determinadas com o objetivo de avaliar o desenvolvimento das plantas durante seu ciclo.

##### **5.8.4.2.1 Altura das plantas**

As medidas de altura de plantas foram realizadas aos 40, 46, 61 e 68 dias após a semeadura.

Durante o desenvolvimento vegetativo, a altura foi determinada pela medida do solo até a inserção da última folha totalmente lançada; na fase reprodutiva, do nível do solo até a inserção do capítulo. Foram avaliadas 10 plantas por parcela.

##### **5.8.4.2.2 Diâmetro de haste**

Para o diâmetro de haste tomaram-se as medidas aos 46, 61 e 68 dias da semeadura.

Utilizou-se um paquímetro para determinar o diâmetro de haste em centímetros (cm) no colo da planta.

##### **5.8.4.2.3 Número de folhas**

O número de folhas foi medido aos 61 dias após a semeadura.

Esse parâmetro foi determinado pela contagem das folhas totalmente abertas de 10 plantas nas quais se determinaram altura e diâmetro.

#### **5.8.4.3 Componentes de produção**

A colheita foi realizada quando o girassol estava na fase (R9), ou seja, os capítulos já estavam todos voltados para baixo. Foi calculada a umidade e transformada a produção para 11% de umidade.

Foram cobertos 20 capítulos ao acaso por parcela, devido à alta incidência de pássaros que ocorreu no ensaio. Desses 20 capítulos, foram colhidos ao acaso 10 capítulos por parcela para determinar a produção. As folhas e os caules dessas plantas também foram colhidos para determinar a produtividade de matéria seca. Em seguida, foram colocadas folhas, caule e capítulo em uma estufa a 60°C até massa constante.

Os grãos foram separados dos capítulos manualmente. Após a retirada dos grãos, os capítulos foram secos da mesma forma que foi feita com as folhas e os caules, sendo então pesados, para determinar a produção de matéria seca dos capítulos.

##### **5.8.4.3.1 Rendimento de grão**

Para calcular a produtividade por 10 plantas coletadas, verificaram-se os teores de umidade de cada tratamento com duas repetições. Com esses dados, calculou-se a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em 11% de umidade, considerando o estande final da cultura.

##### **5.8.4.3.2 Massa de mil sementes**

Para determinar o peso de mil sementes de 8 repetições de 100 sementes cada parcela, foi utilizada uma balança de precisão de 0,001 g. Os resultados são a expressão do peso médio das repetições multiplicado por 10, conforme as regras para análise de sementes (BRASIL, 2001).

##### **5.8.4.3.3 Teor de óleo**

A determinação do teor de óleo nas sementes do girassol foi feita por RMN (Ressonância Magnética Nuclear) em baixa resolução.

Primeiramente, foi colocada a semente em uma estufa do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo da FCA a uma temperatura de 60° C, com a finalidade de baixar a umidade da semente abaixo de 10%.

Essas sementes foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para a EMBRAPA de instrumentação agrícola em São Carlos/SP. Na EMBRAPA, foram pesadas e colocadas no aparelho que mede a ressonância magnética.

O Espectrômetro de LR-NMR opera com campos magnéticos inferiores a 80 MHz. A determinação do teor de óleo em sementes é um exemplo dessa condição. Essa metodologia está descrita em Pretes et al., (2007).

Cada amostra foi repetida 3 vezes e feita a média. Esses resultados foram dados a bases secas e, em seguida, convertidos para 11% de umidade.

#### **5.8.4.3.4 Teor de nutrientes nas sementes**

As sementes foram secas em estufa com temperatura de 60° C e circulação forçada de ar durante 7 dias. Depois de secas foram moídas com o auxílio de um moinho tipo Willey.

O material moído foi acondicionado em sacos de papel e encaminhado para análise no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA/UNESP.

Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo a metodologia de Malavolta et al., (1997).

#### **5.8.4.3.4 Exportação de nutrientes nas sementes**

Com os resultados dos teores de nutrientes, foram calculadas as quantidades de nutrientes exportadas por cada tratamento multiplicadas pela produtividade de grão em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **5.8.4.3.6 Rendimento de matéria seca de caule, folha e capítulo por planta**

Os caules, as folhas e os capítulos, após coletados, separadamente, foram colocados em uma estufa a 60° C, deixando até a massa constante. Em seguida esse material foi pesado para verificar a quantidade de massa de matéria seca nas 10 plantas.

Posteriormente foi dividido por 10, obtendo-se a quantidade de matéria seca do caule, folha, capítulo em uma planta. A produtividade de matéria seca total foi a somatória da massa da matéria seca do caule, folha e capítulo.

#### **5.8.4.3.7 Rendimento de matéria seca ha<sup>-1</sup>**

A produtividade de matéria seca em kg ha<sup>-1</sup> é obtida através da multiplicação da massa da matéria seca por planta pelo estande da cultura.

#### **5.8.4.3.8 Análise química de folhas**

Foram coletadas as terceiras e quartas folhas de 10 plantas na época do florescimento. Em seguida foram lavadas e postas para secar a 60°C na estufa até atingir o peso constante. Depois de secas foram moídas com o auxílio de um moinho tipo Willey, marca MARCONI, modelo MA-048.

O material moído foi acondicionado em sacos de papel e encaminhado para análise no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA/UNESP.

As amostras foram analisadas para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo a metodologia de rotina do referido laboratório. (MALAVOLTA et al., 1997).

#### **5.8.5 Dados climatológicos**

Os dados climatológicos utilizados no presente estudo foram apenas os ligados às variáveis precipitação das chuvas (mm) e temperatura (Figura 5).

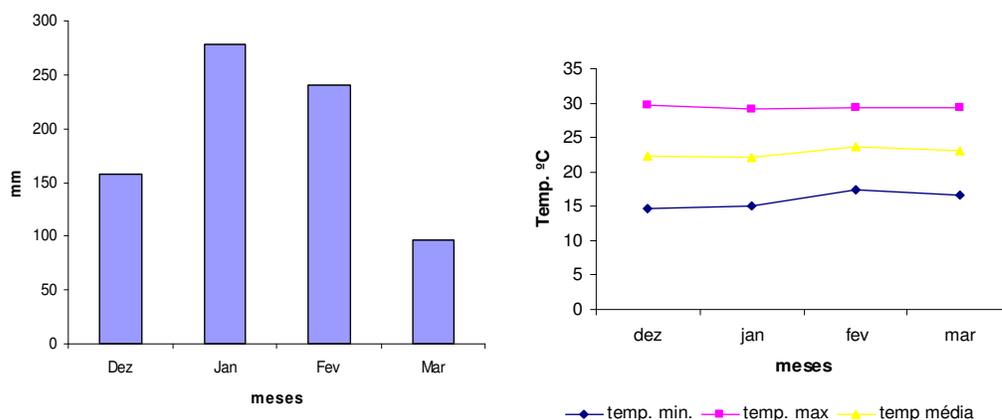


Figura 5. Precipitações médias, temperatura mínima média, máxima média e média no período do ciclo do girassol no ano 2008/2009.

## 5.9 Ensaio com a cultura do trigo

### 5.9.1 Característica do composto de lodo de esgoto neste ensaio

Neste ensaio foi utilizado um lodo compostado com bagaço de cana. O composto apresenta as seguintes características descritas na tabela 11 (LANARV, 1988):

Tabela 11. Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado neste ensaio.

| N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Umid. | MO   | C                   | Ca   | Mg   | S    | Na  | Cu | Fe    | Mn  | Zn  | C/N  | pH   |
|-----|-------------------------------|------------------|-------|------|---------------------|------|------|------|-----|----|-------|-----|-----|------|------|
| %   |                               |                  |       |      | mg kg <sup>-1</sup> |      |      |      |     |    |       |     |     |      |      |
| 2,0 | 1,3                           | 0,19             | 51,0  | 51,0 | 28,3                | 1,06 | 0,17 | 0,76 | 920 | 84 | 12050 | 270 | 550 | 14/1 | 6,25 |

Para calcular a dose de lodo de esgoto foi efetuada a mesma prática adotada na cultura da aveia, diferindo somente o teor de N e a umidade do lodo. As quantidades de lodo de esgoto estão apresentadas na Tabela 12.

### 5.9.2 Operação de instalação do ensaio

Antes da aplicação do composto foi realizada uma roçada no dia 6 de abril de 2009. No dia 14 de abril, foi aplicado o glyphosate na dosagem de 1 L ha<sup>-1</sup>. No dia 5 de maio foi efetuada outra aplicação de glyphosate na dosagem de 2 l ha<sup>-1</sup>.

A aplicação do composto foi realizada no dia 11 de maio de 2009. A regulagem foi feita na menor dosagem, colocando uma bandeja e passando o trator em cima. Conhecendo a área da bandeja, pôde-se calcular a quantidade do composto utilizado em 1 ha.

Nas demais dosagens foram passadas o trator 2, 3 e 4 vezes respectivamente. As dosagens empregadas estão apresentadas na tabela 12.

Tabela 12. Quantidade real de aplicação de composto para o trigo

| Tratamentos | Quantidade base úmida | Quantidade base seca | Quantidade de N     | Quantidade de N mineralizado (30%) |
|-------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------------|
|             |                       |                      | kg ha <sup>-1</sup> |                                    |
| T2          | 10.700                | 5.350                | 107                 | 32,1                               |
| T3          | 21.400                | 10.700               | 214                 | 64,2                               |
| T4          | 32.099                | 16.049               | 321                 | 96,3                               |
| T5          | 42.798                | 21.399               | 488                 | 128,4                              |

Foi efetuada a semeadura no dia 14 de maio. A cultivar utilizada foi a IAC 24. O espaçamento utilizado foi de 0,17 m entre linha. Foi calculado para cair 147 kg de sementes em 1 ha, equivalente a 400 sementes m<sup>2</sup>.

Na adubação de semeadura foi efetuada uma mistura da fórmula (01% N-16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -3,5% K<sub>2</sub>O) e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Dessa mistura, 70% foi da fórmula e 30% do cloreto de potássio. A dosagem dessa mistura foi de 110 kg ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a 0,77 kg ha<sup>-1</sup> de N, 12,36 kg. ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 21,72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

### 5.9.3 Operações durante o desenvolvimento da cultura

No dia 19 de maio foi efetuada a adubação nitrogenada no tratamento (T1), na dosagem de 34,5 kg ha<sup>-1</sup> de N. A fonte utilizada foi a uréia. Nesse mesmo dia foi executado o controle de formigas com Sulfuramida.

No dia 18 de junho foi adubado com N nos tratamento T1 e T2, na dosagem de 35 kg ha<sup>-1</sup>.

No dia 26 de junho foi aplicada uma dose do Metsulfuron Methyl para o controle de *Raphanus raphanistrum*, na dosagem de 3,3 gramas ha<sup>-1</sup>, em um volume de calda de 280 L ha<sup>-1</sup>.

No dia 15 de julho foi utilizado Tebuconazole para o controle de *Helminthosporium tritici repentis*, na dosagem de 0,8 L ha<sup>-1</sup>, em um volume de calda de 280 L ha<sup>-1</sup>.

No dia 5 de agosto foi aplicado Cyfluthrin + imidacloprid para o controle de *Diloboderus abderus* e *Rhopalosiphum padi*. A dosagem utilizada foi de 30 gramas em 100 L de água. Foi utilizado um volume de calda de 240 L ha<sup>-1</sup>

No dia 11 de setembro foi efetuada a colheita.

## **5.9.4 Parâmetros avaliados**

### **5.9.4.1 Estande inicial da cultura**

Para avaliar esse parâmetro, foi medido 1 metro em cada parcela e contado o número de plantas, utilizando 4 repetições de cada parcela. Essa amostragem foi feita aos 12 e 19 dias de plantio.

### **5.9.4.2 Diagnose foliar**

Por ocasião do início da floração, foram coletadas 10 amostras de folhas do trigo de cada parcela, da folha bandeira. Essas folhas foram lavadas com detergente e água deionizada, sendo posteriormente levadas à estufa, com circulação de ar forçada até atingir um peso constante. Em seguida, foram moídas e analisadas em Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al., 1997).

### **5.9.4.3 Acumulação de nutrientes nos grãos**

As amostras dos grãos de cada parcela foram coletadas e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 60 °C, moídas e, posteriormente, analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al., 1997). Após a determinação dos teores, foi calculada, por meio da massa dos grãos de uma planta, a exportação de nutrientes.

#### **5.9.4.4 Componentes de produção**

##### **5.9.4.4.1 Número final de plantas em 1 ha**

Para a determinação do número de plantas em 1 ha, foi colhida, em cada parcela, uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, em 6 repetições. Com isso, temos uma área por parcela colhida de 1,5 m<sup>2</sup>, que é a soma das 6 repetições. Após, foram contadas quantas plantas teriam nessa área. Em seguida, calculou-se da seguinte forma: em 1,5 m<sup>2</sup> temos o número de plantas contadas e em 10.000 m<sup>2</sup> temos o número final de plantas em 1 ha. Esses dados foram medidos na colheita do trigo realizada no dia 11 de setembro.

##### **5.9.4.4.2 Peso de matéria seca por planta**

Foram coletadas as mesmas plantas do item anterior. Foram retirados os grãos das espiguetas. As plantas com a espiguetas sem o grão foram colocadas em uma estufa de 60° C até atingirem um peso constante. Em seguida, foram retirados os materiais da estufa e pesados. Para a determinação do peso de matéria seca por planta, foi dividido o n° de plantas obtido na área de 1,5 m<sup>2</sup> pelo peso de matéria seca dessas plantas.

##### **5.9.4.4.3 Peso de matéria seca em 1 ha**

Determinado através da multiplicação do n° de plantas por ha pela massa de matéria seca.

##### **5.9.4.4.4 Rendimento de grão por planta**

Para obter o rendimento de grão por planta, dividiu-se o peso dos grãos das plantas pelo número de plantas. Feito isso, foi necessário corrigir a umidade para 13%.

##### **5.9.4.4.5 Rendimento de grão em 1 ha**

Para calcular o rendimento de grão por ha foi multiplicado o n° de plantas em 1 ha pelo rendimento de grão por planta.

#### 5.9.4.4.6 Massa de 1000 grãos

A massa é determinada através da coleta e contagem de 8 amostras de 100 grãos por parcela experimental e, após realização das pesagens, multiplicado por 10 (BRASIL, 1992).

#### 5.9.4.4.7 Peso hectolitrico

Para a determinação do peso hectolitrico (PH), que é a massa do grão em um determinado volume, foi estabelecido um volume de 250ml. Foram colocadas as sementes nesse volume e pesado. O valor foi dado em gramas. Dividindo-se esse valor obtido em gramas pelo volume de 250 ml teremos um resultado que, multiplicado por 100, daria o PH.

### 5.9.5 Dados climatológicos

Os dados climatológicos utilizados no presente estudo foram apenas os ligados à variável precipitação das chuvas (mm) e à temperatura. Foi instalado no local do ensaio um pluviômetro para medir a precipitação. No ciclo da cultura houve uma precipitação total de 463 mm, como se observa na Figura 6. Os dados de temperatura mínima, média e máxima média foram fornecidos pelo Departamento Recursos Naturais, Área de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, na própria Fazenda Experimental São Manuel, onde existe uma estação climatológica.

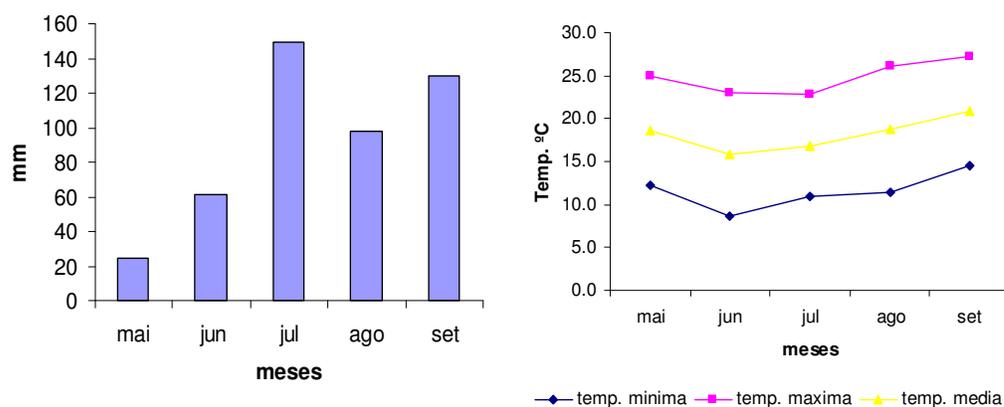


Figura 6. Precipitações médias, temperatura média mínima, média máxima e média no ciclo da cultura do trigo no ano de 2009.

### **5.10 Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan 5%, para os tratamentos que não receberam N (T0), tratamentos que receberam N mineral (T1), tratamentos que receberam 50% N mineral com 50% lodo de esgoto (T2), tratamentos que receberam 100% N lodo de esgoto (T3), realizando o programa de estatística Saeg, (1993).

Nos tratamentos T0, T3, T4 e T5, que sofreram o aumento da dose de lodo, foi efetuada uma regressão.

### **5.11 Análise química de solo ao final dos experimentos**

As amostras de solo foram retiradas no término dos ensaios nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Foram retiradas 10 sub amostras para formar uma amostra composta em cada parcela. As análises executadas foram: pH, MO, P, Ca, Mg, K, H+Al, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, (RAIJ et al 2001). O principal objetivo de realizar essa análise foi verificar o efeito do lodo de esgoto nos parâmetros de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

### **5.12 Balanço de nutrientes final**

Para cada tratamento foi elaborado um balanço total de nutrientes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn), que foram fornecidos através dos adubos orgânicos e minerais e saíram através da colheita de grãos do feijão, triticales, girassol e trigo. O P e K dos grãos foram transformados em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, multiplicando por 2,29 e 1,2, respectivamente.

### **5.13 Acúmulo de matéria seca em todos os ensaios**

Foi avaliado para cada tratamento o acúmulo da matéria seca, separando em partes as plantas que apresentam uma relação C/N mais estreita, feijão, folha e capítulo do girassol, bem como as plantas que apresentam uma relação C/N mais larga, como é o caso da aveia, triticales, caule de girassol e trigo. Essa separação foi levada a efeito porque plantas de relação C/N estreita fornecerão mais rapidamente o N; porém, a decomposição da palha é maior. Em seguida foi feita a produção total de matéria seca.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Ensaio da cultura da aveia preta**

#### **6.1.1 Parâmetros da cultura da aveia**

##### **6.1.1.1 Acumulo de matéria seca da aveia**

Na Tabela 13 observa-se que não houve diferenças estatísticas em função da forma que foi aplicado o lodo em nenhum dos momentos observados até mesmo o tratamento que não aplicou N não diferiram estatisticamente aos que foram aplicados N este fato pode ser explicado que no decorrer do ciclo da aveia a precipitação pluviométrica foi baixa no momento em que a planta necessitava uma maior quantidade de água veio a chover somente no final do ciclo, a maior absorção de N na aveia ocorre na fase do perfilhamento e esta fase ocorre em torno dos 30 dias após o plantio. Luz et al. (2008) observaram que não houve diferença estatística para o rendimento de matéria seca aos 60 dias dos tratamentos sem N e com doses de 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, houve apenas o efeito da irrigação.

Na Figura 7 observa-se que com o aumento da dosagem de lodo de esgoto aumentou-se também o rendimento da matéria seca linearmente até o final do ciclo, acredita-se que quando foi aplicado o lodo a própria matéria orgânica do lodo ajudou na

retenção de umidade. Aita et al., (2006) obtiveram um incremento de 2,5 t ha<sup>-1</sup> na produtividade de matéria seca da aveia com 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos de suínos em relação onde não foi aplicado este resíduo.

Santi et al. (2003) verificaram que a adubação nitrogenada na aveia incrementou a produção de matéria seca com aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup>, com ponto máxima eficiência técnica de 180 kg ha<sup>-1</sup>, porem tem que ter água suficiente no momento do perfilhamento.

O estabelecimento de cobertura verde de inverno é uma prática de manejo que tem demonstrado eficiência para auxiliar no controle de erosão, via manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo. Além deste aspecto, esta técnica propicia o aumento da disponibilidade de nutrientes (DERPSCH & CALEGARI, 1985) e o fornecimento de N pela decomposição da matéria orgânica (HEINZMANN, 1985).

Tabela 13. Produção média de matéria seca de aveia preta em dias após a semeadura (kg ha<sup>-1</sup>)

| Tratamentos | Produção de matéria seca em dias após o plantio (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |         |          |          |
|-------------|--|---------|---------|----------|----------|
|             | 60 dias  | 75 dias | 90 dias | 105 dias | 120 dias |
| T0          | 1034,4   | 1970,6  | 2705,3  | 4229,5   | 5288,9   |
| T1          | 1122,2   | 2262,0  | 2837,3  | 4156,2   | 5372,7   |
| T2          | 1275,9   | 2005,3  | 3188,3  | 4173,7   | 5241,9   |
| T3          | 1434,7   | 2294,1  | 3283,6  | 4719,6   | 5966,0   |
| F           | 1,98   | 1,67    | 1,83    | 0,65     | 1,33     |
| Média       | 1216,79  | 2133,01 | 3003,61 | 4319,73  | 5467,39  |
| CV          | 23,01  | 13,67   | 15,20   | 17,21    | 11,95    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

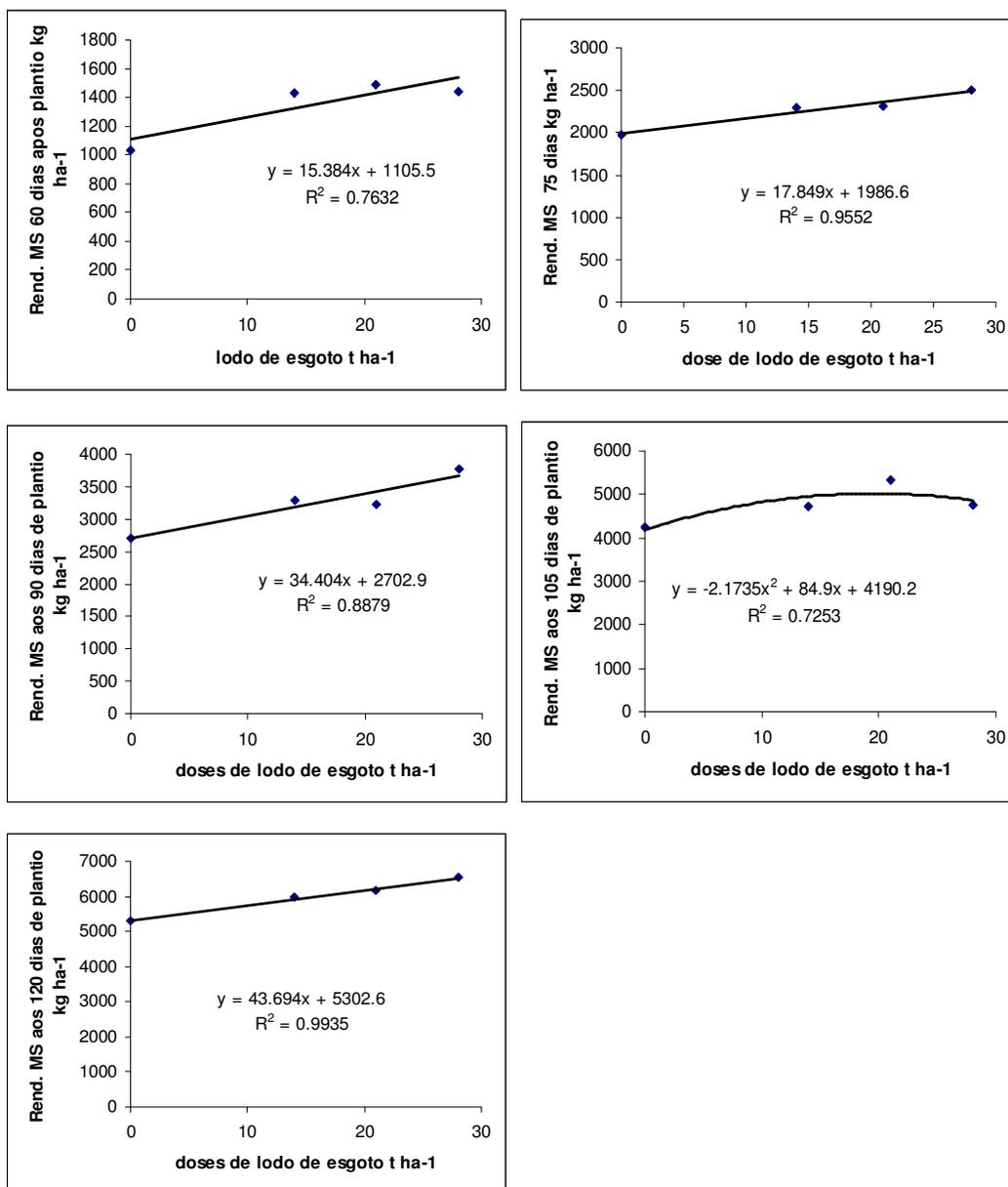


Figura 7 Rendimento de matéria seca no decorrer do ciclo da aveia em função do aumento da dose de lodo de esgoto

### 6.1.1.2 Teor de C na matéria seca

Observa-se na Tabela 14 que os tratamentos não variaram o teor de C, como já era de ser esperado. Na medida em que a planta vai crescendo o teor de C vai aumentando, ao contrário que ocorre com o N. Por este motivo que a relação C/N vai aumentando com crescimento da planta de aveia preta.

Aos 75 dias da semeadura pode ser verificado que houve um decréscimo no teor de C em função do aumento da dose de lodo, conforme mostra a Figura 8.

Tabela 14. Teor de carbono na matéria seca de aveia em dias após a semeadura.

| Tratamentos | 60 dias | 75 dias | 90 dias<br>g kg <sup>-1</sup> | 105 dias | 120 dias |
|-------------|---------|---------|-------------------------------|----------|----------|
| T0          | 444,8   | 469,6   | 472,8                         | 483,6    | 488,2    |
| T1          | 438,0   | 469,4   | 472,8                         | 479,2    | 490,2    |
| T2          | 445,8   | 472,8   | 472,8                         | 477,2    | 491,4    |
| T3          | 449,2   | 468,4   | 473,8                         | 476,0    | 493,6    |
| F           | 0,95    | 0,45    | 0,09                          | 1,30     | 0,88     |
| Média       | 444,4   | 470,0   | 473,0                         | 479,0    | 490,8    |
| CV          | 2,42    | 1,35    | 2,48                          | 1,37     | 1,09     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

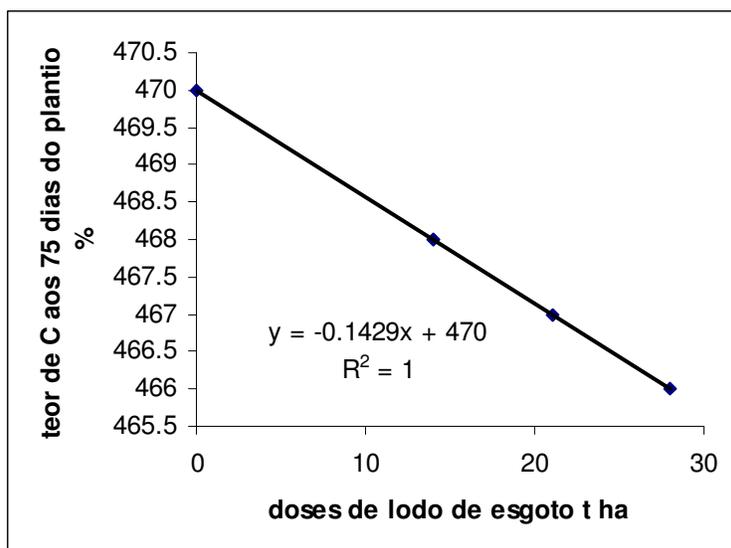


Figura 8 Teor de C aos 75 dias do plantio em função da dose de lodo de esgoto.

### 6.1.1.3 Teor de N na matéria seca

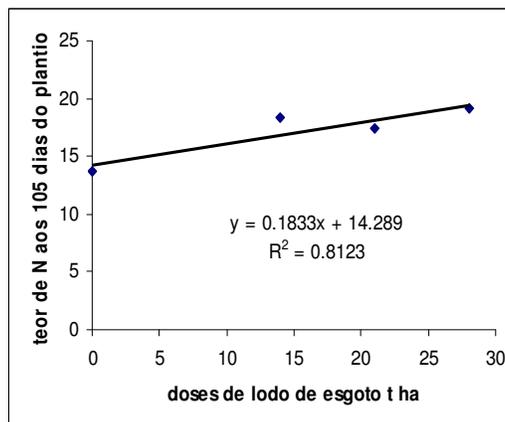
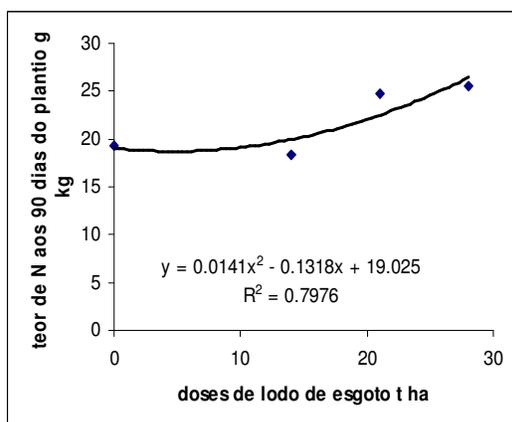
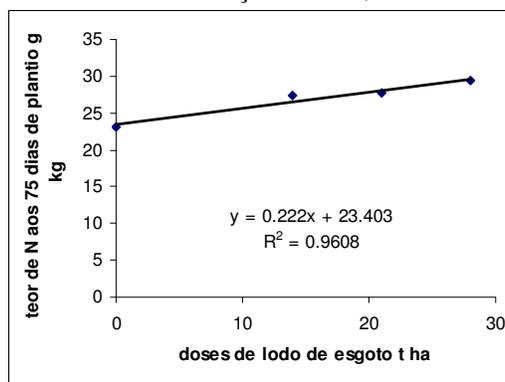
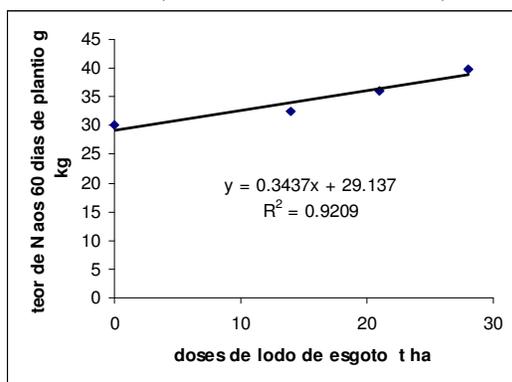
Quanto aos teores de N na matéria seca observa-se que os tratamentos que receberam N mineral apresentaram sempre superiores ao tratamento que não recebeu N mineral como pode ser observado na tabela 15.

Na Figura 9 observa-se que aumentou o teor de N em função do aumento da dose de lodo de esgoto.

Tabela 15. Teor de N na matéria seca de planta de aveia

| Tratamentos | 60 dias            | 75 dias | 90 dias | 105 dias | 120 dias |
|-------------|--------------------|---------|---------|----------|----------|
|             | $\text{g kg}^{-1}$ |         |         |          |          |
| T0          | 30,0 b             | 23,1 b  | 19,3 b  | 13,7 b   | 12,3 b   |
| T1          | 38,4 a             | 27,9 a  | 25,4 a  | 22,3 a   | 16,1 a   |
| T2          | 38,4 a             | 26,8 ab | 25,1 a  | 19,0 a   | 15,9 a   |
| T3          | 32,4 b             | 27,3 ab | 18,3 b  | 18,4 a   | 11,4 b   |
| F           | 7,10               | 2,50    | 7,55    | 7,80     | 8,24     |
| Média       | 34,8               | 26,3    | 22,0    | 18,4     | 13,9     |
| CV          | 10,30              | 11,63   | 13,83   | 15,55    | 13,52    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



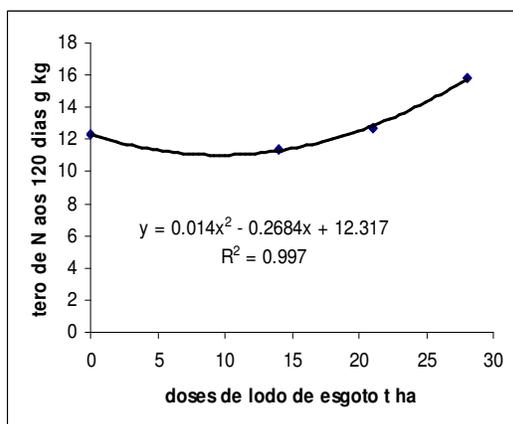


Figura 9 Teor de N na aveia em função da dose de lodo de esgoto

#### 6.1.1.4 Acúmulo de N na parte aérea da planta

Comparando os tratamentos T0, que não recebeu adubação de N mineral, em relação ao T1 que recebeu adubação nitrogenada mineral, observa-se na Tabela 16, que o N teve influência no acúmulo de N a partir dos 75 dias da semeadura.

Os tratamentos T1, T2 e T3 que receberam a mesma quantidade de N via mineral e orgânica, considerando uma mineralização da matéria orgânica de 30% do N do lodo, podemos observar na tabela 16 que somente no momento de 90 dias após a semeadura o tratamento T2 foi superior ao tratamento T3, acredita-se que depois deste momento houve uma maior mineralização do N do lodo de esgoto do T3.

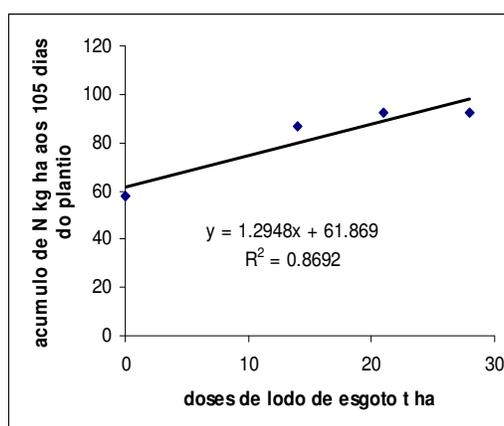
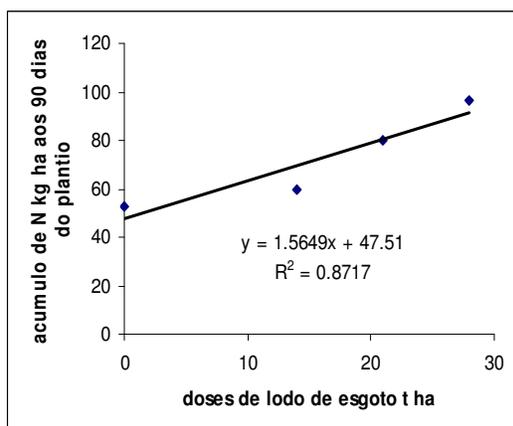
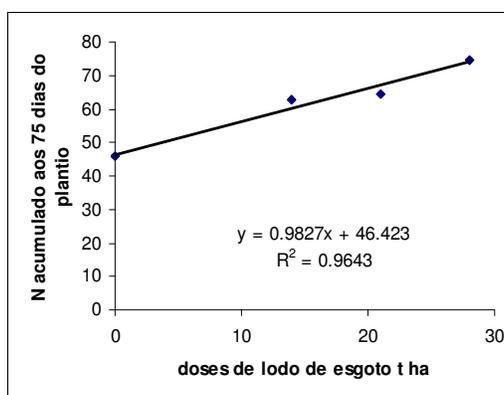
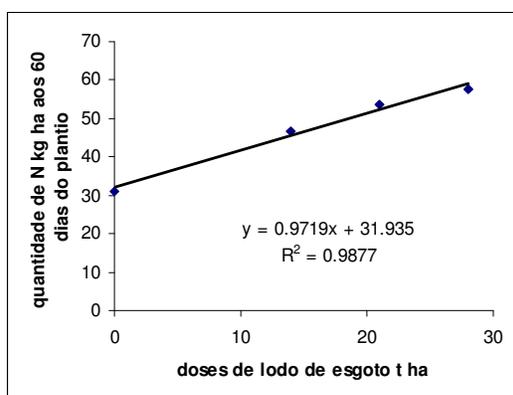
Com o aumento da dose de lodo observa-se na Figura 10 que ocorreu um aumento no acúmulo de N linearmente em todos os momentos.

Quando comparamos no final do ciclo o tratamento que recebeu a maior dosagem de lodo de esgoto (T5) em relação ao tratamento que não recebeu nenhuma forma de N (T0), obteve-se uma diferença de 40 kg de N ha<sup>-1</sup>, ou seja, o T5 mineralizou somente 40 kg de N.

Tabela 16. Acúmulo de N na parte aérea da planta de aveia

| Tratamentos | 60 dias  | 75 dias  | 90 dias             | 105 dias | 120 dias |
|-------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|
|             |          |          | kg ha <sup>-1</sup> |          |          |
| T0          | 31,11 b  | 45,77 b  | 52,62 c             | 57,65 b  | 63,95 c  |
| T1          | 42,87 ab | 62,96 a  | 71,00 ab            | 94,82 a  | 86,35 a  |
| T2          | 48,32 a  | 53,80 ab | 79,96 a             | 76,55 ab | 83,38 ab |
| T3          | 46,63 a  | 62,84 a  | 59,45 bc            | 86,88 ab | 68,38 bc |
| F           | 3,14     | 3,25     | 6,13                | 2,94     | 4,27     |
| Média       | 42,23    | 56,34    | 65,76               | 79,73    | 75,52    |
| CV          | 23,18    | 18,16    | 16,66               | 26,14    | 15,77    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



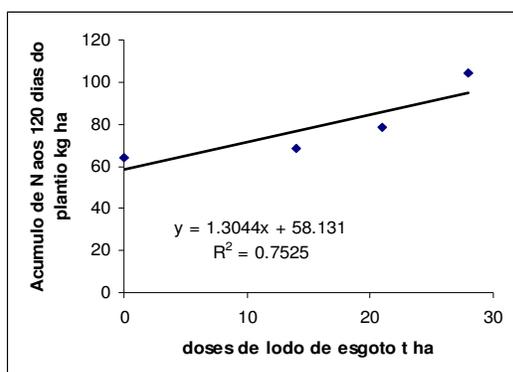


Figura 10. Acúmulo de N na planta em função da dose de lodo

#### 6.1.1.5 Relação C/N ao longo do ciclo da aveia

Observa-se na Tabela 17 que o tratamento T0, onde não foi aplicado N, apresentou uma relação C/N sempre superior ao tratamento que recebeu adubação nitrogenada (T1). No T0 até os 75 dias após a semeadura ocorrerá a mineralização da aveia, devido a relação C/N da aveia esta abaixo de 20, enquanto aos 105 dias após a semeadura em diante ocorrerá à imobilização da planta da aveia se esta for manejada no solo. Enquanto no tratamento T1 que recebeu N, a partir dos 105 dias da semeadura que a palha da aveia não irá fornecer N para a cultura subsequente, por apresentar uma relação C/N elevada. A partir dos 120 dias haverá uma imobilização do N pelos microorganismos do solo, estes dados podem ser observados na tabela 17. Com isso pode-se ganhar tempo para o plantio da outra safra. Para que ocorra a mineralização do N a relação C/N tem que estar abaixo de 20/1, entre 20 a 30 a mineralização e a imobilização estarão em equilíbrio e acima de 30 ocorrerá a imobilização do N, ou seja, os microorganismos irão utilizar o N do solo para que eles possam decompor o resíduo.

Verificando os tratamentos T1, T2 e T3 (Tabela 17), que receberam a mesma dosagem de N, observa-se que a relação C/N da aveia do T3, estava sempre superior aos T1 e T2, comprovando que a mineralização do N do T3 foi inferior a 30% (CONAMA,2006), devido a baixa quantidade de chuva nos primeiros dois meses. O tratamento T1 e T2 se comportaram praticamente da mesma maneira, sendo que até os 105 dias a mineralização do N proveniente da aveia seria mais rápido, enquanto que aos 120 dias irá ocorrer o processo de imobilização do N, ou seja, os microrganismos do solo irão retirar N

do sistema para poder decompor a palha. Já no tratamento T3 a mineralização da palha da aveia ocorrera até aos 75 dias, dos 90 aos 105 dias estará em uma fase de equilíbrio e nos 120 dias ocorrera a imobilização (KIEHL,1985).

Na Figura 11, os tratamentos T4 e T5 que receberam a maior dosagem de lodo de esgoto se comportaram da mesma forma, até os 90 dias aprotando para uma mineralização do N da palha da aveia. Nos 105 dias ocorreu um equilíbrio entre mineralização e imobilização e aos 120 dias ocorreu à imobilização de N, para cultura subsequente (KIEHL, 1985).

Para o tratamento que não recebeu N se for manejada acima dos 75 dias do plantio poderá ter problema de N para a cultura subsequente por apresentar uma rela C/N acima de 30 ocorrendo desta forma uma imobilização do N para a próxima cultura. Para os tratamentos que receberam N mineral poderão ser manejados até o final do ciclo sem ter problemas de imobilização de N para a próxima cultura ser implantada. Enquanto para o tratamento T5 podemos trabalhar até os 120 dias, com isso teremos um acréscimo de 1789,75 kg ha<sup>-1</sup> de massas secas, que é a diferença do 105 e 120 dias para este tratamento, isto porque embora a sua relação C/N esteja alta de 31,21, se considerarmos a relação C/N do lodo de esgoto de 8/1, acredita-se que não ira ocorrer problemas de imobilização do N para a cultura subsequente.

Considerando a quantidade de matéria seca produzida do T0 aos 90 dias, que foi de 2705,27 kg ha<sup>-1</sup> e do tratamento de maior produção, que foi o T5 aos 120 dias que foi de 6536,64 kg ha<sup>-1</sup>, acrescenta-se no sistema 3831,4 kg ha<sup>-1</sup>, a mais de palha de aveia, sem contar a própria matéria orgânica do lodo de esgoto.

Tabela 17. Relação C/N ao longo do ciclo da aveia

| Tratamentos | Relação C/N ao longo do ciclo da aveia |          |         |          |          |
|-------------|--|----------|---------|----------|----------|
|             | 60 dias                                | 75 dias  | 90 dias | 105 dias | 120 dias |
| T0          | 14,94 a                                | 20,43 a  | 25,09 a | 35,62 a  | 40,85 a  |
| T1          | 11,54 b                                | 17,03 b  | 18,83 b | 22,57 b  | 30,47 b  |
| T2          | 11,71 b                                | 17,71 ab | 18,92 b | 25,24 b  | 31,32 b  |
| T3          | 13,93 a                                | 17,49 ab | 26,56 a | 25,98 b  | 44,38 a  |
| F           | 7,72                                   | 2,52     | 6,27    | 10,08    | 6,07     |
| Média       | 13,03                                  | 18,16    | 22,35   | 27,36    | 36,75    |
| CV          | 10,34                                  | 11,93    | 16,21   | 14,67    | 17,10    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

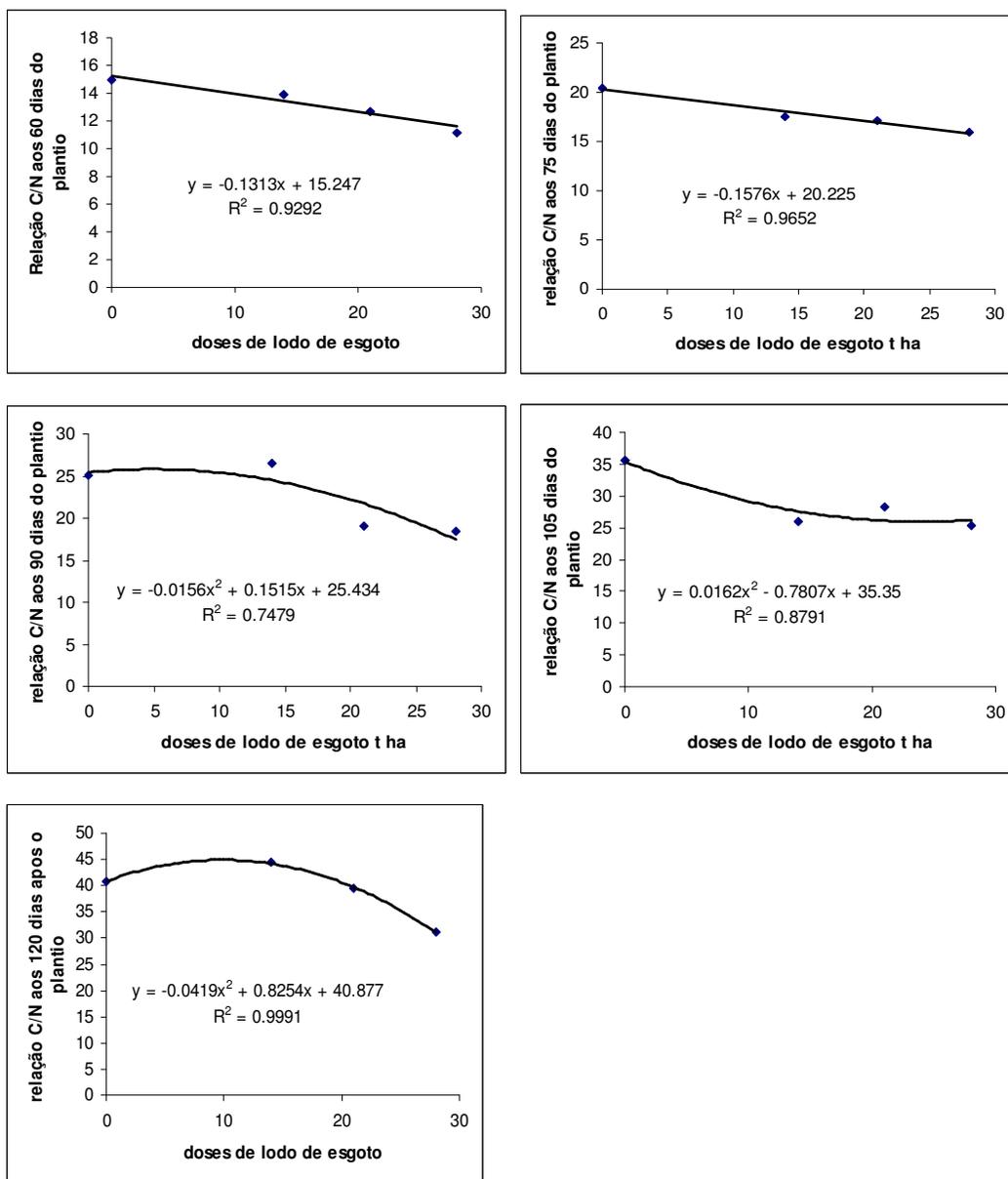


Figura 11 Relação C/N em função da dose de lodo de esgoto

## 6.2 Ensaio na cultura do feijão

### 6.2.1 Diagnose foliar.

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores foliares adequados para o feijoeiro são os seguintes: N (30-50 g kg<sup>-1</sup>), P (2-3 g kg<sup>-1</sup>), K (20-25 g kg<sup>-1</sup>), Ca (15-20 g kg<sup>-1</sup>), Mg (4-7 g kg<sup>-1</sup>) e S (5 -10 g kg<sup>-1</sup>).

Verifica-se na tabela 18 que para os teores de N o tratamento T3 esta acima dos valores adequados e os tratamentos (T0, T1 e T2) estão adequados. Entre os tratamentos não ocorreu variação. Arf et al. (2008), não observaram diferença nos teores de N nas folhas de feijão utilizando as seguintes doses de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup>). Binotti et al. (2007), verificaram que os tratamentos onde não foi aplicado N e onde foi aplicado 75 kg ha<sup>-1</sup> nos estágios V3 e V4, ocorreu uma diferença significativa nos teores foliares, no primeiro cultivo de feijão após milho. Verifica-se na Figura 12 que com o aumento da dose de lodo aumentou o teor de N na folha.

Quanto ao P observou-se que todos os tratamentos apresentaram valores acima dos níveis adequados e não ocorreu diferença significativa (Tabela 18). Com aumento da dose de lodo compostado verifica-se que houve um decréscimo no teor e posteriormente um aumento (Figura 12), porém apresentaram teores adequados de P.

Observou-se na tabela 18 que o tratamento que não foi aplicado N estava com um teor de K na foliar acima do adequado e os outros tratamentos apresentaram adequados, porém não ocorreu variação entre os tratamentos. Em função do aumento da dose de lodo observou-se que ocorreu um decréscimo no teor e posteriormente um aumento (Figura 12), embora o lodo tenha pouco K o lodo apresenta cargas negativas que ao longo do tempo pode ter adsorvido uma quantidade maior de K nas primeiras camadas do solo, devido a este fato o T5 apresentou um teor nas folhas bem mais elevado.

No Ca todos os tratamentos apresentaram teores abaixo do adequado (15-20 g kg<sup>-1</sup>), acredita-se que esta relacionada aos altos teores apresentados de N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e K<sup>+</sup>, mas não foi analisado que inibiu a absorção do Ca, porém não foi encontrada deficiência visual de Ca nas folhas. O tratamento que recebeu 50% N lodo combinado com 50% N mineral apresentou-se superior ao tratamento que recebeu 100% lodo. Na figura 12 observa-se que apresenta uma queda no teor de Ca e em seguida um aumento em função do aumento da dose de lodo compostado.

O Mg todos apresentara teores abaixo do adequado, isto pode ter ocorrido devido aos teores elevados de K e ou N inibiu o Mg, porem não foi apresentado visualmente sintomas de deficiência. Em função do aumento da dose de lodo o Mg se comporstaou da mesma forma que o K.

O S apresentou teores abaixo do adequado para todos os tratamentos, como em todas as culturas utilizadas no sistema utilizou-se como fonte de K o KCl, o Cl pode ter inibido a absorção pelo S. Observa-se na tabela 18 que não ocorreu variação entre os tratamentos. Em função do aumento de dose de lodo compostado não houve uma correlação com os teores de S na folha.

José (2001) constatou que o aumento das doses de N apresentou um decréscimo dos teores de Mg e S em feijão, podemos observar que verificamos um decréscimo também dos teores foliares de S onde foi aplicado o N e onde não aplicou N.

Tabela. 18 Teores foliares de macronutrientes no feijão

| Trat  | N    | P     | K     | Ca                 | Mg    | S     |
|-------|------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
|       |      |       |       | g kg <sup>-1</sup> |       |       |
| T0    | 49,2 | 6,8   | 27,2  | 7,0 ab             | 3,7 a | 2,7   |
| T1    | 49,0 | 6,2   | 24,2  | 6,3 ab             | 3,8 a | 2,3   |
| T2    | 47,2 | 5,6   | 25,7  | 7,7 a              | 3,8 a | 2,6   |
| T3    | 51,0 | 6,0   | 24,0  | 5,7 b              | 3,1 b | 2,7   |
| F     | 0,76 | 1,38  | 0,93  | 2,26               | 12,99 | 2,23  |
| Média | 49,1 | 6,1   | 25,3  | 6,7                | 3,6   | 2,6   |
| CV    | 7,18 | 13,93 | 12,30 | 17,40              | 5,1   | 10,12 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

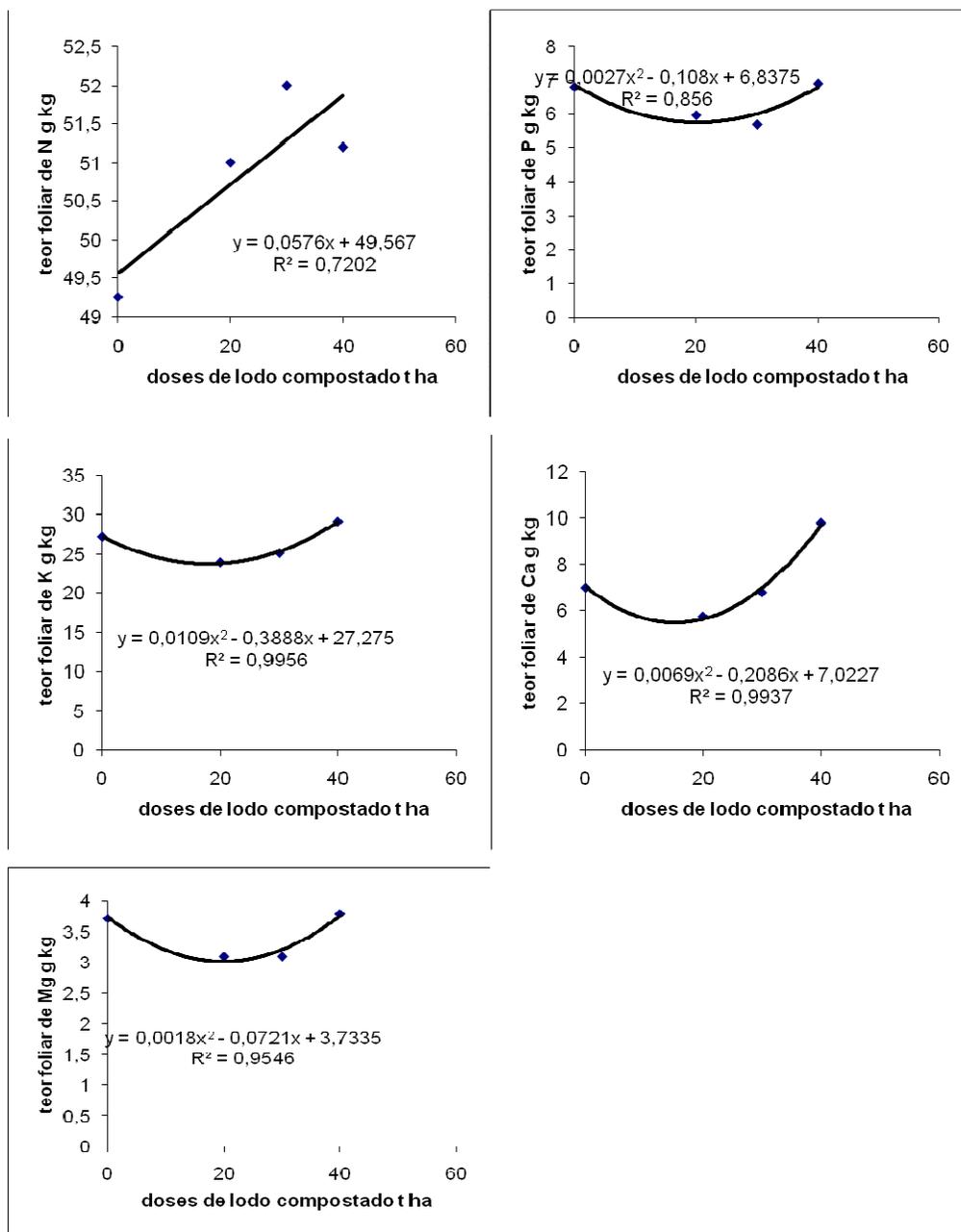


Figura 12 Teores foliares de macronutrientes no feijão em função da dose de lodo compostado

Para os micronutrientes os teores adequados, segundo (Malavolta et al. 1997), são os seguintes: B (30 – 60 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (10 – 20 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (100 -450 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (30 - 300 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (20 - 100 mg kg<sup>-1</sup>).

Pode-se observar na Tabela 19 que todos os micronutrientes apresentaram teores adequados.

Os teores foliares de Cu, Mn e Zn não variaram entre os tratamentos apresentados na tabela 19. O teor foliar de B foi superior estatisticamente no tratamento que não recebeu N em relação ao tratamento que recebeu 50% N lodo combinado com 50% N mineral. Para o Fe onde não foi aplicado N apresentou-se um maior teor de Fe na folha e onde foi 50% N mineral combinado co 50% N lodo foi inferior aos tratamentos que não receberam o lodo.

Com o aumento da dose de lodo compostado verifica-se na Figura 13 que o B apresentou um decréscimo no teor e posteriormente um aumento. O Cu apresentou um decréscimo e um aumento, pôr menos acentuado que o B. O Fe apresentou um decréscimo em uma função quadrática. O Mn e o Zn apresentaram um pequeno decréscimo e posteriormente um aumento em uma função quadrática.

Rodrigues (2.001) observou que aumentando doses de N no feijão até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N diminuiu o teor de Fe nas folhas, no qual podemos observar neste ensaio que o T0 onde não foi N apresentou teor de Fe mais elevado que o T2, embora o lodo de esgoto apresente um teor de Fe elevado.

Tabela 19 Teores foliares de micronutrientes no feijão

| Tratamento | B       | Cu    | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn    | Zn    |
|------------|---------|-------|---------------------------|-------|-------|
| T0         | 55,0 a  | 16,8  | 169,7 a                   | 55,0  | 65,2  |
| T1         | 51,0 ab | 16,2  | 140,2 b                   | 54,2  | 63,7  |
| T2         | 48,2 b  | 15,0  | 113,7 c                   | 54,0  | 62,2  |
| T3         | 50,5 ab | 14,0  | 136,7 bc                  | 56,0  | 70,0  |
| F          | 2,18    | 1,56  | 7,98                      | 0,02  | 0,65  |
| Média      | 51,2    | 15,5  | 140,1                     | 54,8  | 65,3  |
| CV         | 7,43    | 12,84 | 11,61                     | 22,04 | 12,72 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

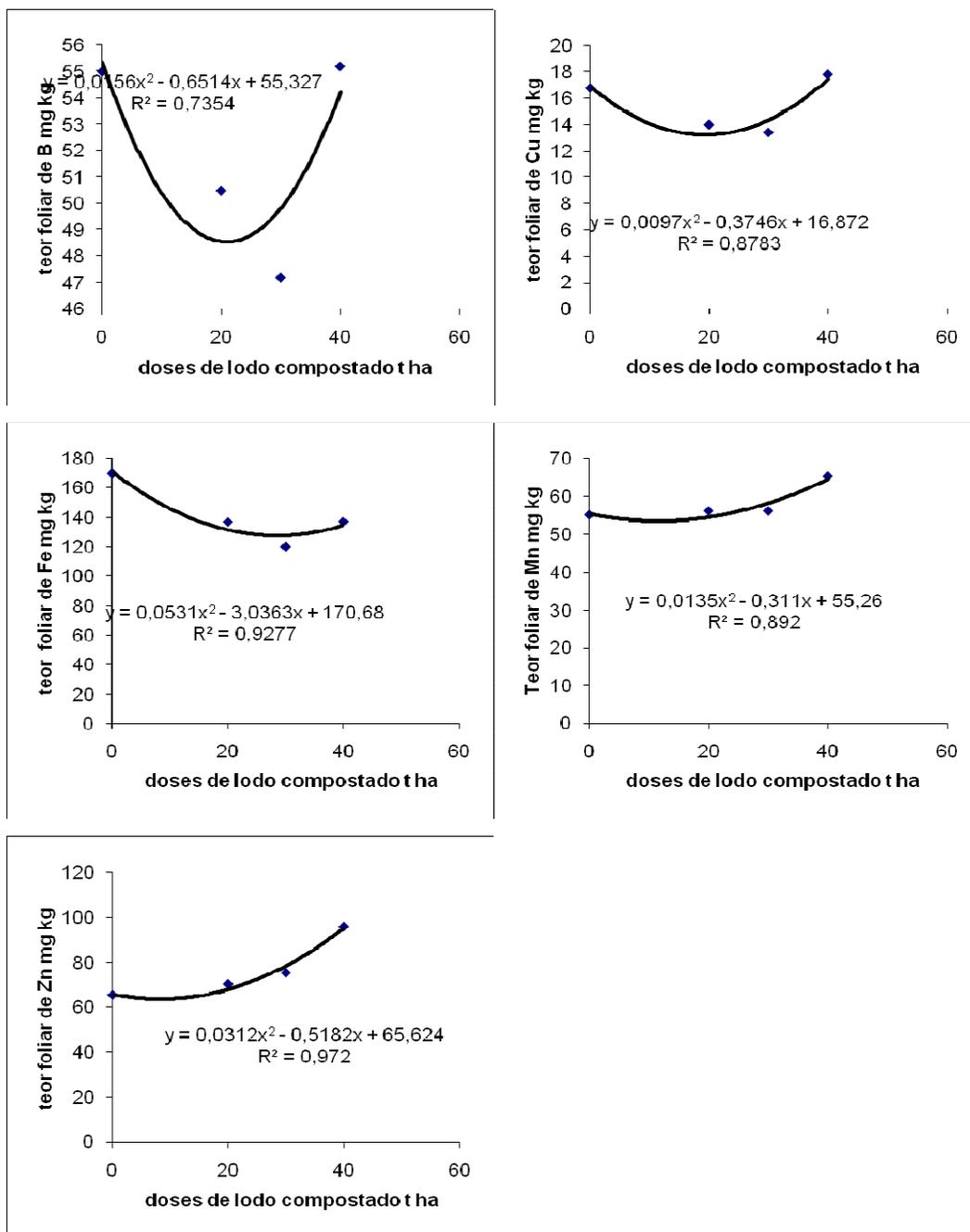


Figura 13 Teor foliar de micronutrientes no feijão em função da dose de lodo compostado

### 6.2.2 Exportação de nutrientes no grão.

Verifica-se na Tabela 20 que no tratamento de 50% de N proveniente do lodo compostado combinado com 50% N mineral apresentou uma exportação de N superior ao

tratamento onde não foi aplicado N. Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou-se a exportação de N (Figura 14).

Para o P apresentou-se uma exportação superior os tratamentos que foram aplicados lodo compostado em relação ao tratamento que não aplicou lodo (Tabela 20). Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou a exportação de P linearmente (Figura 14). O lodo compostado apresenta uma elevada quantidade de P e este elemento é pouco perdido por lixiviação, sendo que este ensaio já esta com 4 aplicações de resíduo orgânico.

Quanto ao K o tratamento (50% N lodo compostado + 50% N mineral), apresentou superior ao tratamento que não foi aplicado N. Segundo Amaral et al. (1980), para a cultivar carioca a exportação de K esta entre 14 e 72 kg ha<sup>-1</sup>, podemos observar que todos os tratamentos estão nesta faixa. Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou-se linearmente a exportação de K (Figura 14)

Na exportação de Ca e Mg não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Porém houve um aumento linear crescente em função da dose de lodo compostado (Figura 14).

Para o S não houve alteração na exportação de nutrientes entre os tratamentos. Com o aumento da dose de lodo compostado houve um pequeno decréscimo e um acréscimo em seguida.

Tabela 20 Exportação de macronutrientes do feijão

| Tratamento | N        | P      | K        | Ca<br>kg ha <sup>-1</sup> | Mg    | S     |
|------------|----------|--------|----------|---------------------------|-------|-------|
| T0         | 49,62 b  | 6,32 b | 21,87 b  | 7,77                      | 4,74  | 5,11  |
| T1         | 57,73 ab | 6,34 b | 24,57 ab | 12,18                     | 6,13  | 3,97  |
| T2         | 69,84 a  | 8,07 a | 29,12 a  | 8,54                      | 5,98  | 4,15  |
| T3         | 65,16 ab | 7,81 a | 27,90 ab | 10,89                     | 6,67  | 4,53  |
| F          | 3,16     | 4,35   | 2,77     | 1,24                      | 1,26  | 0,26  |
| Média      | 60,58    | 7,13   | 25,87    | 9,85                      | 5,88  | 4,44  |
| CV         | 16,43    | 12,57  | 15,26    | 37,25                     | 24,73 | 44,00 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

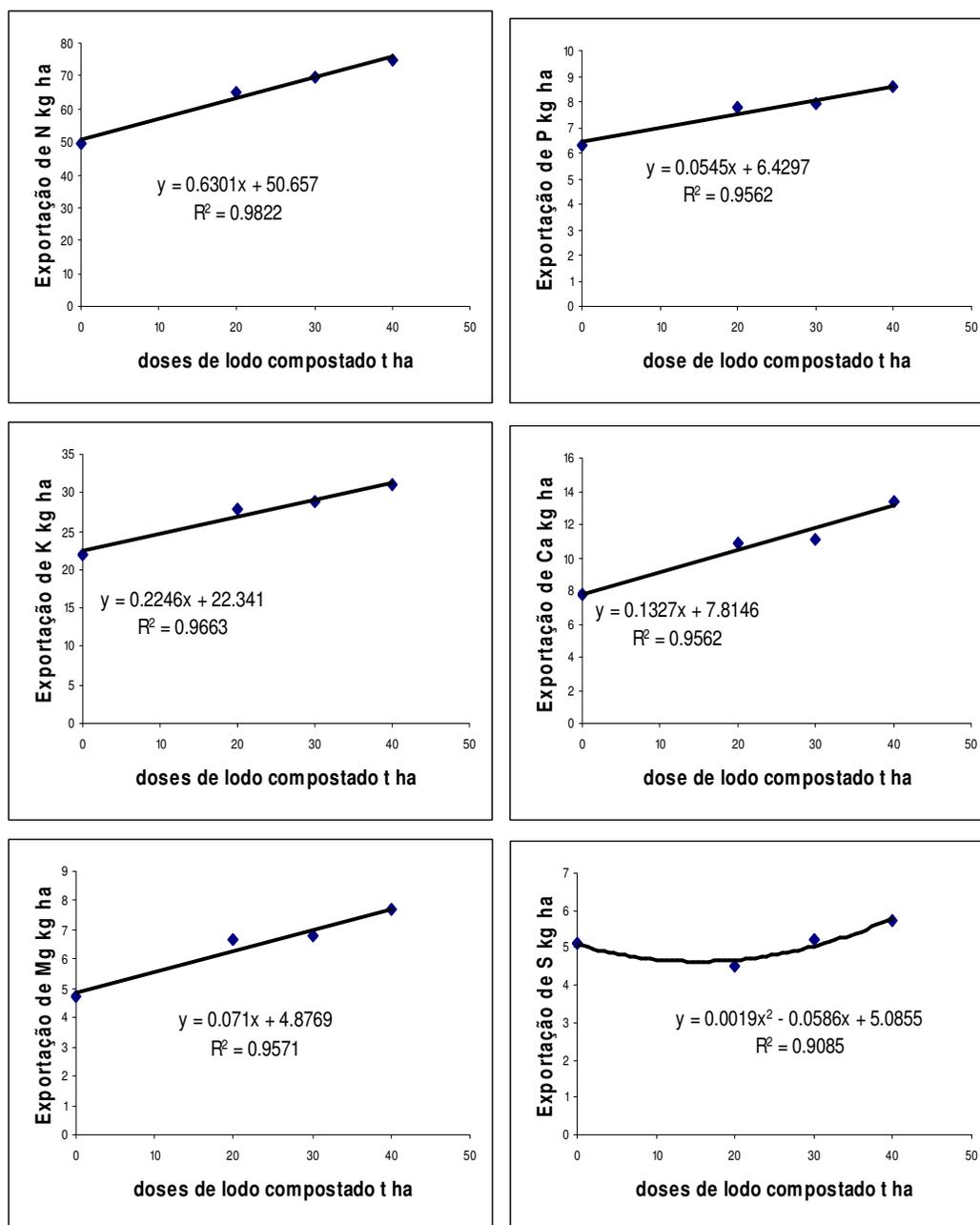


Figura 14 Exportação de macronutrientes do feijão em função da dose de lodo compostado

Observa-se que a exportação de B e Zn, no tratamento que utilizou 100% N proveniente do lodo compostado exportou mais do que o tratamento que não recebeu N. Com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu uma aumento na exportação de uma forma quadrática (Figura 15).

Para o Cu e Mn os tratamentos que receberam N exportaram mais em relação ao tratamento que não recebeu N. Com aumento da dose de lodo compostado aumentou a exportação de Cu e Mn de uma forma quadrática.

Quanto ao Fe observa-se na Tabela 21 que os tratamentos não variaram a exportação. Porém com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento na exportação de Fe, conforme apresenta a Figura 15.

Tabela. 21. Exportação de micronutrientes do feijão

| Tratamento | B        | Cu      | Fe<br>g ha <sup>-1</sup> | Mn      | Zn       |
|------------|----------|---------|--------------------------|---------|----------|
| T0         | 39,70 b  | 13,24 b | 172,51                   | 20,53 b | 56,19 b  |
| T1         | 57,78 ab | 18,37 a | 239,35                   | 28,98 a | 67,31 ab |
| T2         | 48,83 ab | 19,94 a | 229,17                   | 30,16 a | 72,99 ab |
| T3         | 64,21 a  | 22,60 a | 243,79                   | 32,09 a | 89,10 a  |
| F          | 2,69     | 5,71    | 1,66                     | 8,66    | 3,70     |
| Média      | 52,63    | 18,54   | 221,21                   | 27,94   | 71,40    |
| CV         | 24,75    | 17,77   | 23,17                    | 12,41   | 19,96    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

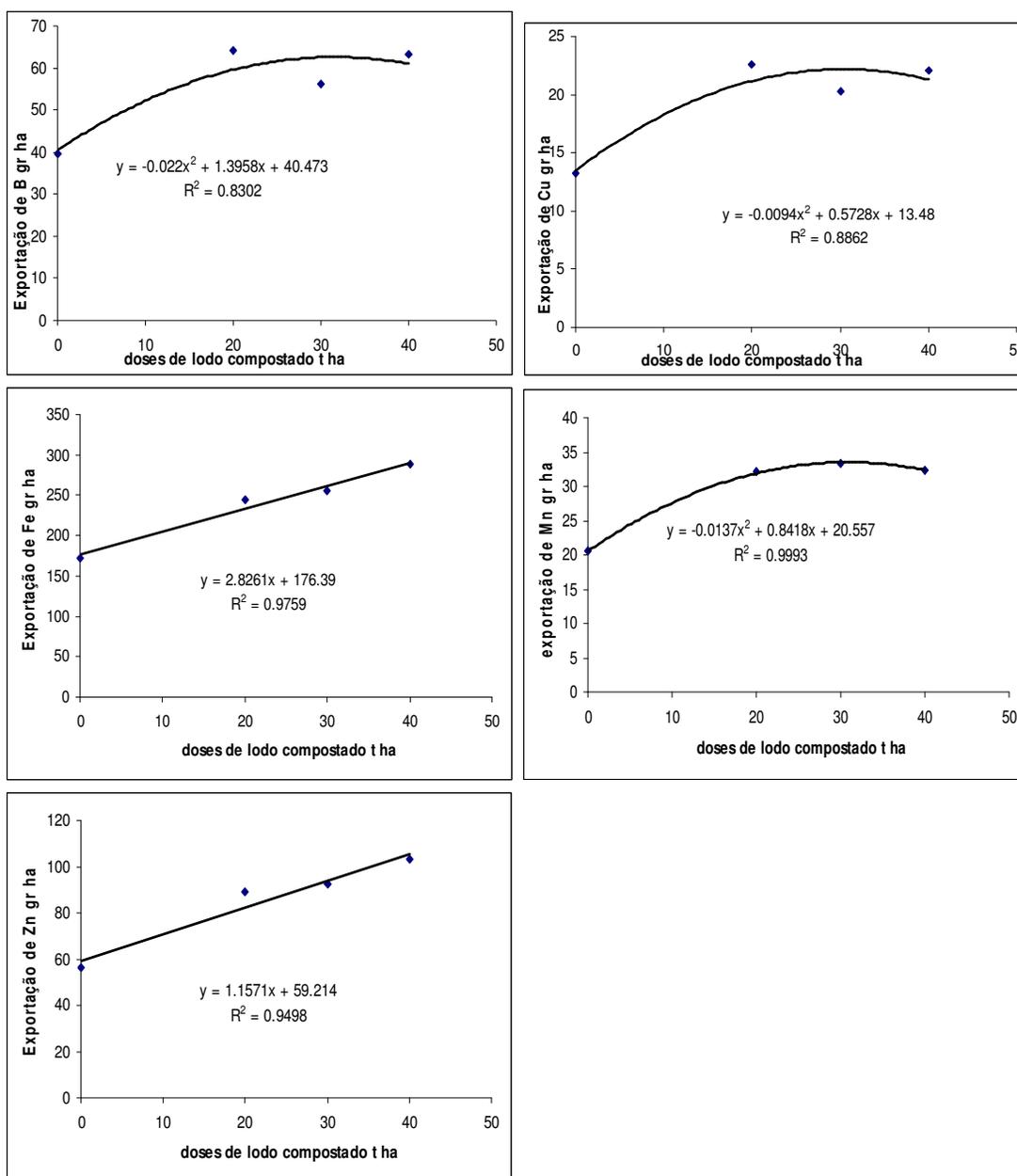


Figura 15 Exportação de micronutrientes do feijão em função da dose de lodo compostado

## 6.2.3 Componentes de produção.

### 6.2.3.1 Número de plantas em 1 ha.

Observa-se na Tabela 22 que a média do estande geral foi de 178.023 plantas em 1 ha, que representa 61% do número de sementes semeadas. Dentre os tratamentos observa-se na Tabela 22 que o número de plantas finais não variaram entre os tratamentos. O

feijão sendo uma planta que quando esta em um estande baixo é aumentada à produtividade por planta compensando a falha de estande, ou seja, onde ocorrem falhas de estande o feijão compensa em produção por planta até certo ponto. Acredita-se que este abaixamento de estande em relação ao numero original de sementes semeadas, não ocorreria nenhum problema de produtividade no final.

Tabela 22 Número da média de planta ha<sup>-1</sup>, vagem por planta e vagem por ha

| Tratamentos | Numero de planta em 1 ha | Número de vagem por planta | Número de vagem em 1 ha |
|-------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| T0          | 189.627,7                | 7,86 b                     | 1.482.948 b             |
| T1          | 179.257,5                | 9,45 ab                    | 1.688.872 ab            |
| T2          | 174.813,1                | 10,89 a                    | 1.871.092 a             |
| T3          | 176.294,5                | 11,27 a                    | 1.971.832 a             |
| F           | 0,42                     | 5,52                       | 3,41                    |
| Média       | 179.998                  | 10,37                      | 1.753.686               |
| CV          | 11,42                    | 11,88                      | 13,29                   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

### 6.2.3.2 Número de vagem por planta.

Neste parâmetro observa-se na tabela 22 que o tratamento (T2 e T3) foram superiores ao tratamento, que não recebeu N (T0). Não houve variação entre os tratamentos que receberam N mineral ao que não recebeu N, acredita-se que este fato de não variar o número de vagem por planta em relação ao tratamento que não recebeu N e o tratamento que recebeu N deve ser explicado que anteriormete a cultura era aveia e esta formou uma excelente cobertura no solo, como no feijão foi feito o plantio direto a palha da aveia não deixando alterar a temperatura do solo favoreceu a fixação biológica do N, devido a isto o tratatamento que não recebeu N conseguiu fixar no teor adequado para completar o seu ciclo e a propria palha da aveia disponibilizou o N da aveia que foi semeado o feijão dois meste ao manejo da palha da aveia com isto já deu tempo de mineralizar o N da palha da aveia. Dinis (1995) a adubação nitrogenada de 40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e em cobertura mostrou eficiente no feijoeiro aumentando o número de vagens por planta e peso das sementes, resultando em um acréscimo de produtividade da ardem de 19 a 39%. Observa-se na Figura 16 que o aumento da dose de lodo aumentou-se o número de vagem por planta.

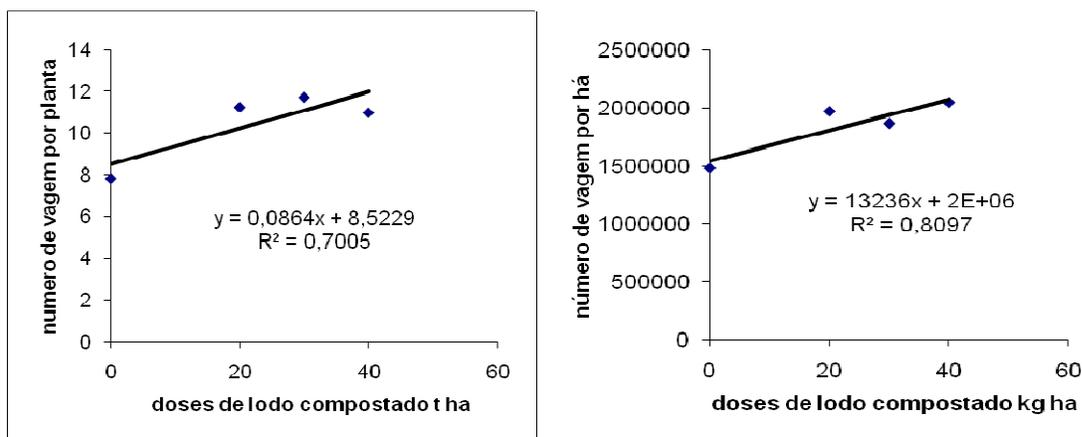


Figura 16 Número de vagem do feijoeiro em função da dose de lodo compostado

### 6.2.3.3 Número de vagem em 1 ha.

Quanto ao número de vagem em 1 ha os tratamentos T2 e T3 foi superior ao tratamento que não foi aplicado N (T0). E o aumento da dose de lodo compostado aumentou o número de vagem total no ha como mostra a Figura 16.

### 6.2.3.4 Rendimento de matéria seca folha + caule + raiz.

Verifica-se que este parâmetro não diferiu estatisticamente entre os tratamentos apresentados na tabela 23. Porém o aumento da dose de lodo proporcionou um aumento linear neste parâmetro, como observa-se na Figura 17.

Tabela 23 – Rendimentos de matéria seca do feijão

| Tratamentos | Folha + caule + raiz | Vagem    | Total   |
|-------------|----------------------|----------|---------|
|             | kg ha <sup>-1</sup>  |          |         |
| T0          | 790,44               | 506,74 b | 1297,17 |
| T1          | 1.156,55             | 587,40 b | 1743,95 |
| T2          | 1.005,86             | 756,36 a | 1762,22 |
| T3          | 915,80               | 583,71 b | 1499,51 |
| F           | 1,93                 | 4,32     | 2,03    |
| Média       | 967,16               | 608,55   | 1573,71 |
| CV          | 22,91                | 16,65    | 19,62   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

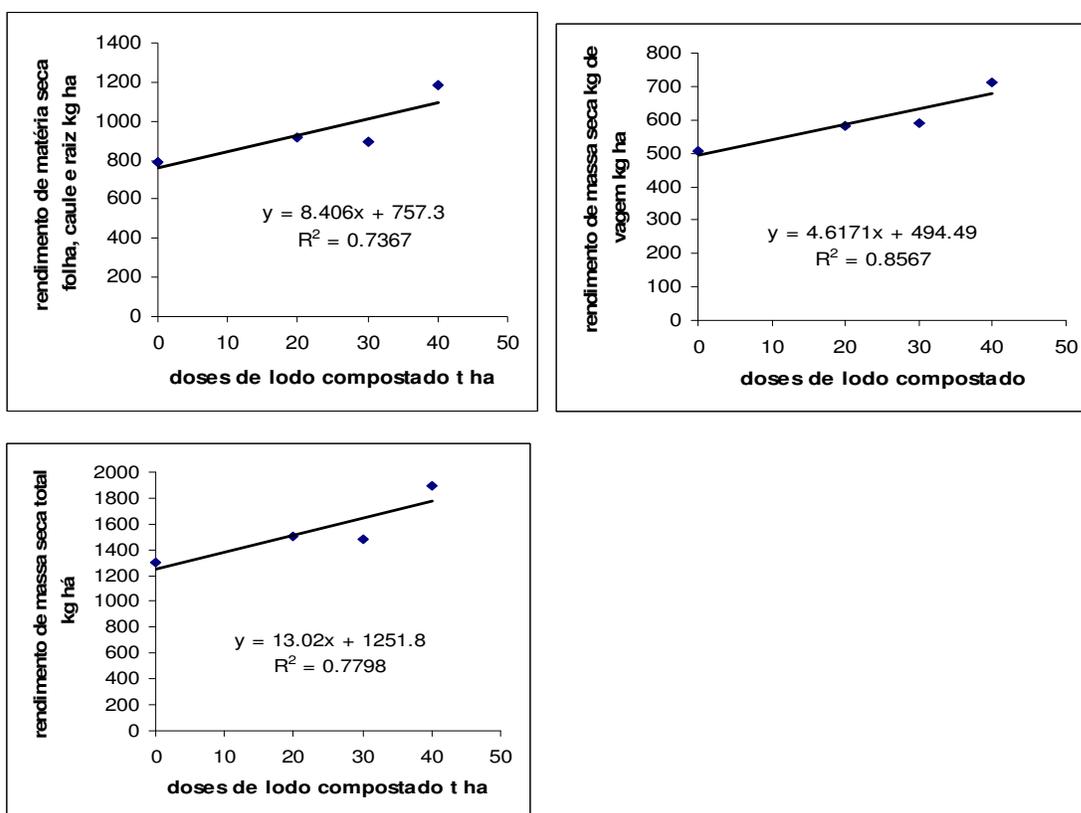


Figura 17 Rendimento de matéria seca em função da dose de lodo compostado

#### **6.2.5.5 Rendimento de matéria seca de vagem.**

Verifica-se na Tabela 23 que o tratamento (T2), foi superior aos tratamentos (T0, T1 e T3). Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou o rendimento de matéria seca em  $\text{kg ha}^{-1}$  linearmente, conforme se observa na Figura 17.

#### **6.2.5.6 Rendimento de matéria seca total em 1 ha**

O rendimento  $\text{kg ha}^{-1}$  de matéria seca total entre os tratamentos não diferiram estatisticamente (Tabela 23). O aumento da dose de lodo compostado aumentou linearmente o rendimento de matéria seca (Figura 17). Vieira et al., (2005) Verificou que com feijão tratado com lodo de esgoto obteve uma produtividade de matéria seca superior da adubação mineral, considerando a mesma dosagem de N.

#### **6.2.5.7 Rendimento de grão**

Observa-se na Tabela 24 que não ocorreu variação entre os tratamentos no rendimento de grão do feijoeiro em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Ocorreu um aumento no rendimento de grão com o aumento da dose de lodo compostado, conforme mostra a figura 20. Gardioli & Fortes Neto, (2004) obtiveram um aumento quadrático no rendimento de grão no feijão preto em função do aumento da dose de lodo de esgoto. Meira et al. (2005) testando doses de N no feijoeiro na base de 0, 40, 80, 120, 160, 200, 240  $\text{kg ha}^{-1}$ , obtiveram os seguintes resultados em produtividade 3024, 3372, 3510, 3470, 3639, 3539, 3516 respectivamente. Farinelli et al (2006), obtiveram aumento de produtividade de grão com feijoeiro até a dosagem de 172  $\text{kg ha}^{-1}$  de N.

Deschamps e Favaretto (1997) observaram que o lodo de esgoto pode ser utilizado como adubação orgânica, substituindo 100% a quantidade de N recomendado, sem prejuízo no rendimento do feijoeiro quando comparado a adubação mineral.

Tabela 24. Rendimento de grão e peso de mil sementes no feijão

| Tratamentos | Rendimento de grão<br>kg ha <sup>-1</sup> | Peso de mil sementes<br>g |
|-------------|---|---------------------------|
| T0          | 1.823                                     | 286,9                     |
| T1          | 2.297                                     | 289,1                     |
| T2          | 2.426                                     | 290,3                     |
| T3          | 2.537                                     | 296,8                     |
| F           | 1,98                                      | 0,98                      |
| Média       | 2.270                                     | 290,8                     |
| CV          | 19,64                                     | 2,91                      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

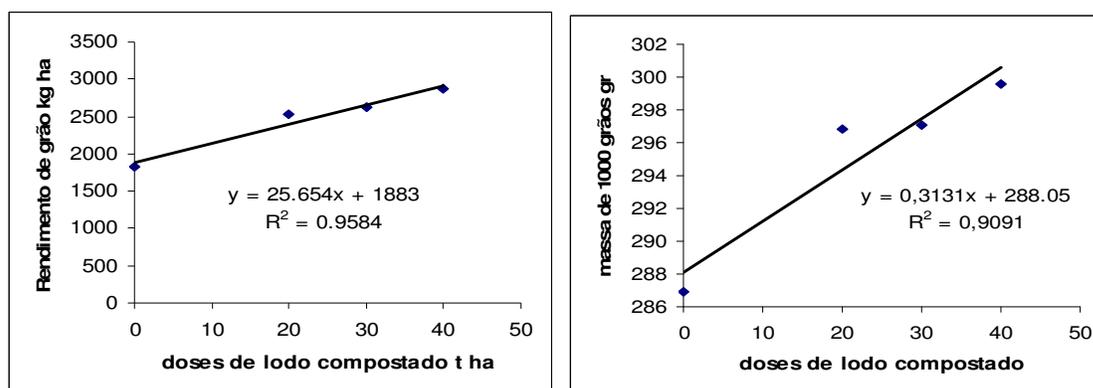


Figura 18 Rendimento de grão e massa de mil grãos do feijão em função da dose de lodo compostado

### 6.2.5.8 Massa de 1000 grãos

Quanto a massa de 1000 grãos observa-se na Tabela 24 que não ocorreu variação entre os tratamentos. Houve um aumento linear em função da dose de lodo compostado (Figura 18).

## 6.3 Ensaio de triticales

### 6.3.1 Plantas emergidas do triticales em 1 ha

Observa-se na Tabela 25 que em nenhum momento diferiu estatisticamente o número de plantas emergidas até os 31 dias após a semeadura. Com o aumento das doses de lodo compostagem não houve uma relação.

Tabela 25 Plantas emergidas em 1 ha

| Tratamento | 11 dias de semeadura           | 18 dias de semeadura | 31 dias de semeadura |
|------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
|            | Nº de plantas ha <sup>-1</sup> |                      |                      |
| T0         | 974.243                        | 1.455.894            | 1.882.368            |
| T1         | 985.302                        | 1.389.658            | 1.711.072            |
| T2         | 937.537                        | 1.345.540            | 1.658.013            |
| T3         | 724.241                        | 1.238.951            | 1.753.661            |
| F          | 1,00 <sup>ns</sup>             | 0,485 <sup>ns</sup>  | 1,04 <sup>ns</sup>   |
| Média      | 905.331                        | 1.357.511            | 1.751.279            |
| CV         | 30,24                          | 21,55                | 11,98                |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

### 6.3.2 Diagnose Foliar

Segundo Cantarella et al., (1996) os teores foliares adequados para a cultura do trigo, embora não foi encontrado na literatura o teor adequado para o triticale foi utilizado o que tem para a cultura do trigo que são os seguintes: N (20 a 34 g kg<sup>-1</sup>); P (2,1 a 3,3 g kg<sup>-1</sup>); K (15 a 30 g kg<sup>-1</sup>); Ca (2,5 a 10 g kg<sup>-1</sup>); Mg (1,5 a 4 g kg<sup>-1</sup>); S ( 1,5 a 3 g kg<sup>-1</sup>).

Para o N verifica-se que todos os tratamentos apresentaram teores acima do adequado, isto pode ser explicado pelo fato que a cultura anterior que era feijão apresenta uma baixa relação C/N em sua palha com isso facilitou a mineralização do N do feijão para o triticale. Entre os tratamentos o tratamento T2 e T3 foram superiores ao tratamento que não recebeu N (T0) (Tabela 27). Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou linearmente o teor de N na folha (Figura 19).

Nos teores foliares de P observa-se que todos os teores estavam abaixo do adequado e entre os teores não variaram estatisticamente. Não houve uma relação com o teor de P em função da dose de lodo compostado.

Para o K todos os tratamentos apresentaram teores adequados e não ocorreu variação entre os tratamentos. Observa-se na Figura 19 que ocorreu um decréscimo no teor e posteriormente um aumento em função da dose de lodo compostado.

No Ca todos os tratamentos apresentaram teores adequados e entre os tratamentos não houve diferenças significativas. A medida que foi aumentando a dose de lodo compostado foi aumentando o teor foliar de uma forma linear como mostra a Figura 19.

O Mg apresentaram em todos os tratamentos teores adequados e não diferiram entre os tratamentos, porem com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento linear nos teores foliares de Mg.

O S os tratamentos T0 e T1 apresentaram adequados e os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram acima do adequado, ou seja, os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto obtiveram teores acima do adequado e os tratamentos que não foram aplicados lodo de esgoto apresentaram adequados. O lodo de esgoto apresenta uma boa quantidade de S e as adubações para suprir o P foi efetuado com superfosfato simples em quase todos os ensaios e o superfosfato simples contem uma quantidade adequada de S. E entre os tratamentos observa-se na Tabela 27 que o tratamento T3 foi superior estatisticamente que os tratamentos T0 e T1. Com o aumento da dose de lodo aumentou os teores foliares de S (Figura 19)

Chiba et al., (2008) constataram em um ensaio com dois anos de aplicação de lodo de esgoto em cana-de-açúcar que não ocorreu diferença para os teores foliares de K, Ca e Mg nos tratamentos que foram aplicados lodo em relação aos tratamentos que não aplicaram o lodo de esgoto.

Tabela 26 Teores foliares de macronutrientes no triticales

| Tratamentos | N       | P     | K     | Ca<br>g kg <sup>-1</sup> | Mg    | S       |
|-------------|---------|-------|-------|--------------------------|-------|---------|
| T0          | 34,4 b  | 1,48  | 17,0  | 3,0                      | 1,74  | 2,70 b  |
| T1          | 36,0 ab | 1,20  | 16,4  | 3,8                      | 1,80  | 2,70 b  |
| T2          | 36,8 a  | 1,30  | 15,0  | 4,0                      | 1,88  | 3,20 ab |
| T3          | 37,0 a  | 1,48  | 16,4  | 4,0                      | 1,88  | 3,68 a  |
| F           | 2,65    | 1,17  | 0,47  | 2,02                     | 1,30  | 6,10    |
| Média       | 36,0    | 1,37  | 16,24 | 3,7                      | 1,90  | 3,07    |
| CV          | 4,33    | 20,55 | 14,60 | 13,86                    | 21,08 | 13,91   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

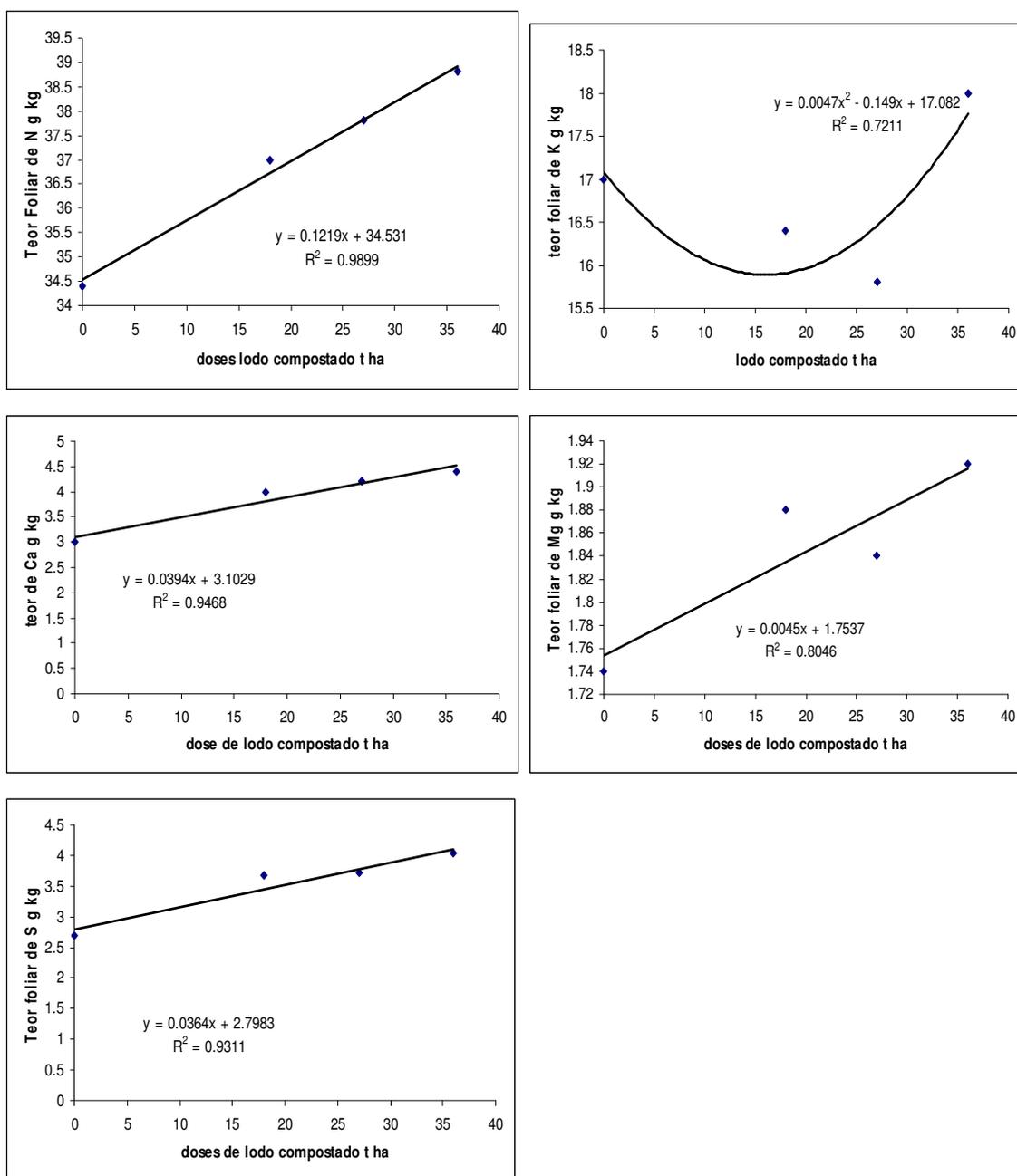


Figura 19 Teor foliar de macronutrientes no triticale em função da dose de lodo compostado

Segundo Cantarella et al., (1996) os teores foliares de micronutrientes adequados para a cultura do trigo são os seguintes: B (5 a 20 mg kg<sup>-1</sup>); Cu (5 a 25 mg kg<sup>-1</sup>); Fe (10 a 300 mg kg<sup>-1</sup>); Mn (25 a 150 mg kg<sup>-1</sup>); Zn (20 a 70 mg kg<sup>-1</sup>).

Para o B observa-se na Tabela 27 que todos os tratamentos apresentaram acima do adequado. Este fato pode ser explicado que nesta área foi efetuado 2 cultivos de girassol e a cultura do girassol necessita da aplicação do B, devido a isto apresentou um efeito residual da aplicações de B do girassol. Entre os tratamentos ocorreu uma variação da seguinte forma: 100% N lodo de esgoto (T3) apresentaram teores superiores em relação a 100% N mineral (T1). Não houve uma boa correlação com o teor de B em função das doses de lodo compostado.

O Cu todos os tratamentos apresentaram teores adequados, e entre os tratamentos não ocorreu variação estatística e não houve uma boa relação com o aumento da dose de lodo compostado.

Para os teores de Fe todos tratamentos apresentaram teores adequados e não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos. Com o aumento da dose de lodo houve um decréscimo no teor em seguida um acréscimo.

O Mn todos os tratamentos apresentaram teores adequados, sendo que 100% N mineral foi estatisticamente inferior onde não houve aplicação de N e com o aumento da dose de lodo compostado houve um decréscimo quadrático (Figura 20).

Os tratamentos 100%, 150% e 200% N lodo de esgoto apresentaram teores adequados de Zn, os demais tratamentos apresentaram teores inadequados deste elemento, este fato pode ser explicado que o lodo apresenta teores altos deste micronutriente. Entre os tratamentos não ocorreu variação nos teores. Com aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento linear no teor de Zn nas folhas. Substituindo os valores pela equação da reta verifica-se que para obter um teor adequado de Zn na folha necessita-se de  $17,8 \text{ t ha}^{-1}$  de lodo compostado.

Tabela 27 Teores foliares de micronutrientes no triticale

| Tratamentos | B       | Cu   | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn      | Zn    |
|-------------|---------|------|---------------------------|---------|-------|
| T0          | 33,0 ab | 8,8  | 213,4                     | 63,0 a  | 16,4  |
| T1          | 26,8 b  | 9,4  | 182,4                     | 42,2 b  | 17,2  |
| T2          | 34,8 ab | 9,4  | 201,8                     | 51,4 ab | 17,0  |
| T3          | 36,0 a  | 8,8  | 196,8                     | 55,8 ab | 20,0  |
| F           | 2,07    | 0,91 | 0,78                      | 3,71    | 1,51  |
| Média       | 32,8    | 9,1  | 198,6                     | 53,4    | 17,6  |
| CV          | 16,88   | 8,60 | 16,34                     | 18,69   | 16,54 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N,

T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

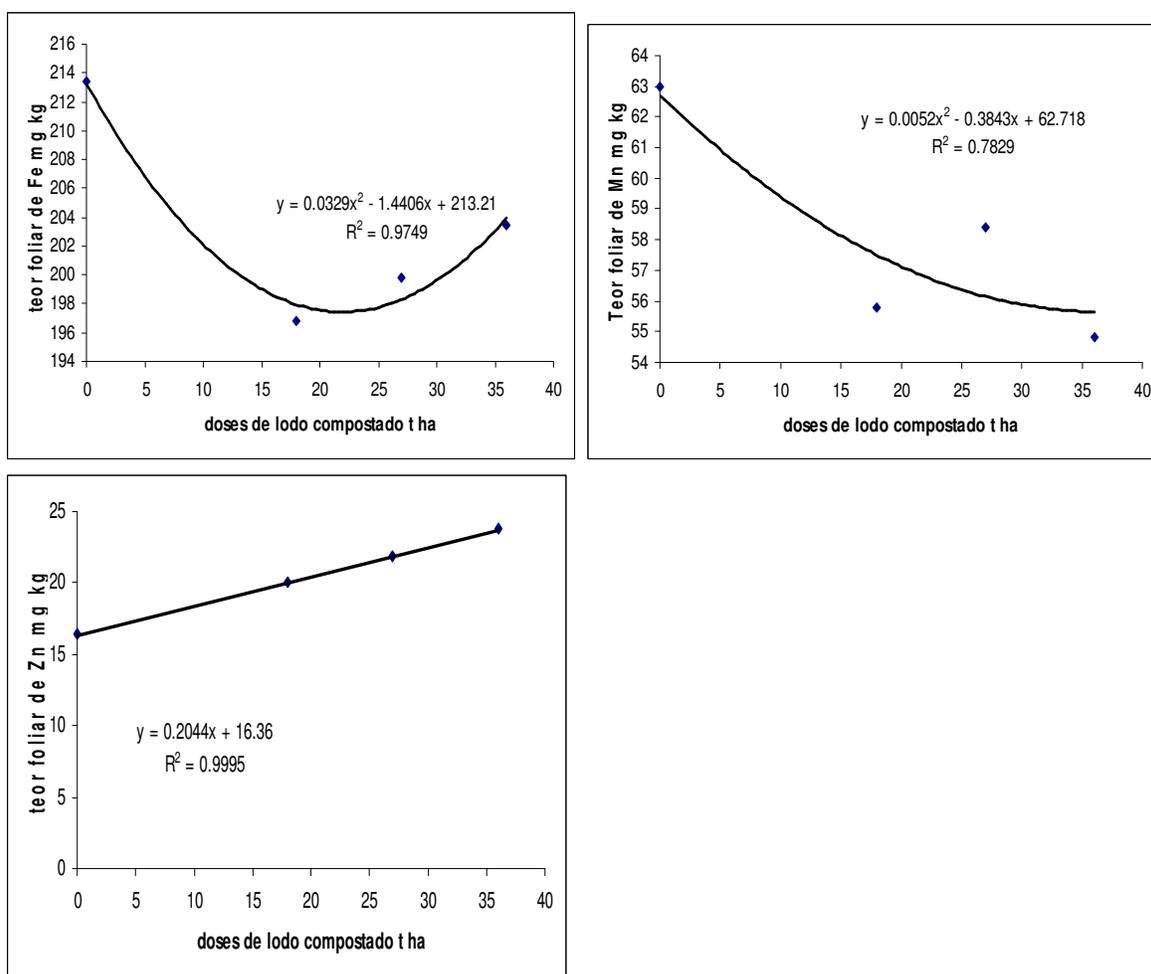


Figura 20 Teor foliar de micronutrientes no triticale em função da dose de lodo compostado

### 6.3.3 Exportação de nutrientes no grão

Quanto à exportação verifica-se na tabela 28 que não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados e com o aumento da dose de lodo aumentou a exportação linearmente. Em média o trigo exporta em torno de 22 kg ha<sup>-1</sup> de N (CQRFSSRS/SC, 2004) por tonelada de grão retirada da lavoura.

Analizando na Tabela 28 que não ocorreu diferenças estatísticas com o aumento da dose de lodo compostado entre os tratamentos analisados para a exportação de P, porem com o aumento da dose de lodo aumentou a exportação de P pelo grão do triticales (Figura 21).

Observa-se na Tabela 28 que não houve diferença entre os tratamentos para a exportação de K, em relação com o aumento da dose de lodo compostado houve um incremento na exportação de K no grão do triticales, conforme mostra a figura 21.

Verifica-se na Tabela 28 que a exportação de Ca não ocorreram variação em nenhum dos tratamentos. Na Figura 24 observa-se que ocorreu um aumento na exportação de Ca em função do aumento da dose de lodo compostado de uma forma linear.

Verifica-se na Tabela 28 que não ocorreu variação estatística em função dos tratamentos na exportação de Mg, porem com o aumento da dose de lodo compostado verifica-se na Figura 24 que a exportação do Mg ocorre de uma forma linear.

Quanto à exportação verifica-se na tabela 29 que não houve variação entre os tratamentos. O aumento da dose de lodo compostado proporcionou um aumento linear na exportação do S como mostra na Figura 24.

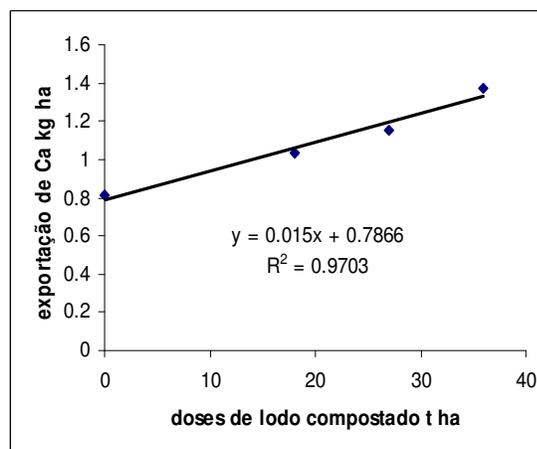
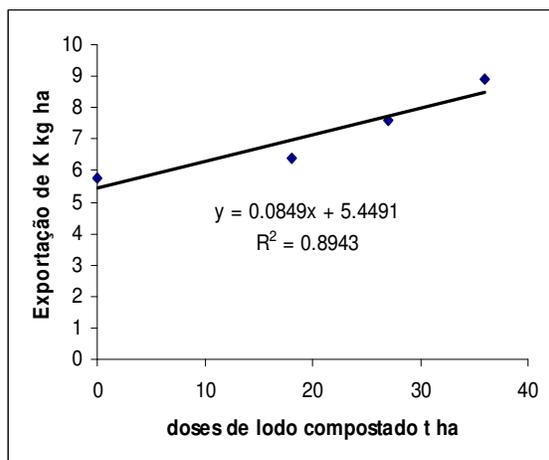
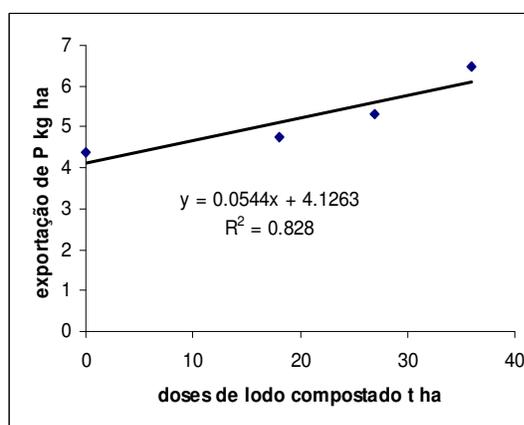
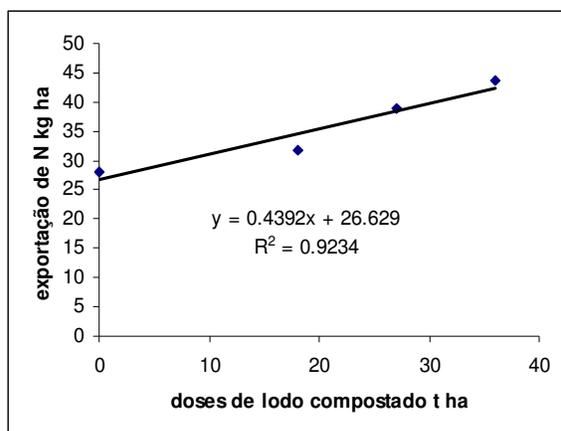
Observa-se na Tabela 28 que a exportação de macronutrientes para todos os tratamentos obedeceu nesta ordem de maior exportação para a menor N>K>P>S>Mg>Ca. Fontoura (1996) verificou em um trabalho com trigo na cultivar BH 1146 em condições de sequeiro obteve a seguinte ordem de exportação de nutrientes: N>K>S>Mg>Ca>P, comparando os dados de Fontoura (1996) em trigo com este ensaio de triticales verifica-se que somente o P exportou mais no triticales em relação ao trigo.

Tabela. 28 Exportação de macronutrientes do triticale

| Tratamentos | N     | P     | K     | Ca<br>Kg ha <sup>-1</sup> | Mg    | S     |
|-------------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|
| T0          | 27,97 | 4,38  | 5,77  | 0,81                      | 1,92  | 2,01  |
| T1          | 34,82 | 4,59  | 6,67  | 1,39                      | 2,18  | 2,42  |
| T2          | 33,15 | 4,69  | 6,51  | 1,26                      | 2,19  | 2,24  |
| T3          | 31,70 | 4,74  | 6,41  | 1,03                      | 2,10  | 2,37  |
| F           | 1,77  | 0,15  | 0,60  | 1,38                      | 0,73  | 1,40  |
| Média       | 31,91 | 4,60  | 6,34  | 1,12                      | 2,10  | 2,26  |
| CV          | 15,37 | 19,53 | 17,95 | 43,31                     | 15,36 | 15,23 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N,

T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



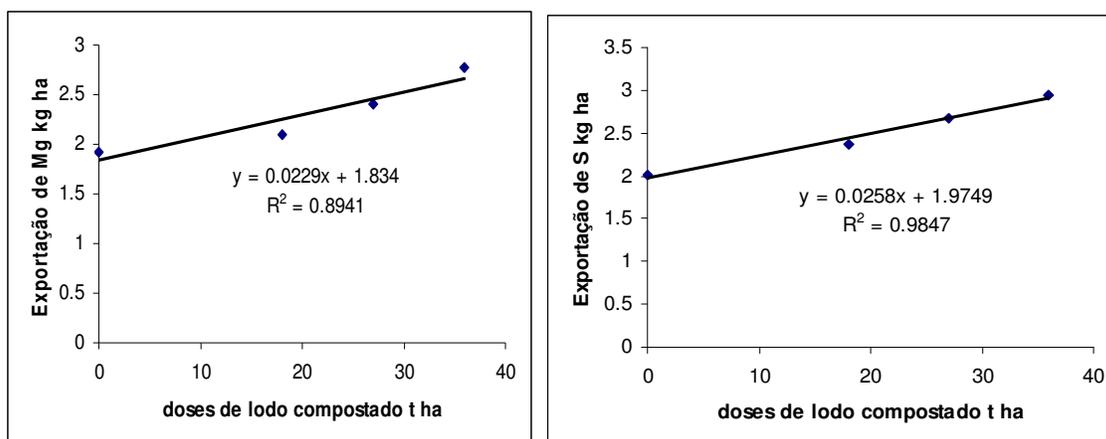


Figura 21 Exportação de macronutrientes do triticales em função da dose de lodo compostado

Na tabela 29 verifica-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos para a exportação de B nas sementes de triticales. Em função da dose de lodo compostado verifica-se na Figura 25 que para a exportação de B ocorreu uma curva quadrática com um decréscimo até certo nível e posteriormente um acréscimo acentuado com o aumento da dose de lodo compostado.

Para o Cu não ocorreu variação na exportação como se verifica na Tabela 29. Quanto a exportação verifica-se na Figura 22 que ocorreu um aumento na quantidade esportada de Cu em uma forma quadrática.

Observa-se na Tabela 29 que o tratamento T2 exportou mais Fe em relação ao tratamento que não recebeu N (T0). Com o aumento da dose de lodo não houve influencia na exportação de Fe no triticales.

Na Tabela 29 observa-se que os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto apresentou uma exportação de Mn no grão de triticales superior em relação ao tratamento que não se aplicou N. A exportação de Mn aumentou de uma forma quadrática com o aumento da dose de lodo compostado (Figura 22).

Quanto à exportação de Zn observa-se na Tabela 29 que o tratamento T1 e T3 foram superiores ao tratamento T0. O aumento da dose de lodo ocorreu um aumento na exportação do Zn de uma forma linear observa-se na figura 22, tendo em vista que o lodo de esgoto apresentou um teor de Zn elevado.

Observa-se na Tabela 29 que a exportação de micronutrientes se comportou da seguinte maneira: para os tratamentos que não receberam lodo (T0 e T1) a exportação foi na seguinte ordem: Fe>Mn>Zn>Cu>B. Para os tratamentos T2 e T3 obedeceram a seguinte ordem de exportação: Fe>Mn>Zn>B>Cu. Na figura 22 observa-se que para o T4 ocorreu a seguinte ordem de exportação: Fe>Zn>Mn>Cu>B, para o T5 a ordem de exportação foi Zn>Fe>Mn>B>Cu. Estas alterações podem ser explicadas por este resíduo apresentar altas concentrações destes metais que são também micronutrientes, principalmente o Zn, como pode ser verificado em seus teores descritos no material e método.

Fontoura (1996) verificou em um trabalho com trigo na cultivar BH 1146 em condições de sequeiro obteve a seguinte ordem de exportação de micronutrientes: Fe>Mn>Zn>B>Cu, comparando com o ensaio de triticales verifica-se que os tratamentos T2 e T3 apresentaram exatamente essa mesma ordem.

Tabela 29 Exportação de micronutrientes do triticales

| Tratamentos | B     | Cu    | Fe<br>gr ha <sup>-1</sup> | Mn        | Zn       |
|-------------|-------|-------|---------------------------|-----------|----------|
| T0          | 7,39  | 9,68  | 108,15 b                  | 82,46 b   | 64,00 b  |
| T1          | 10,44 | 10,76 | 128,44 ab                 | 113,39 ab | 97,09 a  |
| T2          | 11,64 | 10,54 | 192,38 a                  | 121,23 a  | 91,22 ab |
| T3          | 7,90  | 9,92  | 119,53 ab                 | 117,81 a  | 101,46 a |
| F           | 1,08  | 0,49  | 2,14                      | 2,82      | 3,05     |
| Média       | 9,34  | 10,22 | 137,12                    | 108,72    | 88,44    |
| CV          | 46,61 | 15,71 | 42,05                     | 21,80     | 24,36    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

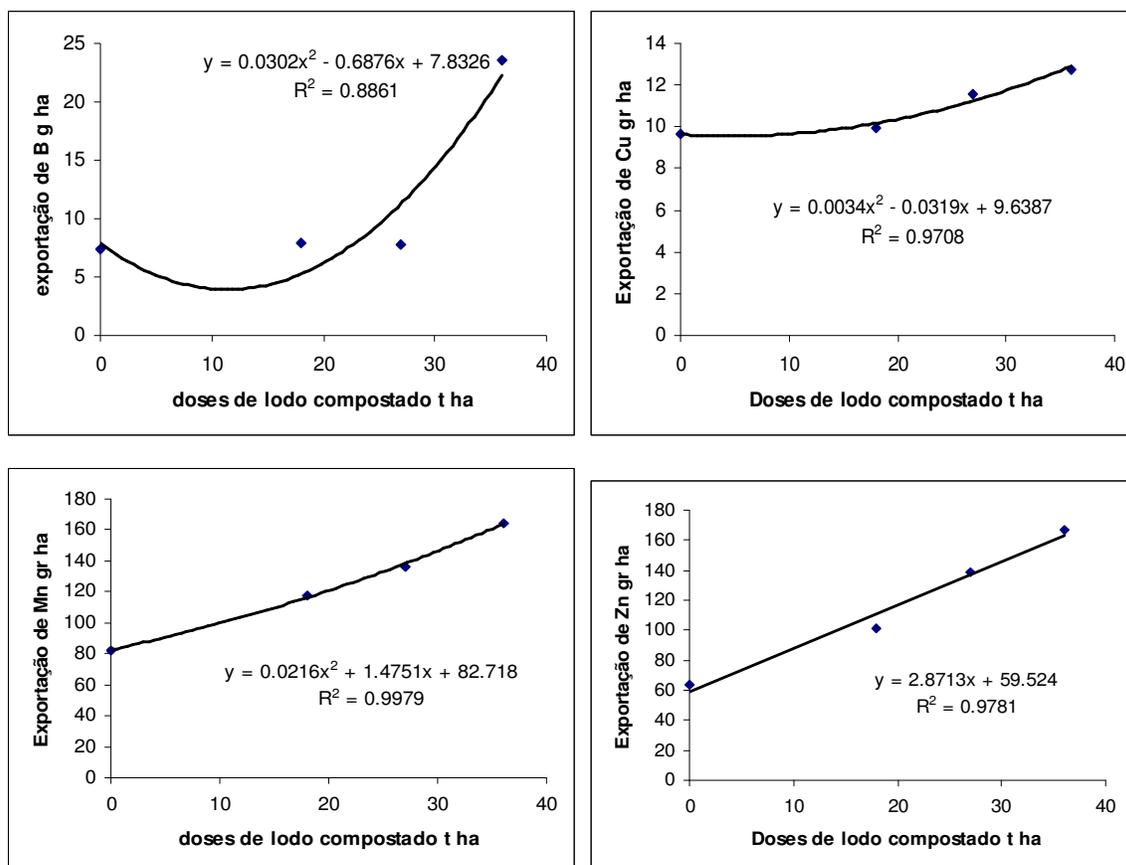


Figura 22 Exportação de micronutrientes do triticales em função da dose de lodo compostado

### 6.3.4 Estande final da cultura

No estande final da cultura não ocorreu variação entre os tratamentos, como se observa na Tabela 30. Porém com o aumento da dose de lodo de esgoto compostado verifica-se na Figura 23 que há um aumento no estande decorrente ao maior perfilhamento.

Tabela 30 Estande final da cultura

| Tratamentos | Nº de plantas na colheita |
|-------------|---------------------------|
| T0          | 1.825.897                 |
| T1          | 1.897.074                 |
| T2          | 1.908.839                 |
| T3          | 2.050.016                 |
| F           | 1,36                      |
| Média       | 1.920.457                 |
| CV          | 9,35                      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

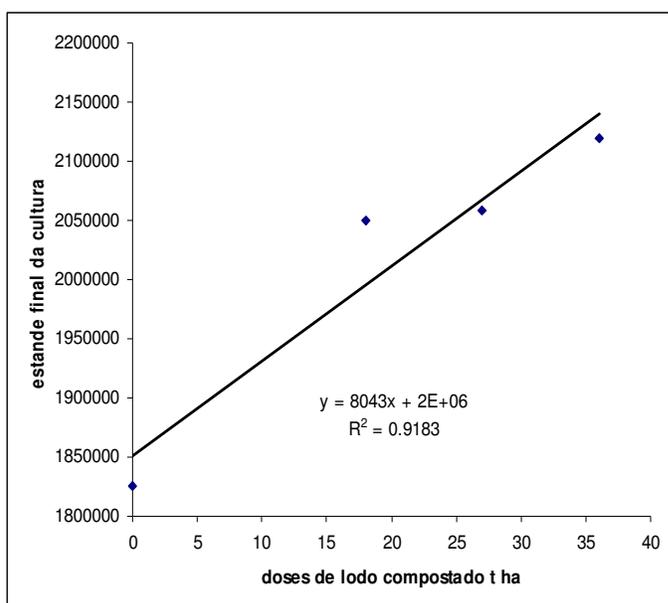


Figura 23 Estande final do triticale em função da dose de lodo compostado

### 6.3.5 Rendimento de matéria seca por ha

A massa de matéria seca por ha também não variou com os tratamentos pelo mesmo motivo já comentado anteriormente (Tabela 31). Melo et al. (2006), trabalhando com adubações nitrogenadas em triticale verificou um aumento linear de produtividade de matéria seca até  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, porém foi em condições hídricas favoráveis. Observa-se na Figura 24 que ocorreu um aumento da matéria seca  $\text{kg ha}^{-1}$  até uma certa dosagem acima de uma determinada dosagem ocorreu um decréscimo no rendimento total de matéria seca.

Tabela 31 Rendimento de matéria seca do triticale.

| Tratamentos | Massa de matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|-------------|---|
| T0          | 1.673,91                                      |
| T1          | 1.757,46                                      |
| T2          | 1.632,53                                      |
| T3          | 1.856,81                                      |
| F           | 0,28  |
| Média       | 1.730,18                                      |
| CV          | 24,36   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

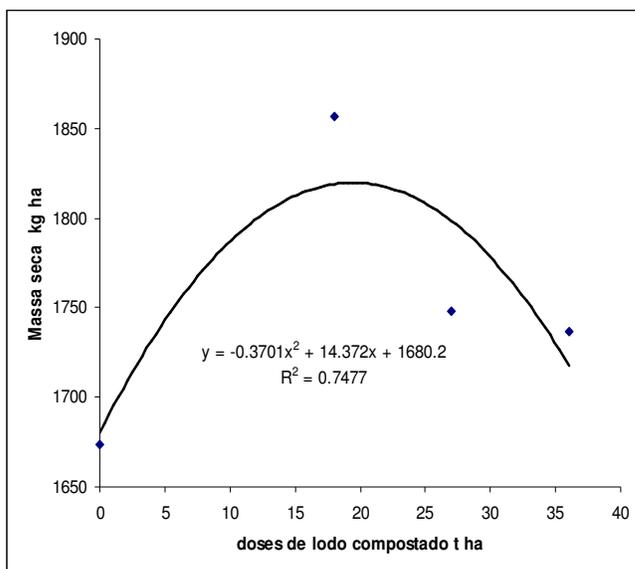


Figura 24 Rendimento de matéria seca do triticale em função da dose de lodo compostado

### 6.3.6 Rendimento de grão

Para o rendimento de grãos nota-se na Tabela 32 que não alterou significativamente entre os tratamentos. Porém com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento na produtividade do triticale de uma forma quadrática como mostra na Figura 25. Acredita-se que nas condições do experimento a mineralização do N foi bem baixo, e o composto serviu mais para conservar a umidade do solo e não para fornecimento de nutrientes. O período crítico do trigo, em que a cultura vai expressar seu potencial produtivo, vai da emergência até a sétima folha; o início deste período determina o número de espiguetas por espiga, e o final, o número de colmos por área (Bredemier & Mundstock, 2000). Sari et al. (1997) estudaram quatro doses de adubo nitrogenado para a cultura do trigo cultivado em sistema de plantio direto (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) verificaram a maior produção para a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Nakayama et al. (1983), realizando experimento com adubação testando diferentes doses de aplicação de N em cobertura do trigo em Dourados, não verificaram diferenças significativas na produção. Teixeira Filho et al. (2007) que a produtividade de grãos de trigo apresentou um pico de produção aos 70 kg ha<sup>-1</sup> de N. Meneghin et al. (2008) obtiveram em trigo irrigado comparando doses de 0 e 70 kg ha<sup>-1</sup> uma produtividade de 2.175 e 3.101 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Calheiros (1984) concluiu que no tratamento que recebeu 110 kg ha<sup>-1</sup> de N obteve um aumento na produtividade de 36% a mais do que o tratamento que não recebeu N

com uma produtividade de 2.0073 e 1.521 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em trigo irrigado. Scalco (2000) obteve as maiores produtividades em trigo em uma dose de N 120 kg ha<sup>-1</sup> em uma precipitação de 445 mm. Sala et al., (2008) obtiveram um melhor resultado em trigo com 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, porem foi efetuado irrigação o que não ocorreu no ensaio com composto de lodo.

Zambre et al., (1984) obtiveram o máximo de aumento na produtividade de grãos, em experimento de campo, com plantas de trigo que receberam 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, e outros trabalhos relatam aumentos com a adição de 100% do N recomendado pela cultura (Reynder & Vlassak, 1982; Millet & Feldman, 1984; Dalla santa et al., 2004).

A baixa produtividade do triticale pode ser atribuída à falta de chuva na fase de perfilhamento e do emborrachamento. Singh e Kumar (1981) demonstraram em sua pesquisa que os três períodos de desenvolvimento do trigo em ordem decrescente de sensibilidade ao déficit hídrico são: o emborrachamento/espigamento, florescimento e estagio vegetativo. Robins e Domingos (1962), já haviam verificado redução no rendimento de grão do trigo quando o déficit hídrico se desenvolveu durante ou após o espigamento.

Em um trabalho realizado por Simon (1994) a aplicação de N aumentou a produtividade de trigo em 18 a 47% na cultura não irrigada e em 15 a 50% na cultura irrigada (na taxa máxima de 150 kg ha<sup>-1</sup>).

Scalco (2000) em um ensaio com irrigação e doses de N em trigo com quatro laminas de água distribuída da seguinte forma: sem irrigação, 30%, 60% e 90%, respectivamente calculado na porcentagem de evaporação acumulada do tanque Classe A e quatro dose de N (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>). Obteve um acréscimo na produtividade com o aumento da água aplicada em todas as doses de N, embora em doses de 60 e 120 kg de N esse aumento tenha sido menos acentuado nas laminas mais altas caracterizando uma resposta quadrática.

Freitas (1990) observou diferença quanto à eficiência na utilização para a produção de grão entre genótipos de trigo, submetidas às diferenças doses de N.

Tabela 32 Rendimento de grão do triticales

| Tratamentos | Rendimento de grão (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|---|
| T0          | 1.353,3                                   |
| T1          | 1.539,4                                   |
| T2          | 1.440,9                                   |
| T3          | 1.380,9                                   |
| F           | 0,74                                      |
| Média       | 1.428,6                                   |
| CV          | 15,00                                     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

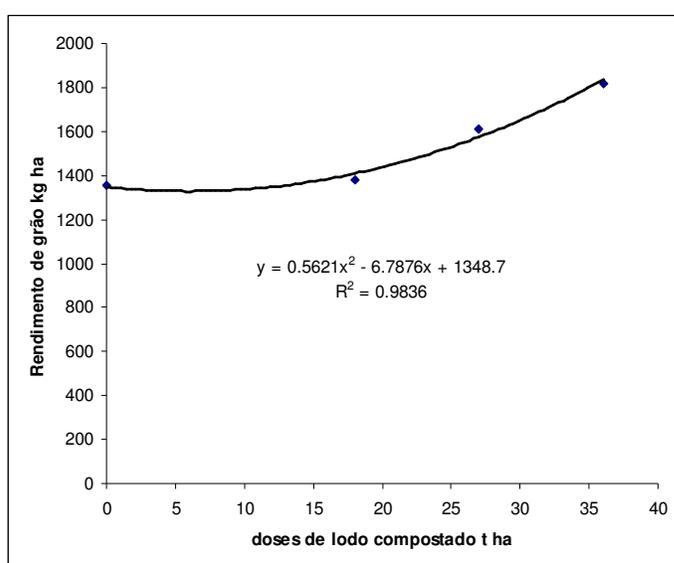


Figura 25 Rendimento de grão do triticales em função do aumento da dose de lodo compostado

### 6.3.7 Massa de 100 grãos

Na Tabela 33 observa-se que não ocorreu variação dos tratamentos na massa de 100 grãos, porem com o aumento da dose de lodo compostado verifica-se na Figura 26 que ocorreu um aumento linear. Cazetta (2006) não verificou diferença em triticales com doses de N para a massa de 100 grãos. Schmidt & Osaki (2007) não obtiveram diferenças para a massa de 100 grãos em trigo nas seguintes doses de N: 0, 20, 40, 80, 160, 250, 350, 450 kg ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2008), não verificaram diferença na massa de 100 grãos em relação aos tratamento que recebeu N e o tratamento que não recebeu N, para a cultura do trigo.

Tabela 33 Massa de 100 grãos do triticales

| Tratamentos | Massa de 100 grãos (gr ) |
|-------------|--------------------------|
| T0          | 4,49                     |
| T1          | 4,44                     |
| T2          | 4,46                     |
| T3          | 4,55                     |
| F           | 0,57                     |
| Média       | 4,49                     |
| CV          | 2,94                     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

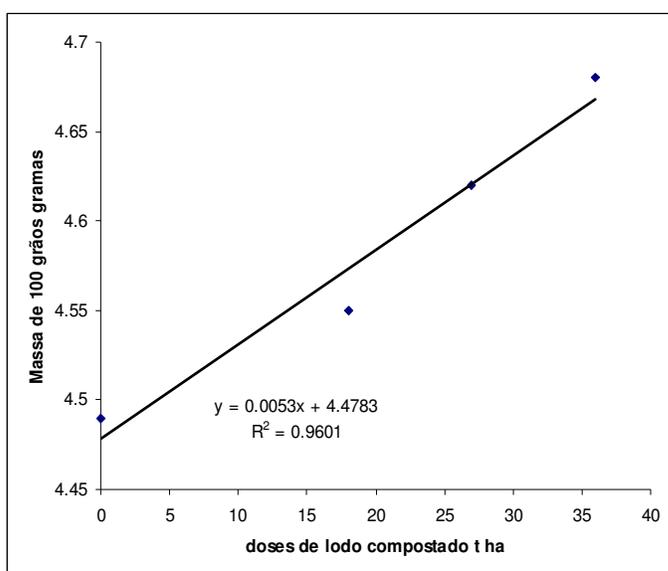


Figura 26 Massa de 100 grão do triticales em função da dose de lodo compostado

## 6.4 Ensaio da cultura do girassol

### 6.4.1 Altura de plantas

A Tabela 34 apresenta-se às médias de alturas de plantas nos respectivos dias de semeadura 40, 46, 61 e 68.

Observa-se que onde não se aplicou N apresentou-se sempre inferior estatisticamente em relação onde foi aplicado N. Dos tratamentos que foram aplicados N observa-se que onde se aplicou N mineral (100%), apresentou-se superior a todos os tratamentos nos 40 e nos 68 dias da semeadura e nos 46 e 61 dias apresentou-se igual ao tratamento que foi 50% N mineral combinado com 50% de lodo compostado (T2). Acredita-se

que a mineralização do N do composto do lodo de esgoto seja menor do que a mineralização do lodo de esgoto, então como foi aplicado o composto do lodo de esgoto calculando 30% de mineralização do N, não ocorreu esta mineralização, podendo ter ocorrido uma mineralização de em torno de 15%. Outra hipótese é que como foi aplicado o composto de lodo de esgoto na área total as plantas daninhas desenvolveram melhor nestas áreas de aplicação de lodo de esgoto e com isso ocorreu uma concorrência maior do girassol com as plantas daninhas principalmente no tratamento T3, 100% N proveniente de composto de lodo de esgoto. Já o tratamento que recebeu uma dose de composto de 200% de N o girassol fechou mais rapidamente o terreno impedindo certa concorrência com as plantas daninhas.

Verifica-se na Figura 27 que para todos os momentos com o aumento da dose de lodo compostado houve um aumento linear nas alturas das plantas.

Segundo Carvalho & Pissaia (2002) estudando dosagens de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125) em kg ha<sup>-1</sup> em girassol, não verificaram diferença em altura em nenhum dos momentos analisados. Entretanto este ensaio foi feito em plantio direto, em sucessão a soja e a soja tem grande capacidade de fixar o N atmosférico através de bactérias em simbiose com a planta, então se acredita que o N fixado seja suficiente para a cultura do girassol.

Schuch & Mundstock (1994), constatou que no início do desenvolvimento até o estágio de 20 folhas, quanto maior a quantidade de N, maior a estatura da planta.

Segundo Zagonel & Mundstock (1991), a altura de planta é um reflexo das condições nutricionais no período de alongamento do caule, onde se verificou que, para cultivar Contisol 711, a época de aplicação foi mais importante para o alongamento do caule do que a quantidade de N aplicado.

Tabela 34 Altura média de plantas de girassol em dias após a emergência

| Tratamentos | Altura média em dias após a emergência (cm) |         |          |          |
|-------------|---|---------|----------|----------|
|             | 40  | 46      | 61       | 68       |
| T0          | 24,13 c                                     | 32,40 b | 82,53 c  | 109,73 c |
| T1          | 35,20 a                                     | 49,37 a | 118,52 a | 139,87 a |
| T2          | 28,90 b                                     | 44,73 a | 109,9 ab | 125,83 b |
| T3          | 26,05 bc                                    | 35,90 b | 97,95 bc | 112,31 c |
| F           | 13,43*                                      | 16,43*  | 8,99*    | 19,60*   |
| Média       | 28,57                                       | 40,60   | 102,22   | 121,93   |
| CV          | 9,23  | 9,50    | 10,18    | 5,14     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

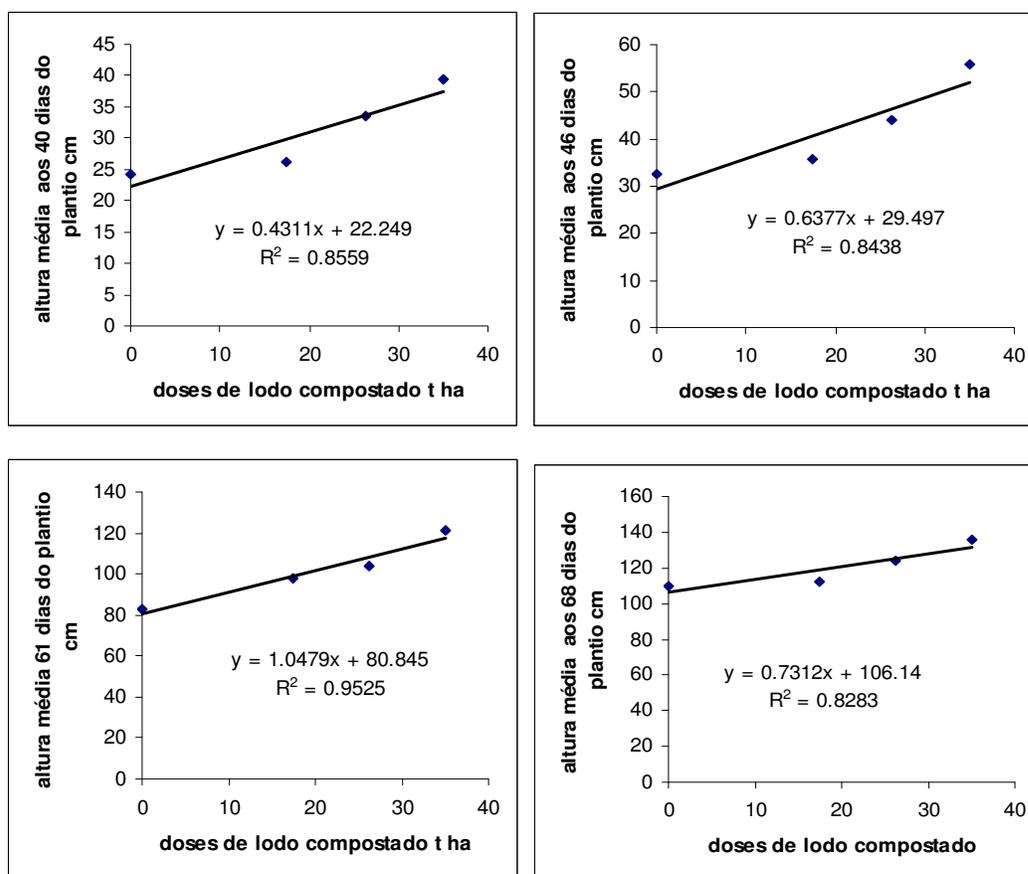


Figura 27 Altura de plantas no desenvolvimento do girassol em função da dose de lodo compostado

### 6.4.2 Diâmetro médio do caule

Observa-se na tabela 35 que o diâmetro médio de caule, onde não se aplicou N (T0), apresentou-se inferior em relação à aplicação de N, porém onde se aplicou 100% de N mineral (T1) foram superiores aos demais tratamentos na última medida e nas medidas anteriores este tratamento foi igual ao que recebeu 50% N mineral combinado com 50% N lodo compostado. Verifica-se na Figura 28 um aumento linear do diâmetro de haste em função do aumento da dose de lodo compostado. Bisgaro et al., (2008) obtiveram aumento do diâmetro do caule até a dose de 47,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, chegando a um crescimento médio do caule 18,4 mm.

Tabela 35. Diâmetro médio de plantas de girassol em dias após a emergência

| Tratamentos | 46      | 61      | 68      |
|-------------|---------|---------|---------|
| T0          | 9,0 c   | 14,9 c  | 19,6 c  |
| T1          | 13,9 a  | 23,9 a  | 26,7 a  |
| T2          | 13,1 ab | 22,0 ab | 23,2 b  |
| T3          | 11,0 bc | 20,3 b  | 21,8 bc |
| F           | 10,24*  | 16,44*  | 14,05*  |
| Média       | 11,7    | 20,3    | 22,8    |
| CV          | 11,68   | 9,42    | 6,99    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

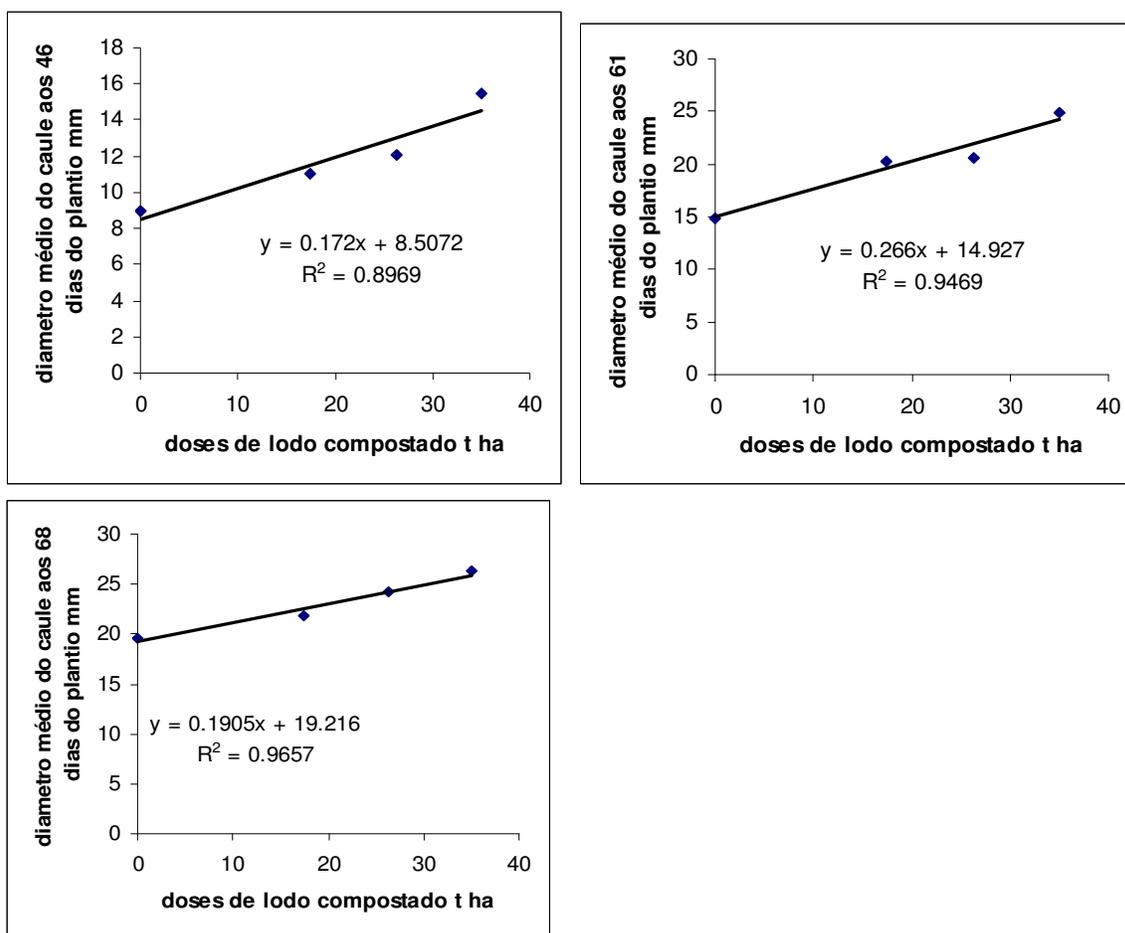


Figura 28 Diâmetro médio de caule de plantas no desenvolvimento do girassol em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.3 Número médio de folhas

Observa-se na tabela 36 que onde não foi aplicado N (T0) apresentou-se um menor número de folhas do que os demais tratamentos e dentre os tratamentos que foram aplicados N onde se aplicou 100% N composto de lodo de esgoto foi inferior em relação onde se aplicou 100% N mineral. Verifica-se na figura 29 que com o aumento da dose de lodo proporcionou um aumento linear no número de folhas do girassol. Biscarro et al., (2008) avaliaram o número de folhas de girassol aos 45 dias de emergência houve um aumento linear em função do N aplicado até a dosagem máxima aplicada de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Tabela 36. Número médio de folhas de plantas de girassol

| Tratamentos | Número de folhas dias após a semeadura 61 |
|-------------|---|
| T0          | 20,2 c                                    |
| T1          | 25,5 a                                    |
| T2          | 23,8 ab                                   |
| T3          | 22,7 b                                    |
| F           | 13,23*                                    |
| Média       | 23,1                                      |
| CV          | 5,26                                      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

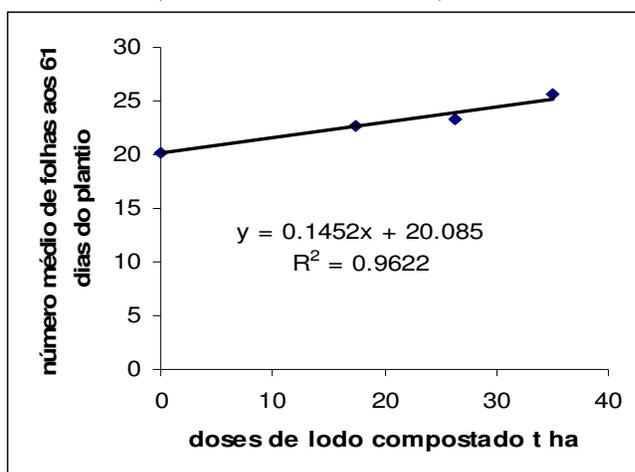


Figura 29. Número médio de folhas aos 61 dias da semeadura em função da dose de lodo compostado

## 6.4.4 Diagnose foliar

### 6.4.4.1 Macronutrientes

Segundo Castro & Oliveira (2005), os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, considerados adequados para a cultura do girassol são respectivamente 35 – 50 g kg<sup>-1</sup>, 2,9 – 4,5 g kg<sup>-1</sup>, 31 – 45 g kg<sup>-1</sup>, 19 – 32 g kg<sup>-1</sup>, 5,1 – 9,4 g kg<sup>-1</sup>, 3 – 6,4 g kg<sup>-1</sup>.

Pode-se verificar na Tabela 37 que para o teor de N todos os valores apresentam adequados. Entre os tratamentos não houve diferença estatística. Porém verifica-se na Figura 33 que com o aumento da dose de lodo aumentou-se linearmente o teor de N na folha.

Quanto ao P pode ser verificado que todos os tratamentos apresentaram valores acima do adequado. E os tratamentos que foram aplicados o lodo de esgoto compostado apresentou um teor na folha superior onde não foi aplicado o lodo compostado. Verifica-se também na Figura 30 que com o aumento da dose de lodo aumentou o teor de P nas folhas.

Para o K verifica-se que todos os tratamentos se apresentam em teores adequados. Entre os tratamentos não ocorreu variação e o aumento da dose de lodo não apresentou uma boa correlação com o teor foliar de K.

Os tratamentos que receberam lodo de esgoto (T2, T3, T4 e T5) apresentaram teores adequados de Ca, já os tratamentos que não receberam o lodo (T0 e T1) apresentaram acima do adequado. O T0 foi superior ao T2 e T3, provavelmente pelo efeito diluição. Na figura 30 pode ser verificado que houve um decréscimo do teor foliar de Ca com o aumento da dose de lodo compostado até um certo momento e posteriormente ocorreu um acréscimo com o aumento da dose de lodo compostado.

Para o Mg todos os tratamentos apresentaram teores adequados e entre os tratamentos não ocorreram diferenças significativas e o aumento da dosagem de lodo não interferiu no teor de Mg na folha.

No caso do S todos os tratamentos apresentaram teores adequados, e entre os tratamentos o T3 apresentou-se superior a todos e o tratamento que não recebeu N foi inferior ao T2 e ao T3. Com o aumento da dose de lodo aumentou o teor de S na folha de uma forma quadrática (Figura 30).

Comparando os resultados obtidos em Lobo & Grassi Filho, (2009) trabalhando com lodo de esgoto em girasol nos mesmos tratamentos descritos, estes teores foliares de todos os macronutrientes apresentaram mais baixos que os encontrados neste trabalho.

Souto, (2007) trabalhando com doses de lodo de esgoto não observou diferença significativa em função das doses de lodo nos teores foliares da mamoneira.

Tabela 37 Teores foliares de macronutrientes no girassol

| Tratamentos | N    | P     | K     | Ca      | Mg   | S       |
|-------------|------|-------|-------|---------|------|---------|
| T0          | 40,9 | 4,8 b | 44,7  | 35,8 a  | 6,8  | 3,21 c  |
| T1          | 43,0 | 4,8 b | 39,5  | 33,8 ab | 7,2  | 3,44 bc |
| T2          | 43,9 | 5,4 a | 44,0  | 29,0 c  | 7,3  | 3,77 b  |
| T3          | 43,3 | 5,5 a | 40,2  | 31,1 bc | 7,3  | 4,50 a  |
| F           | 2,02 | 10,19 | 2,79  | 11,36   | 0,66 | 10,49   |
| Média       | 42,8 | 5,1   | 42,14 | 32,4    | 7,15 | 3,73    |
| CV          | 4,30 | 4,64  | 7,43  | 5,51    | 8,35 | 9,36    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

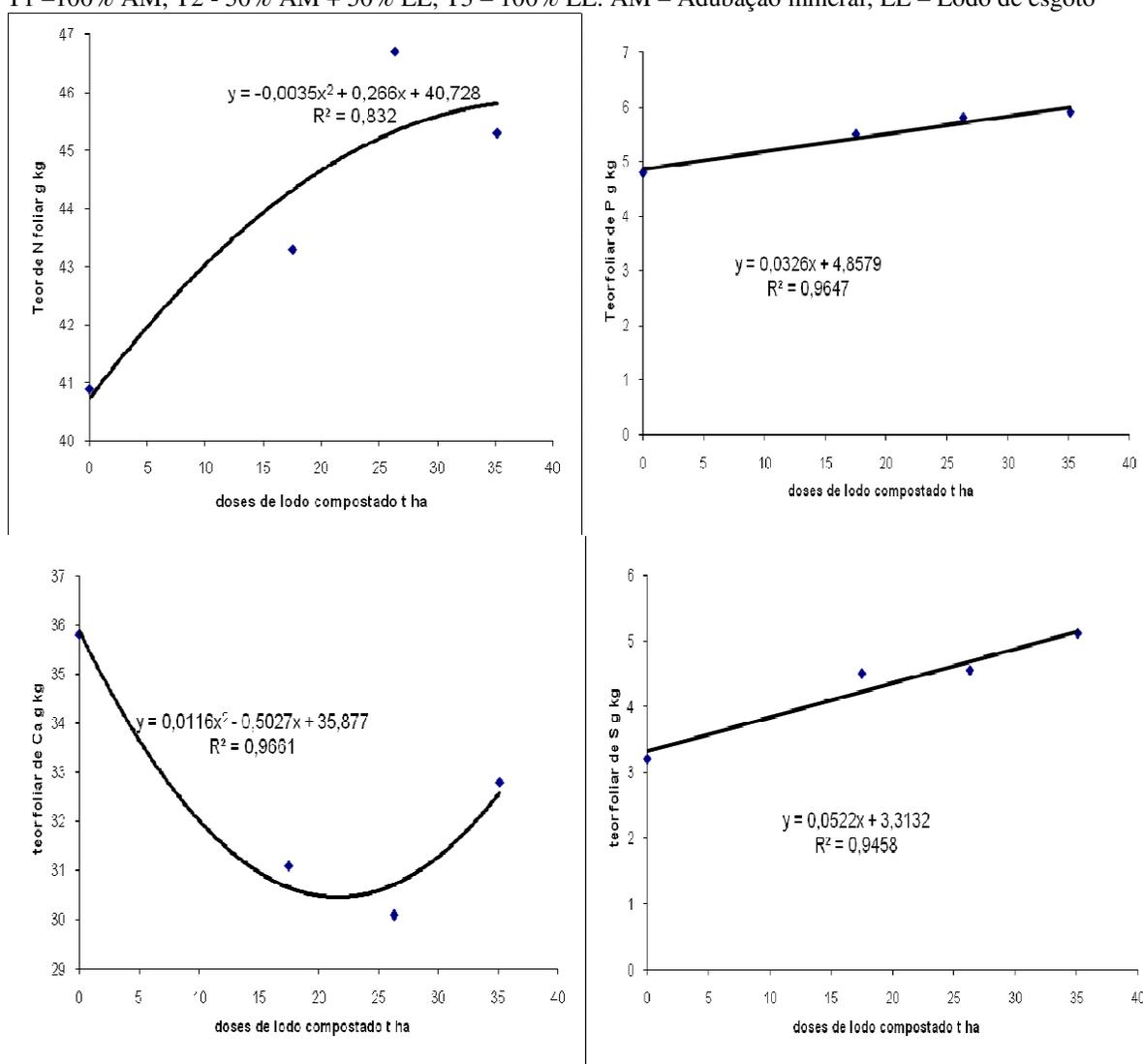


Figura 30 Teores foliares de macronutrientes em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.4.2 Micronutrientes

Segundo Castro & Oliveira (2005), os teores foliares de B, Cu, Fe, Mn, Zn, considerados adequados para a cultura do girassol são respectivamente 35 – 80 mg kg<sup>-1</sup>, 24 – 42 mg kg<sup>-1</sup>, 120 – 235 mg kg<sup>-1</sup>, 55 – 180 mg kg<sup>-1</sup>, 29 – 43 mg kg<sup>-1</sup>.

Verifica-se que os tratamentos T0, T2 e T3 apresentaram teores de B adequados e os tratamentos T1, T4 e T5 apresentaram teores elevados. Os teores de B na Tabela 38, o tratamento T1 foi superior estatisticamente que aos tratamentos T0, T2 e T3 e o T2 foi superior ao T0 e ao T3. Com aumento diferiu a dose de lodo não houve uma interação com o teor foliar deste elemento.

Para o Cu não diferiu estatisticamente e a média dos tratamentos apresentaram teores adequados e não teve influencia com o aumento da dose de lodo compostado.

O Fe todos os tratamentos apresentaram teores abaixo do adequados, este fato pode ser atribuído aos altos teores de P apresentado na folha e as quantidades elevadas de Mn. A elevada quantidade de P e Mn dificultam a mobilidade do Fe na planta (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). O tratamento que não recebeu N (T0) foi inferior a todos os outros tratamentos. Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou linearmente o teor de Fe nas folhas do girassol (Figura 31).

Para o Mn somente o T0 apresenta teores adequados e o restante tudo acima do adequado. O T1 foi superiores ao T0, tendo em vista que o N aumentou o teor de Mn nas folhas. O aumento da dose de lodo proporcionou um incremento no teor de Mn nas folhas como mostra a Figura 31.

Para o Zn todos os tratamentos apresentaram teores elevados uma vez que quando iniciamos este ensaio os teores de Zn no solo já apresentaram altos. O T3 foi superior ao T0, T1 e T2 e os tratamentos que não foram aplicados lodo compostado foram inferiores aos que aplicaram o lodo. Com o aumento da dose de lodo houve um incremento linear no teor de Zn nas folhas. Segundo Webber et al. (1984), os teores considerados fitotóxicos de Zn é de 500 a 1500 mg kg<sup>-1</sup>, podemos observar que nem mesmo na maior dose de lodo de esgoto não alcançou estes níveis.

Comparando os dados obtidos em Lobo & Grassi Filho, (2009) trabalhando com lodo de esgoto obtiveram teores de Fe nas folhas mais elevados em relação a

este trabalho e os outros micronutrientes apresentaram teores mais baixos e só houve variação para o Zn, isto pode ser explicado por ter sido feita somente uma aplicação de lodo de esgoto.

Tabela 38 Teores foliares de micronutrientes no girassol

| Tratamentos | B      | Cu    | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn       | Zn      |
|-------------|--------|-------|---------------------------|----------|---------|
| T0          | 56,0 c | 40,2  | 78,0 b                    | 162,2 b  | 62,2 c  |
| T1          | 85,3 a | 33,7  | 114,2 a                   | 250,7 a  | 63,0 c  |
| T2          | 69,3 b | 37,7  | 113,2 a                   | 236,2 ab | 92,2 b  |
| T3          | 57,1 c | 39,2  | 118,0 a                   | 211,2 ab | 115,0 a |
| F           | 19,70  | 2,05  | 16,78                     | 2,37     | 18,1    |
| Média       | 66,9   | 37,7  | 105,9                     | 215,12   | 83,87   |
| CV          | 9,18   | 10,57 | 8,62                      | 23,44    | 14,48   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

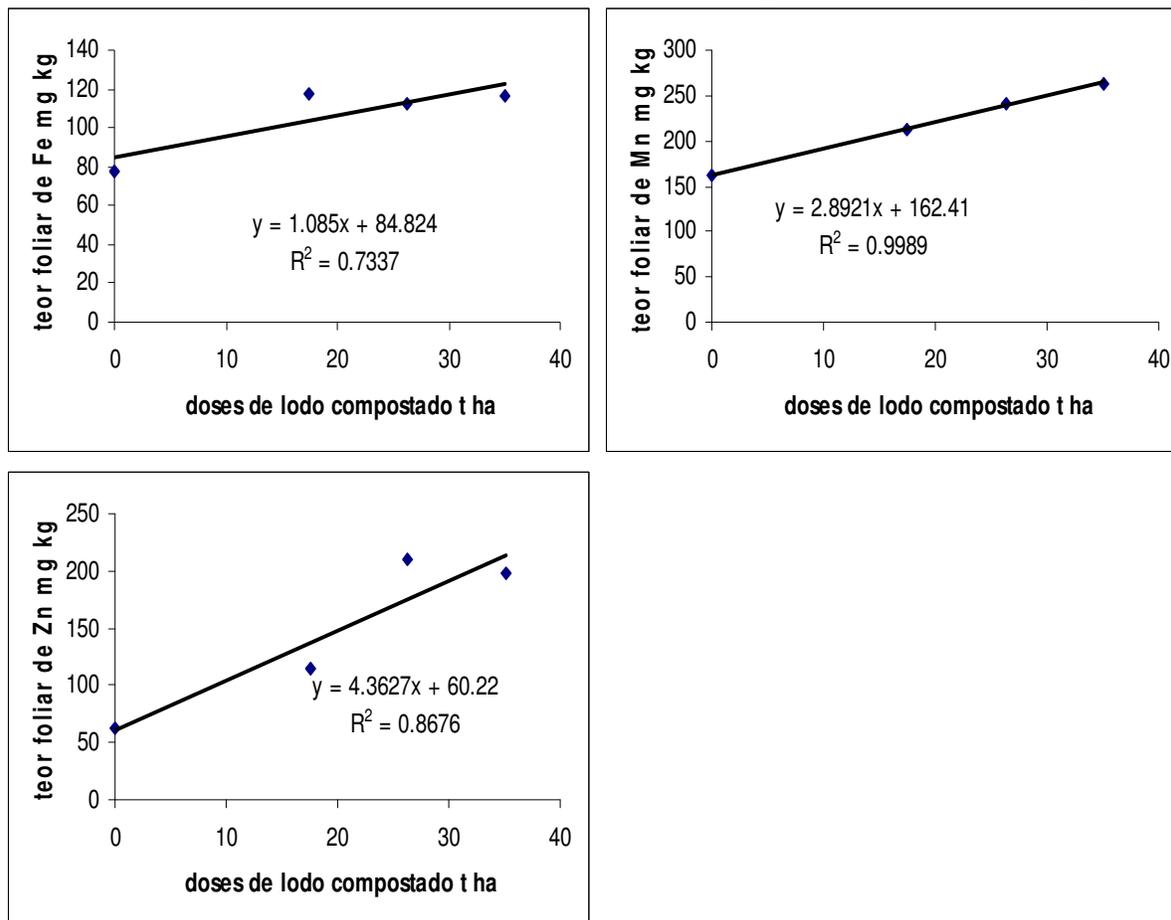


Figura 31 Teores foliares de micronutrientes em função da dose de lodo compostado

### 6.4.5 Estande da cultura

Observa-se na Tabela 39 que o tratamento que se apresentou um estande maior foi o tratamento que se aplicou 50% do N composto de lodo e 50% N mineral, acredita-se que este tratamento pode ter sido superior aos tratamentos que receberam uma maior quantidade de composto devido ao efeito do N amoniacal dos tratamentos que receberam mais lodo prejudicando assim o estande devido a queima das sementes e em relação aos tratamentos que não receberam lodo o teor de matéria orgânica estava muito baixo. Com o aumento da dose de lodo compostado aumentou o número de plantas até certo ponto depois ocorreu um decréscimo no número de plantas (Figura 32).

Tabela 39. Estande médio do girassol

| Tratamentos | Plantas ha <sup>-1</sup> dias após a semeadura |          |
|-------------|--|----------|
|             | 19   | 25       |
| T0          | 35.090 b                                       | 42.858 b |
| T1          | 34.376 b                                       | 39.733 b |
| T2          | 47.679 a                                       | 51.787 a |
| T3          | 42.858 a                                       | 43.733 b |
| F           | 12,82*   | 4,08*    |
| Média       | 40.001   | 44.528   |
| CV          | 8,94   | 11,41    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

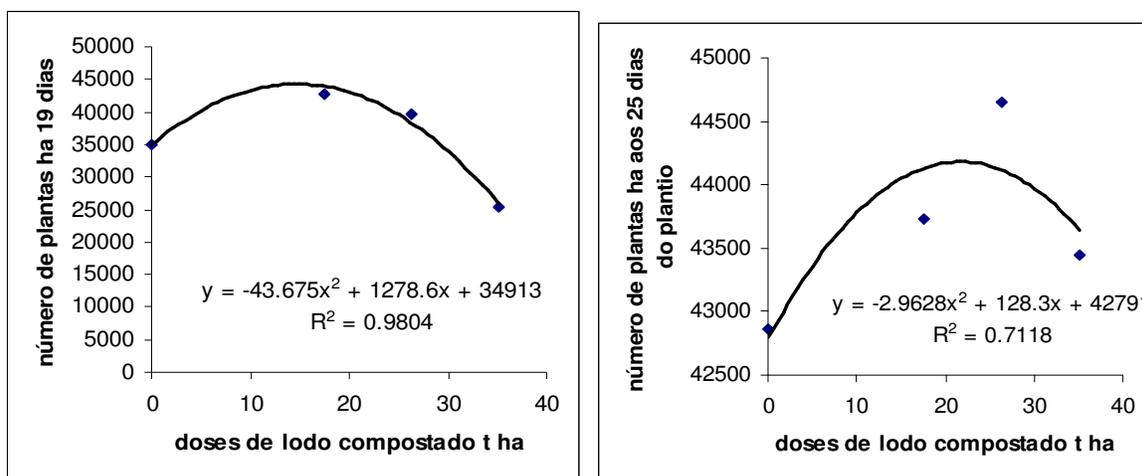


Figura 32 Estande inicial do girassol em função do aumento da dose de lodo compostado

#### 6.4.6 Diâmetro médio de capítulo

O diâmetro médio do capítulo tem implicações sobre o número do potencial de grãos, componente importante na produtividade de grão. Pode se observar na Tabela 40 que onde não foi aplicado N apresentou-se inferior em relação onde foi aplicado N. Dentre os tratamentos que se aplicou N os tratamentos que foram suplementados com N mineral (T1 e T2) apresentaram superiores ao tratamento que foi aplicado somente o lodo compostado (T3) e o aumento da dose de lodo proporcionou um aumento do diâmetro do capítulo conforme mostra a Figura 33.

O N disponível nas fases iniciais pode afetar o desenvolvimento do capítulo, em razão de alterações celulares nos tecidos reprodutivos nos primeiros períodos de desenvolvimento, quando é determinado o número potencial de flores por capítulo (Steer & Hocking, 1985), evidenciando aumento mesmo com doses pequenas (25 kg ha<sup>-1</sup> de N) (SAMENI et al., 1976). Porém, esse aumento não é contínuo com o aumento do N (SFREDO et al., 1984).

Lobo & Grassi Filho (2007) também obtiveram diferença no diâmetro de capítulo no tratamento que não foi aplicado N em relação ao que foi aplicado N, comprovando que o N influencia no diâmetro de capítulo do girassol.

Tabela 40 Diâmetro médio do capítulo do girassol

| Tratamentos | Diâmetro do capítulo<br>cm |
|-------------|----------------------------|
| T0          | 15,73 c                    |
| T1          | 22,22 a                    |
| T2          | 21,16 a                    |
| T3          | 18,85 b                    |
| F           | 16,21*                     |
| Média       | 19,43                      |
| CV          | 7,33                       |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

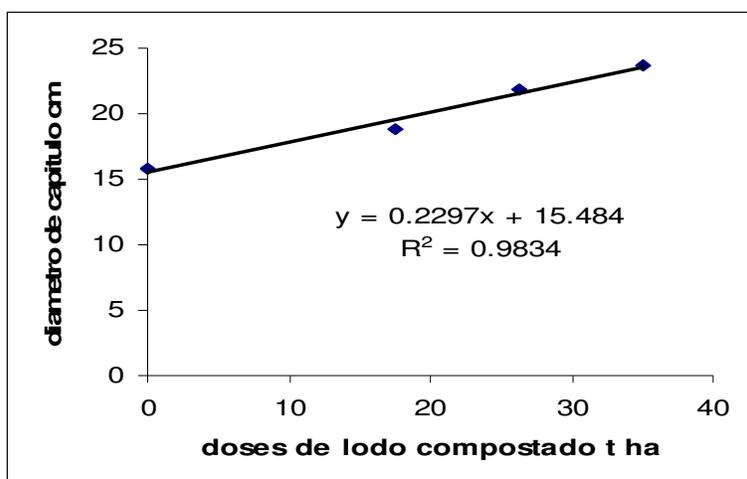


Figura 33. Diâmetro médio de capítulos em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.7 Rendimento de grão

Observa-se na Tabela 41 que para o rendimento de grãos apresentou-se nesta ordem: T2>T1>T3>T0. O girassol é uma cultura como o feijão ele compensa o espaço vazio em produtividade, ou seja, onde se obteve um estande menor a produtividade por planta tende a ser maior em relação a um estande maior.

Na figura 34 observa-se que com o aumento da dose de lodo compostado houve um incremento no rendimento de grão.

Lobo & Grassi Filho (2007), trabalhando com lodo de esgoto obtiveram rendimento de grão de girassol bem parecido com o obtido neste trabalho, sendo que os melhores rendimentos foi o tratamento que receberam 50% do N mineral combinado com 50% de lodo de esgoto e o tratamento de 200% de lodo de esgoto na cultura do girassol.

Dechamps & Favoretto (1997) observaram em um dos seus ensaios com lodo de esgoto em girassol que os resultados de produtividade na cultura do girassol mostraram que o lodo de esgoto pode ser utilizado como fonte de adubação orgânica substituindo 100% a quantidade de N recomendada, sem prejuízos em termos de rendimento quando comparado a adubação mineral.

Lozanovic & Stanojevic (1988), constataram que o aumento na dose de N afetou positivamente a produção do girassol até 90 kg ha<sup>-1</sup> de N; adubações de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N reduziu a produção em 17 e 21% respectivamente.

Segundo GONÇALVES & TOMICH (1999), na maioria das situações, precipitação pluvial, durante o ciclo da cultura de 500 a 700 mm de água, bem distribuído ao longo do ciclo, resulta em rendimentos próximo ao máximo, sendo suficiente de 250 a 400 mm de chuva para o desenvolvimento, nas condições deste ensaio a precipitação pluvial no ciclo da cultura foi de 772 mm, devido a isto que todos os tratamentos apresentaram boas produtividades.

Sobral et al., (2009) obtiveram a maior produtividade do girassol na dosagem de 44 kg ha<sup>-1</sup> de N, acima desta dosagem houve um decréscimo na produtividade o solo inicialmente apresentava um alto teor de matéria orgânica (34,1 g dm<sup>-3</sup>). Anjos et al., (2009) obteve a maior produtividade do girassol na dosagem de 62 kg ha<sup>-1</sup> de N, acima desta dosagem houve um decréscimo na produtividade o solo inicialmente apresentava um teor de matéria orgânica de 18,1 g dm<sup>-3</sup>.

Tabela 41. Rendimento de grão e peso de 1000 grãos no girassol

| Tratamentos | Rendimento de grão<br>kg ha <sup>-1</sup> | Peso de 1.000 grãos<br>g |
|-------------|---|--------------------------|
| T0          | 2.073,79 d                                | 56,12 b                  |
| T1          | 3.760,16 b                                | 74,46 a                  |
| T2          | 4.524,12 a                                | 73,39 a                  |
| T3          | 3.158,56 c                                | 72,81 a                  |
| F           | 33,74*                                    | 7,72*                    |
| Média       | 3.379,15                                  | 69,19                    |
| CV          | 10,54                                     | 9,09                     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

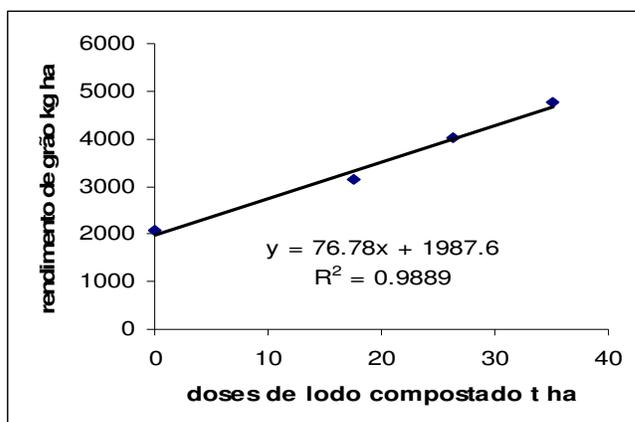


Figura 34. Rendimento de grão do girassol em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.8 Peso de mil sementes

Observam-se na Tabela 41 que somente o tratamento que não foi aplicado N foi inferior aos demais tratamentos, ou seja, o N interferiu no peso de mil sementes de girassol. Carvalho & Pissaia (2002), trabalhando com N em girassol sob plantio direto na palha, observaram que houve um aumento do peso de 1000 sementes na dose máxima de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N, alcançando 71,1 g de aquênios.

Massey (1971) trabalhando com dose de N de 0, 56, 112 e 168 kg ha<sup>-1</sup>, somente encontrou aumento no peso de mil sementes até a dose de 56 kg ha<sup>-1</sup>.

Biscaro et al., (2008) observaram que houve um efeito positivo no peso de 1000 aquênios em decorrência da aplicação de N até a dose de 44,9 kg de N ha<sup>-1</sup>, alcançando 7,19 gramas.

Observa-se na figura 35 que o aumento da dose de lodo compostado proporcionou um aumento no peso de mil sementes.

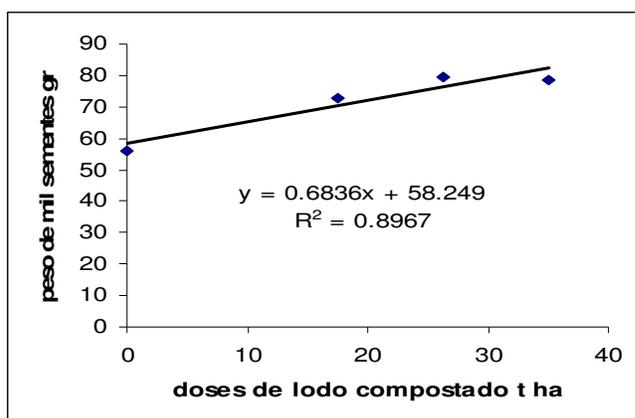


Figura 35 Peso de mil sementes em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.9 Teor e rendimento de óleo

Observa-se na Tabela 42 que o teor de óleo não ocorreu diferenças significativas entre os tratamentos, porém o aumento da dose de lodo proporcionou um pequeno incremento no teor de óleo e um decréscimo bupto de uma forma quadrática como mostra-se a Figura 36. Lobo & Grassi Filho, (2007) obtiveram um teor de óleo nos tratamento com lodo de esgoto superior aos tratamentos adquiridos neste ensaio, porém não houve

variação entre os tratamentos. Smiderle et al., (2002), observaram que com o aumento das doses de N no girassol houve uma redução no teor de óleo.

Para o rendimento de óleo em  $\text{kg ha}^{-1}$  verificou-se que ocorreu da mesma maneira que o rendimento de grão entre os tratamentos isto porque não alterou o teor de óleo entre os tratamentos. Observa-se na figura 39 que com o aumento da dose de lodo ocorreu um aumento linear no rendimento de óleo.

Levando-se em consideração a grande importância do rendimento de óleo para as agroindústrias, existe uma possibilidade futura que a produção de girassol seja remunerada por esta qualidade. Devido a isto, as recomendações de N para a cultura não são muito elevadas, porem neste ensaio não foi verificado diferença nos teores de óleo entre os tratamentos. Smiderle et al., (2002) verificou uma diminuição no teor de óleo em função do aumento do N.

Tabela 42 Teor e rendimento de óleo no girassol

| Tratamentos | Teor de óleo<br>% | Rendimento de óleo<br>$\text{Kg ha}^{-1}$ |
|-------------|-------------------|---|
| T0          | 34,6              | 718,5 d                                   |
| T1          | 35,6              | 1.340,1 b                                 |
| T2          | 34,7              | 1.568,1 a                                 |
| T3          | 34,9              | 1.101,8 c                                 |
| F           | 0,61              | 34,84*                                    |
| Média       | 34,9              | 1.182,1                                   |
| CV          | 3,28              | 10,44                                     |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

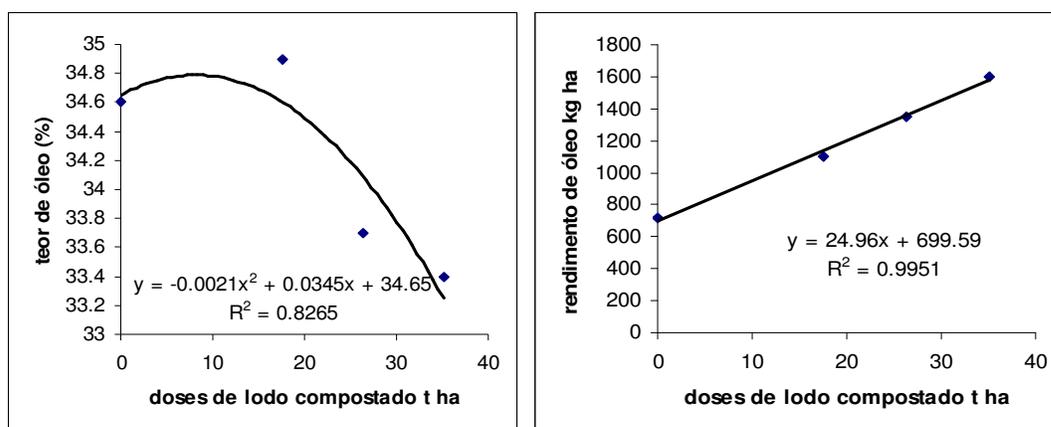


Figura 36. Teor e rendimento de óleo em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.10 Exportação de nutrientes nos grãos.

Na Tabela 43 observa-se que a exportação de N obedeceu na seguinte ordem: T2>T1>T3>T0 e o aumento da dose de lodo proporcionaram um aumento da exportação de N (Figura 37). Segundo Anjos, (2009) para cada 1000 kg de semente são exportados 23 kg de N, devido esta constatação podemos observar que somente o tratamento que não recebeu N esta abaixo deste valor.

Para o P verifica-se que a sua exportação pelo grão ocorreu diferença entre os tratamentos da seguinte forma O T2 exportou mais P que todos em seguida o T1 e o T3 e o tratamento que exportou menos P foram o tratamento que não recebeu N (T0). Na figura 37 observa-se que a medida que aumento a dose de lodo houve um incremento linear na exportação de P.

Verifica-se na Tabela 43 que o T2 exportou mais K que o T0 e T3 e o T0, que não recebeu N, exportou menos K que todos os tratamentos em função da menor produtividade deste tratamento. Na figura 37 observa-se que com o aumento da dose de lodo aumentou linearmente a exportação de K.

Verifica-se na Tabela 43 que a exportação de Ca o tratamento que não recebeu N, T0, apresentou inferior a todos os outros. Na figura 37 observa-se que com o aumento da dose de lodo ocorreu um aumento linear na exportação de Ca.

Para o Mg verifica-se que a exportação o T2 foi superior em relação aos tratamentos (T0 e T3). O Tratamento T0 foi o que menos exportou Mg. O T1 foi igual ao T2 e ao T3. Verifica-se que com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento linear na exportação de Mg (Figura 37).

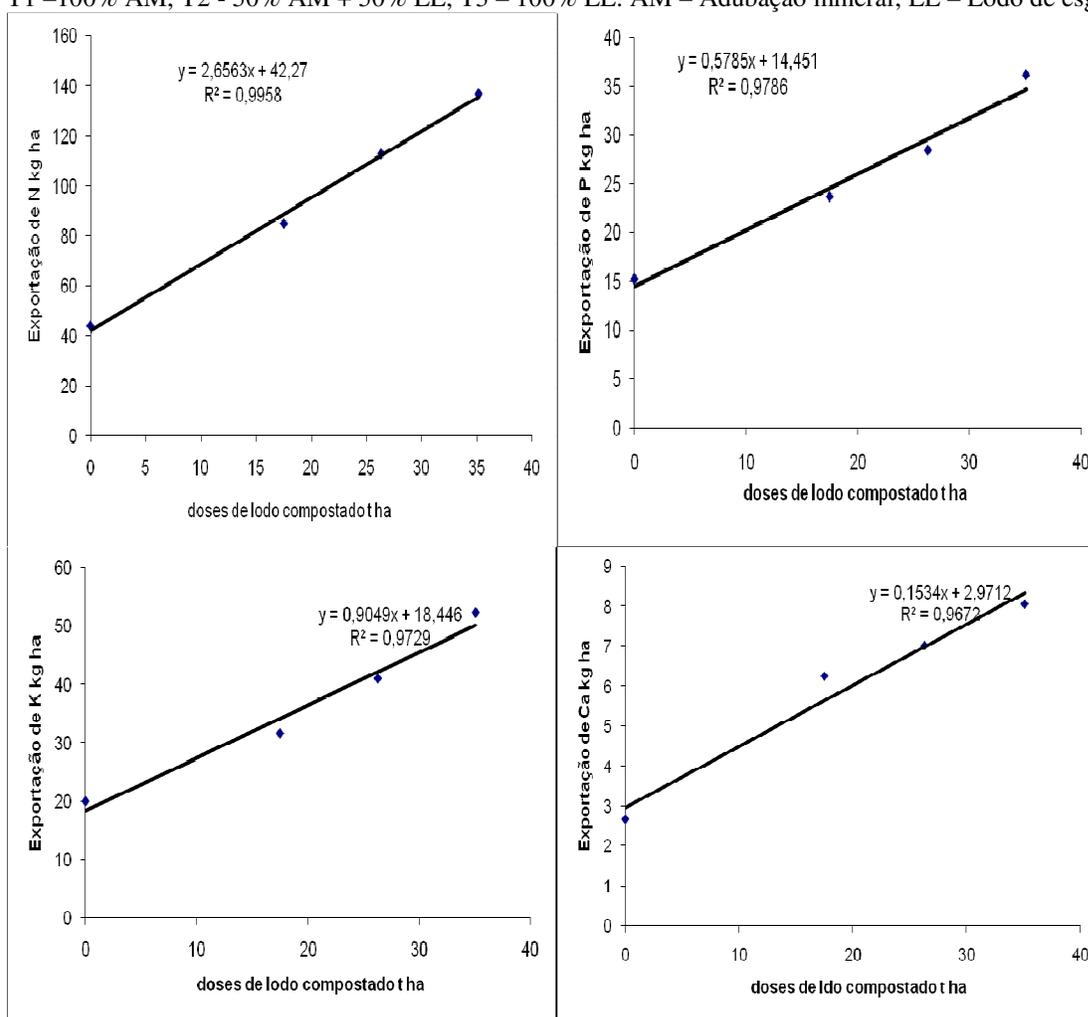
A exportação entre os tratamentos apresentados na tabela 44 ocorreu na seguinte ordem: T2>T1>T3>T0. Em função do aumento da dose de lodo ocorreu um aumento linear na exportação de S (Figura 37).

Segundo Castro & Oliveira (2005) para cada 1000 kg de produção o girassol exporta 23 kg de N, 12 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12 kg de K<sub>2</sub>O, 1,6 kg de Ca, 2,5 kg de Mg e 2,2 kg de S, considerando esta informação o tratamento que não foi aplicado N apresentou em média um teor de N, K, Ca e S abaixo destes valores.

Tabela 43 Exportação de macronutrientes do girassol

| Tratamentos | N        | P       | K        | Ca     | Mg       | S      |
|-------------|----------|---------|----------|--------|----------|--------|
| T0          | 44,01 c  | 15,22 c | 20,04 c  | 2,67 b | 9,21 c   | 3,08 d |
| T1          | 102,56 b | 26,70 b | 38,21 ab | 8,79 a | 16,88 ab | 5,86 b |
| T2          | 123,67 a | 32,52 a | 41,00 a  | 8,53 a | 20,07 a  | 6,86 a |
| T3          | 84,93 b  | 23,67 b | 31,69 b  | 6,25 a | 14,28 b  | 4,77 c |
| F           | 30,24    | 22,48   | 18,45    | 10,73  | 19,09    | 31,99  |
| Média       | 88,79    | 24,53   | 32,74    | 6,56   | 15,11    | 5,14   |
| CV          | 13,84    | 12,40   | 13,26    | 26,38  | 13,90    | 11,13  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



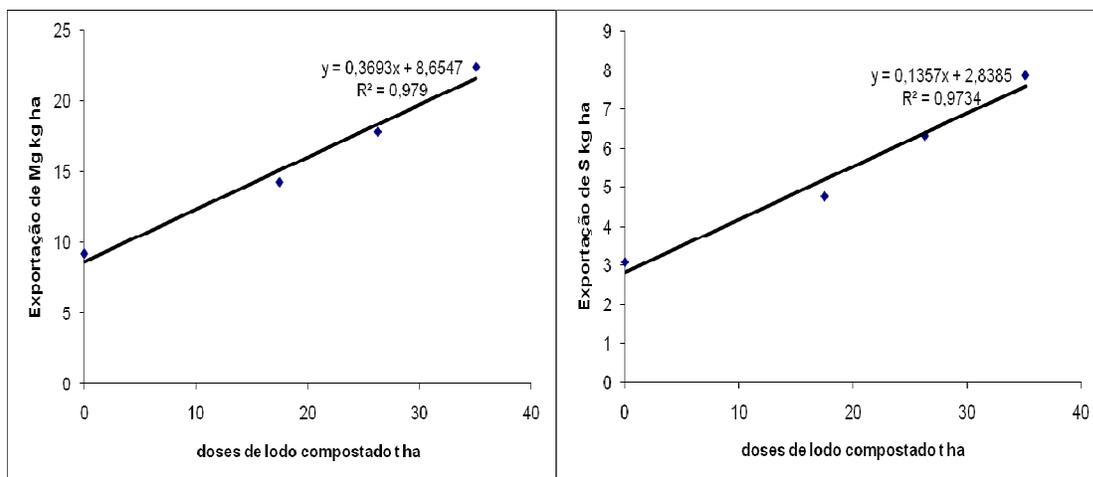


Figura 37 Exportação de macronutrientes no girassol em função da dose de lodo compostado

Verifica-se na Tabela 44 que o T1 e o T2 exportaram mais B em relação ao T3 e o T3 exportou mais que o T0. Observa-se na Figura 41 que com o aumento da dose de lodo compostado aumentou linearmente a exportação de B.

Verificando na Tabela 44 que para a exportação de Cu pelo grão o tratamento T2 foi superior ao T0, T1 e T3 e o T0 foi inferior a todos. Houve um incremento linear da exportação deste elemento em função do aumento da dose de lodo compostado como mostra a Figura 38.

O T2 exportou mais Fe em relação aos tratamentos T0, T1 e T3. O tratamento T0 foi o tratamento que menos exportou Fe. Na exportação de Fe houve um incremento deste elemento em função do aumento da dose de lodo compostado como mostra a Figura 38.

Verifica-se na Tabela 44 que a exportação de Mn ocorreu na seguinte ordem: T2>T1>T3>T0. A medida que foi aumentando a dose de lodo aumentou a exportação de Mn de uma forma linear como mostra a Figura 38.

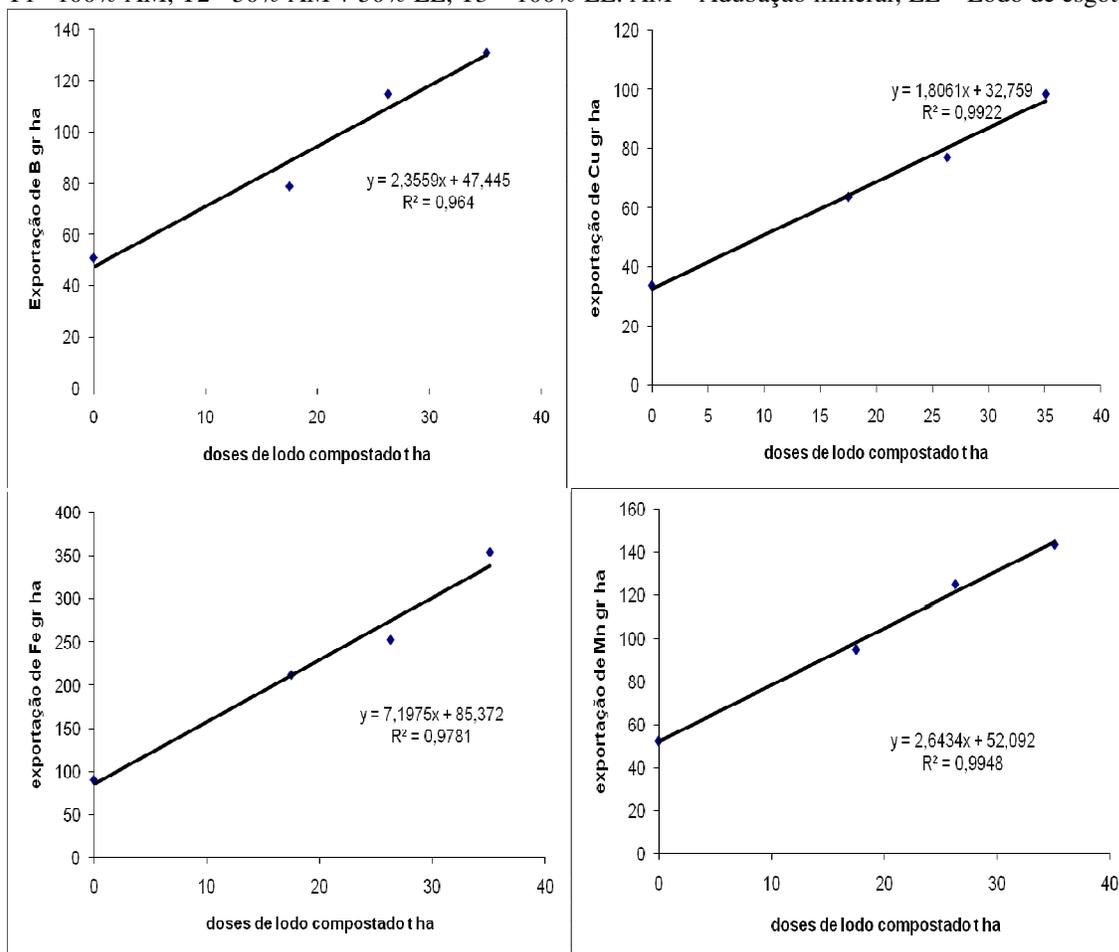
Para o Zn verifica-se na Tabela 44 que o T2 foi o tratamento que mais exportou Zn. O T1 e o T3 foram o segundo que mais exportou. O terceiro que mais exportou foi o T0. Com o aumento da dose de lodo compostado ocorreu um aumento linear na exportação de Zn, como se observa na Figura 38.

Segundo Castro & Oliveira, (2005) para cada tonelada de grão o girassol exporta 23 gramas de B, 18 gramas de Cu, 98 gramas de Fe, 35 gramas de Mn e 42 gramas de Zn. Somente no tratamento que não foi aplicado N (T0) apresentou um teor de Cu nas sementes inferior ao que o Castro & Oliveira (2005) consideraram ideais.

Tabela 44 Exportação de micronutrientes do girassol

| Tratamentos | B        | Cu      | Fe           | Mn       | Zn       |
|-------------|----------|---------|--------------|----------|----------|
|             |          |         | $g\ ha^{-1}$ |          |          |
| T0          | 51,00 c  | 33,76 c | 90,58 c      | 52,71 d  | 103,14 c |
| T1          | 102,52 a | 77,17 b | 200,64 b     | 125,99 b | 215,09 b |
| T2          | 119,93 a | 93,97 a | 309,71 a     | 144,16 a | 304,27 a |
| T3          | 78,85 b  | 63,92 b | 212,00 b     | 95,28 c  | 218,51 b |
| F           | 15,16    | 25,82   | 20,17        | 68,96    | 34,01    |
| Média       | 88,08    | 67,21   | 203,23       | 104,54   | 210,25   |
| CV          | 17,44    | 14,91   | 19,64        | 9,22     | 13,45    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



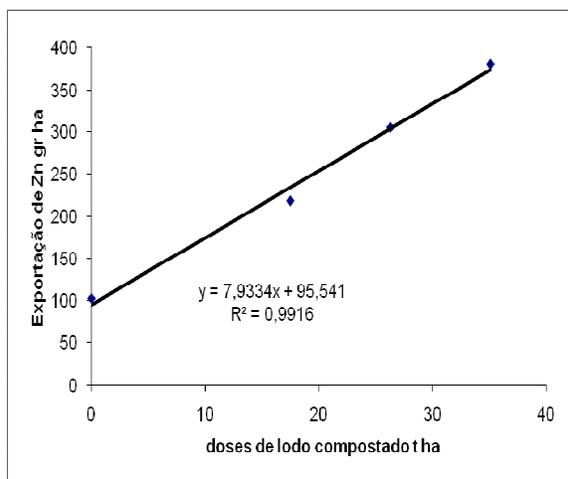


Figura 38 Exportação de micronutrientes no girassol em função da dose de lodo compostado

#### 6.4.11 Rendimento médio da massa seca da parte aérea do girassol

Na Tabela 45 observa-se que os tratamentos que obtiveram uma suplementação com N mineral (T1 e T2) apresentaram superiores e o tratamento que não foi aplicado nenhuma fonte de N mineral ou orgânica (T0) foi inferior a todos os tratamentos. Somente no rendimento de matéria seca dos capítulos que o T2 foi superior ao T1 e o T1 foi igual ao T3. Pela Figura 39 observa-se que o comportamento do rendimento de matéria seca caule, folha, capítulo e total mostraram uma resposta significativa ao aumento do composto de lodo de esgoto aplicada.

Estes parâmetros de rendimento de matéria seca esta intimamente associada à quantidade de N colocado à disposição da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

Silva et al., (2003) observaram que a melhor resposta em produção de matéria seca com sorgo utilizando lodo de esgoto foi o tratamento que recebeu  $\frac{1}{2}$  da adubação química e  $\frac{1}{2}$  lodo de esgoto aproximadamente de  $82,5 \text{ t ha}^{-1}$ , valor muito acima do padrão que varia de 15 a  $45 \text{ t ha}^{-1}$ .

De acordo com SANTOS et al., (1999) o efeito do N sobre o rendimento ou acumulação de biomassa depende da quantidade de água e da distribuição da precipitação durante o ciclo da cultura.

Tabela 45 Rendimento de matéria seca do girassol

| Tratamentos | MS capítulo | MS caule  | MS folha  | Ms total |
|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|
| T0          | 1.045,9 c   | 912,1 c   | 383,9 c   | 2.339 c  |
| T1          | 1.808,1 b   | 2.014,1 a | 1.036,9 a | 4.859 a  |
| T2          | 2.225,7 a   | 2.100,4 a | 1.149,5 a | 5.476 a  |
| T3          | 1.740,3 b   | 1.407,2 b | 758,2 b   | 3.906 b  |
| F           | 20,04*      | 16,54*    | 20,30*    | 23,01*   |
| Média       | 1.705,0     | 1.608,5   | 832,1     | 4.144,9  |
| CV          | 12,82       | 17,04     | 18,19     | 13,71    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

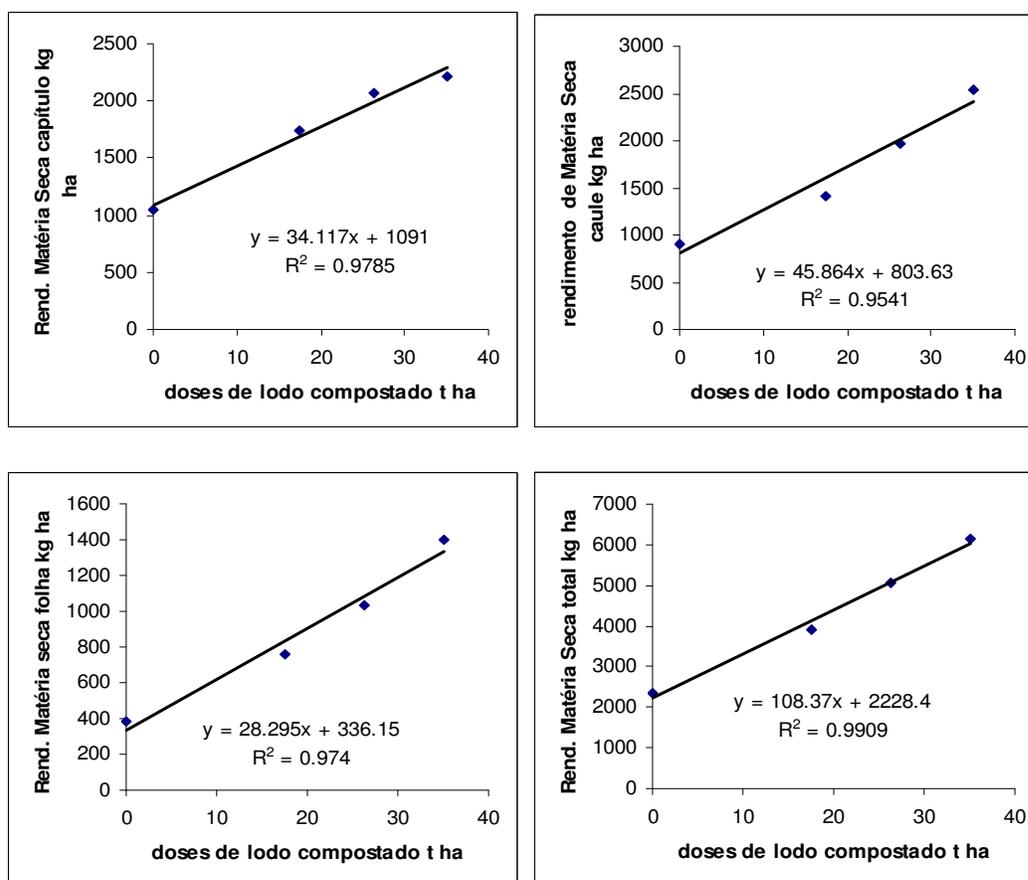


Figura 39 Rendimento de matéria seca em função da dose de lodo compostado

Este parâmetro de rendimento médio de matéria seca é de suma importância, devido estas partes da planta (folha, caule e capítulo) geralmente retornarem no solo este somente não é retornado quando é feita uma silagem que é cortada a planta inteira.

Com isso, quanto maior o potencial retornado ao solo, a planta subsequente terá um melhor benefício com a maior retenção de umidade e melhor disponibilidade de nutrientes, uma vez que no girassol a decomposição da folha e capitulo é rápida por apresentar uma baixa relação C/N. A decomposição do caule é mais lenta por apresentar-se uma alta relação C/N, e isto é interessante, porque na mesma planta partes se decompõem rapidamente fornecendo nutrientes para a próxima cultura, e parte, permanecerá por mais tempo no solo, favorecendo a retenção de umidade e protegendo o solo. Verificando a média dos tratamentos 40% da matéria seca total foi do caule da planta e 60% folha e capitulo.

## 6.5 Ensaio da cultura do trigo

### 6.5.1 Estande inicial do trigo

Pode ser verificado na Tabela 46 que não houve diferença estatística entre os tratamentos em número de plantas em 1 ha tanto aos 12 quanto aos 19 dias da semeadura. Tendo em vista que no dia seguinte da semeadura ocorreu uma precipitação pluviométrica de 21,5 mm que foi o suficiente para garantir a germinação e a emergência das sementes. Somente com o aumento da dose de lodo ocorreu um aumento de número de plantas aos 19 dias da semeadura até uma certa dosagem em seguida estabilizou-se como mostra a Figura 40.

Tabela 46 Estande inicial do trigo

| Tratamentos | Nº de plantas aos 12 dias após a semeadura em 1 ha | Nº de plantas aos 19 dias após a semeadura em 1 ha |
|-------------|--|--|
| T0          | 1.807.367  | 1.807.367  |
| T1          | 1.851.485  | 1.851.485  |
| T2          | 1.757.367  | 1.929.427  |
| T3          | 1.944.133  | 1.967.663  |
| F           | 0,67   | 0,81   |
| Média       | 1.840.088  | 1.888.986  |
| CV          | 11,81  | 9,53   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

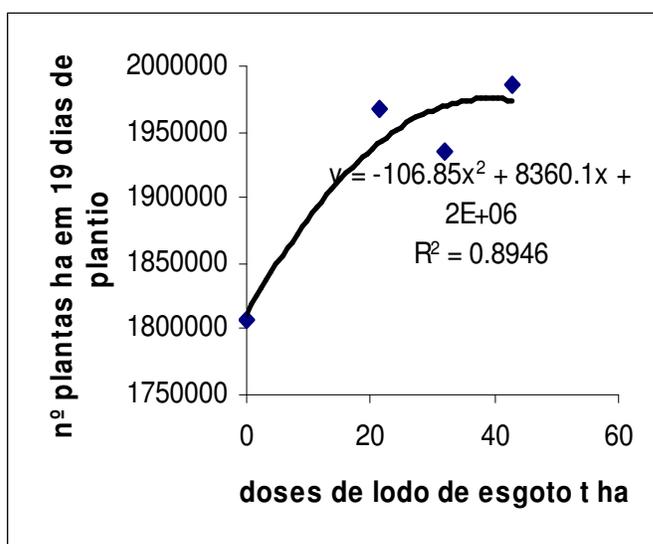


Figura 40 Estande inicial do trigo em função da dose de lodo compostado

## 6.5.2 Diagnóstico foliar do trigo

### 6.5.2.1 Macronutrientes

Segundo Cantarella et al. (1996) os teores foliares considerados adequados para a cultura do trigo são os seguintes: N – 20 a 34 g kg<sup>-1</sup>, P – 2,1 a 3,3 g kg<sup>-1</sup>, K – 15 a 30 g kg<sup>-1</sup>, Ca – 2,5 a 10 g kg<sup>-1</sup>, Mg – 1,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>, S – 1,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>.

Na Tabela 47 pode-se verificar que entre os tratamentos houve variação nos teores de N. Sendo que os tratamentos que foram suplementados com N mineral (T1 e T2) apresentaram superiores ao T0 e ao T3 e o T0 que não foi aplicado N foi inferior ao T3. Conforme mostra a Figura 41 que o aumento da dose de lodo houve um incremento linear nos teores foliares de N. Pode-se observar que o tratamento T0 apresentou teor adequado de N e os demais tratamentos acima do adequado. Silva (1992) estudando o efeito do B e do N no rendimento de trigo irrigado e no teor de nutrientes na planta, não observou diferença significativa nos teores foliares de N em função das diferentes doses de N aplicado no solo. O autor sugere que seus resultados estejam relacionados ao histórico de cultivo da área, que incluía o plantio de soja.

Para o P observa-se na Tabela 47 que o teor no T0 foi superior ao T3. Somente o tratamento T3 apresentou teores inadequados de P, embora não tenha sido

constatada deficiência de P no tratamento T3, pode ter ocorrido também o efeito diluição. Ao aumentar a dose de lodo verifica-se que até aproximadamente a dose do tratamento T3 houve um decréscimo no teor de P nas folhas e posteriormente um acréscimo com o aumento da dose de lodo como mostra a Figura 41.

Para o K não ocorreu variação entre os tratamentos e todos os tratamentos apresentaram níveis adequados. Verificou-se que ocorreu um acréscimo no teor foliar de K com o aumento da dose de lodo até certa dosagem e posterior um decréscimo como mostra a Figura 41, tendo em vista que o lodo apresenta baixos teores de K.

No Ca verifica que os tratamentos que foram aplicados N apresentaram um maior teor nas folhas em relação ao T0 que não foi aplicado N. Observa-se que somente o tratamento que não foi aplicado N apresentou um teor de Ca inadequado (CANTARELLA et al., 1996). Com o aumento da dose de lodo houve um incremento no teor de Ca foliar como mostra a Figura 41.

Para o Mg observa-se que o tratamento T0 foi inferior em relação aos tratamentos T1 e T2. Os tratamentos T1, T2, T4 e T5 apresentaram teores adequados. Os tratamentos T0 e T3 apresentaram um teor inadequado de Mg. Com o aumento da dose de lodo observa-se na Figura 44 um incremento linear nos teores foliares de Mg. Para obter-se o valor adequado de Mg foliar no trigo haveria necessidade de aplicar  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de lodo se substituirmos a equação obtida na Figura 41.

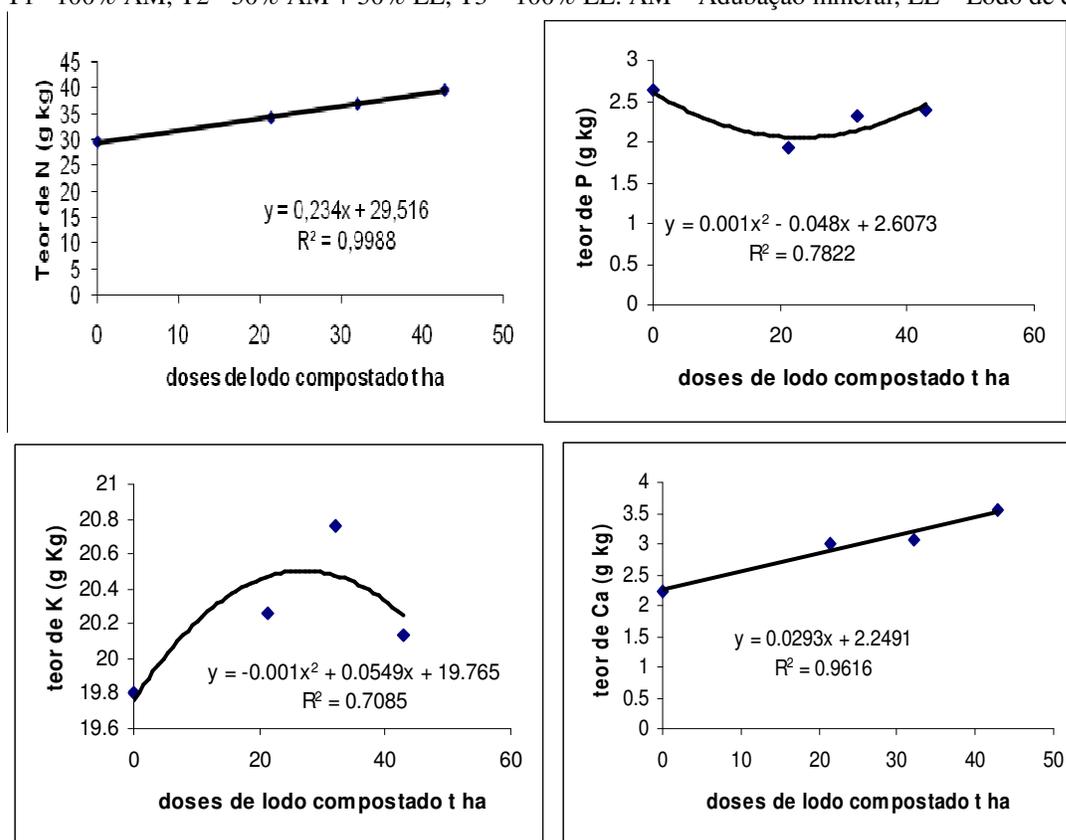
Verifica-se que para o teor foliar de S, o tratamento T3 foi superior ao T0, T1 e T2 e o tratamento T0 foi inferior a todos. Com o aumento da dose de lodo aumentou linearmente o teor foliar de S como se observa na figura 41. Observa-se que os tratamentos que não foram aplicados lodo de esgoto apresentou-se um teor adequado e os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto apresentou-se um teor acima do adequado.

Podemos observar que somente os tratamentos T0 e T3 que apresentaram alguns teores foliares inadequados. Para o T0 o Ca e o Mg apresentaram inadequados. Para o T3 o P e o Mg que apresentaram teores inadequados

Tabela 47 Teores foliares de macronutrientes no trigo

| Tratamentos | N                  | P       | K     | Ca     | Mg      | S      |
|-------------|--------------------|---------|-------|--------|---------|--------|
|             | $\text{g kg}^{-1}$ |         |       |        |         |        |
| T0          | 29,62 c            | 2,63 a  | 19,80 | 2,22 b | 1,30 c  | 2,21 c |
| T1          | 36,30 a            | 2,28 ab | 18,76 | 2,74 a | 1,50 ab | 2,85 b |
| T2          | 37,59 a            | 2,30 ab | 20,36 | 3,00 a | 1,56 a  | 3,38 b |
| T3          | 34,34 b            | 1,92 b  | 20,26 | 3,00 a | 1,38 bc | 3,97 a |
| F           | 58,92              | 3,38    | 1,01  | 10,01  | 4,21    | 14,52  |
| Média       | 34,46              | 2,28    | 19,79 | 2,74   | 1,43    | 3,10   |
| CV          | 2,95               | 15,54   | 8,24  | 9,48   | 8,88    | 14,19  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



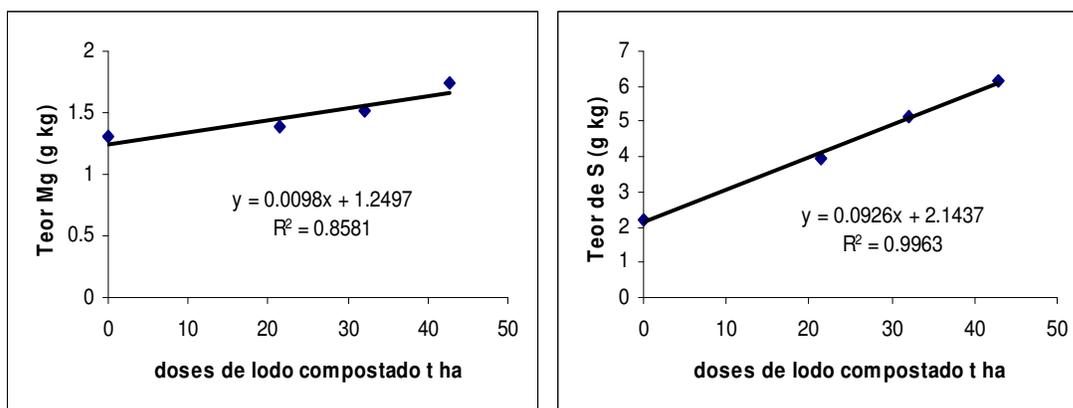


Figura 41 Teores foliares de macronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.2.2 Micronutrientes

Segundo Cantarella et al. (1996) os teores foliares para os micronutrientes considerados adequados para a cultura do trigo são os seguintes: B - 5 a 20 mg kg<sup>-1</sup>, Cu - 5 a 25 mg kg<sup>-1</sup>, Fe - 10 a 300 mg kg<sup>-1</sup> e Mn - 25 a 150 mg kg<sup>-1</sup> e Zn - 20 a 70 mg kg<sup>-1</sup>. Observa-se na Tabela 48 que baseado nos teores descritos acima todos os teores foliares de micronutrientes apresentam adequados para todos os tratamentos.

O Cu e o Fe não variaram entre os tratamentos. Para o Cu verifica-se que ocorreu um acréscimo com o seu teor foliar no incremento da dose ate um uma dosagem e posteriormente um decréscimo como mostra a Figura 42. Já para o Fe com o aumento da dose de lodo ocorreu um decréscimo no teor foliar ate ficar constante o seu teor.

Para o B o tratamento T0 apresentou teor superior em relação ao T1, T2, T3, isto pode ser explicado pelo efeito diluição. O T2 apresentou-se inferior em relação aos tratamentos T0 e T1. Furlani et al. (2003) detectaram que o teor limite para deficiência de B nas folhas, foi de 25 mg kg<sup>-1</sup> para todas as cultivares testadas, podemos observar que todos os tratamentos apresentaram acima deste valor isto pode ser explicado que a cultura anterior foi girassol e esta foi aplicada acido bórico como fonte de B com isso ficou um residual de B no solo. Observa-se na Figura 42 que ocorreu um decréscimo no teor de B com o aumento da dose de lodo.

Quanto ao Mn verifica-se que não houve diferença entre os tratamentos da tabela 48. Porem o aumento da dose de lodo houve um acréscimo quadrático no teor de Mn como mostra a Figura 42.

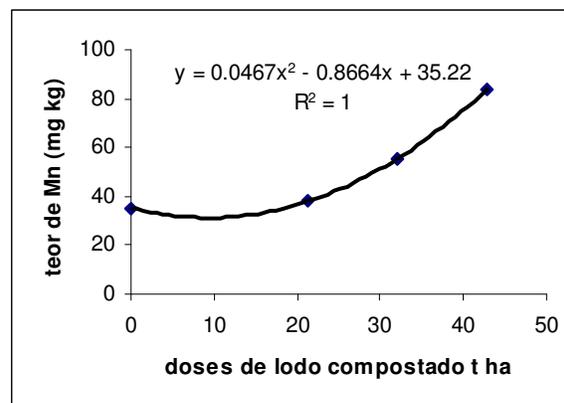
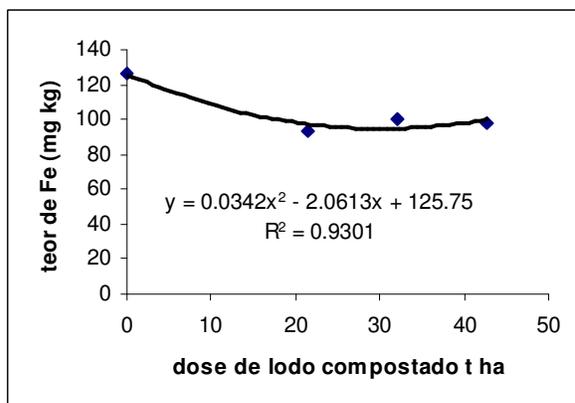
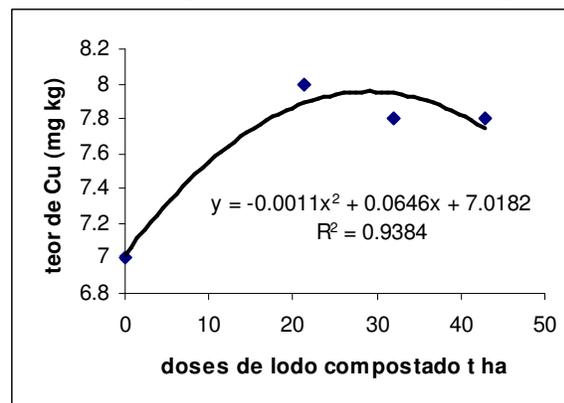
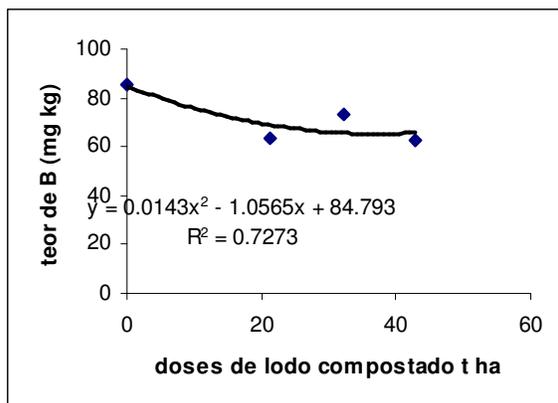
Para o Zn os tratamentos que não foram aplicados lodo de esgoto foi inferior aos tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear nos teores de Zn como se observa na Figura 42.

Chueiri et al., (2007) concluíram que os teores de K, N, Mg, Cu e Zn no tecido vegetal do trigo foram aumentados pelo lodo enquanto o fertilizante mineral os reduziu.

Tabela 48 Teores foliares de micronutrientes no trigo

| Tratamentos | B        | Cu    | Fe                  | Mn    | Zn      |
|-------------|----------|-------|---------------------|-------|---------|
|             |          |       | mg kg <sup>-1</sup> |       |         |
| T0          | 85,72 a  | 7,00  | 126,40              | 35,20 | 24,00 b |
| T1          | 67,74 b  | 8,40  | 92,20               | 36,20 | 28,80 b |
| T2          | 52,90 c  | 7,80  | 105,40              | 41,60 | 39,40 a |
| T3          | 63,16 bc | 8,00  | 93,40               | 38,20 | 44,00 a |
| F           | 6,40     | 0,60  | 0,80                | 7,78  | 52,68   |
| Média       | 67,38    | 7,80  | 104,35              | 37,80 | 34,05   |
| CV          | 14,55    | 16,88 | 30,65               | 31,22 | 14,00   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



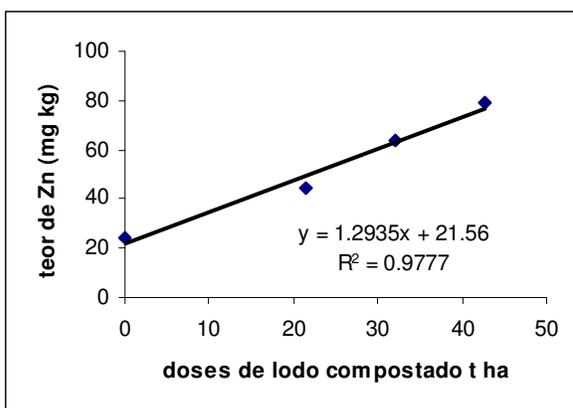


Figura 42 Teores foliares de micronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.3 Exportação de nutrientes no grão

#### 6.5.3.1 Macronutrientes

Ao observar na tabela 49 houve diferença na exportação em função da produtividade. O tratamento T2 foi o tratamento que exportou mais em relação ao T0 e ao T3. O T0 foi o tratamento inferior a todos quanto à exportação de N. Haliday (1948), mostra que a cultura do trigo retira através da produção de grão a quantidade de 40 kg de N. Meneghin (2006) detectou um aumento do teor de N no grão em função do aumento da adubação com N até a dose de 210 kg ha<sup>-1</sup>. Observa-se na Figura 43 que a medida que foi aumentando a dose de lodo aumentou linearmente a exportação do N este dado é interessante a ser considerado que plantas com adubações de lodo pode exportar mais N com isso poderá ser aplicado mais N proveniente de lodo do que o recomendado para as culturas.

Para à exportação de P observa-se na Tabela 49 que o tratamento T2 exportou mais P em relação aos outros tratamentos e o tratamento T0 que não recebeu N exportou menos P que os demais. À medida que aumentou a dose de lodo aumentou linearmente a exportação de P pelo trigo conforme consta na Figura 43.

Verifica-se na Tabela 49 que o tratamento que não recebeu N exportou menos K. A exportação de K foi aumentada linearmente com o aumento da dose de lodo conforme se observa na Figura 43.

Verifica-se na Tabela 49 que a exportação de Ca nos grãos não diferiu em função dos tratamentos. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um decréscimo e posteriormente um acréscimo da exportação de K pelo grão.

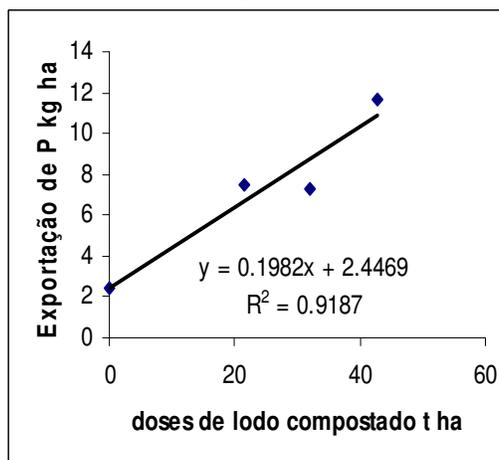
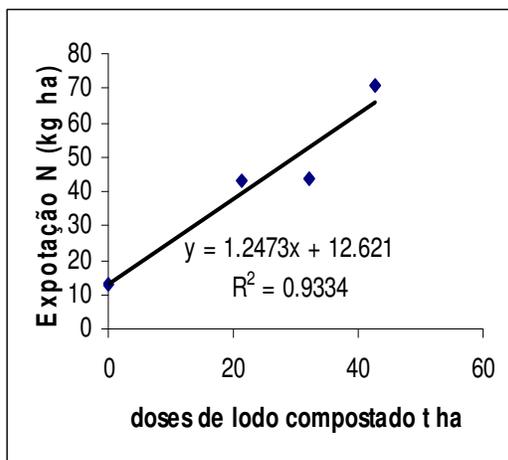
Observa-se na Tabela 49 que o tratamento que não recebeu N (T0) foi o que menos exportou Mg. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear na sua exportação.

Para a exportação de S os tratamentos se comportaram das seguintes formas: T2>T1 e T3; T1 e T3>T0 como podemos observar na Tabela 49. Observa-se na Figura 43 que com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear na exportação do S.

Tabela 49 Exportação de macronutrientes do trigo

| Tratamentos | N                   | P      | K      | Ca     | Mg     | S      |
|-------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | kg ha <sup>-1</sup> |        |        |        |        |        |
| T0          | 12,91 c             | 2,43 c | 2,37 b | 0,38 b | 0,89 b | 0,81 c |
| T1          | 45,39 ab            | 6,83 b | 7,26 a | 1,34 a | 3,03 a | 2,57 b |
| T2          | 54,19 a             | 8,65 a | 8,41 a | 1,32 a | 3,60 a | 3,35 a |
| T3          | 43,08 b             | 7,48 b | 8,20 a | 1,15 a | 3,13 a | 2,50 b |
| F           | 29,97               | 57,47  | 34,01  | 17,38  | 32,82  | 64,74  |
| Média       | 38,89               | 6,35   | 6,56   | 1,05   | 2,66   | 2,31   |
| CV          | 18,87               | 12,62  | 16,60  | 23,06  | 17,67  | 12,92  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



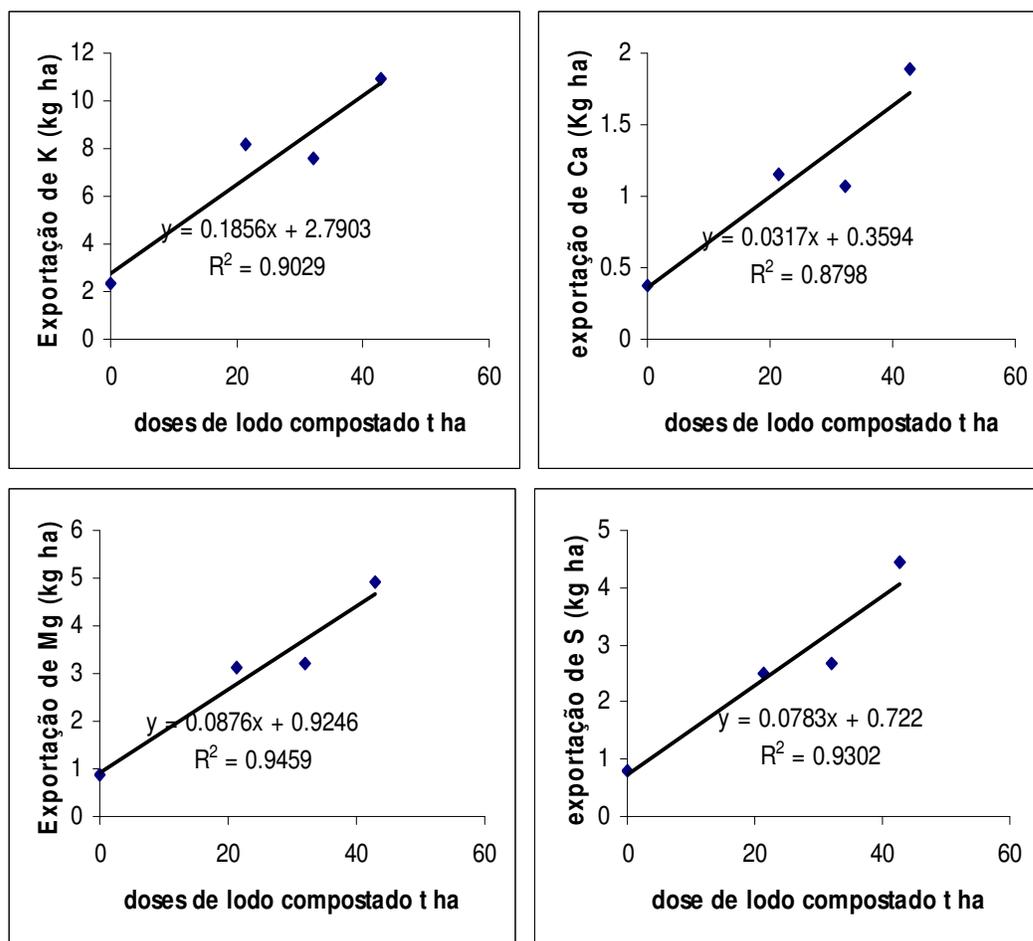


Figura 43 Exportação de macronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.3.2 Micronutrientes

O tratamento que não recebeu N, T0, foi o tratamento que menos exportou B como pode ser observado na Tabela 50. Observa-se na Figura 44 que com o aumento da dose de lodo aumentou a exportou linearmente o B. A falta de B pode ocorrer o chochamento da espiga (esterilidade masculina).

No tratamento que se aplicou N mineral (T1) exportou-se mais Cu que o tratamento que não recebeu N (T0) em função do aumento da produtividade. A medida que foi aumentando a dose de lodo aumentou a sua exportação linearmente.

Para a exportação observa-se que os tratamentos T1, T2 e T3 exportaram mais Fe em relação ao tratamento que não foi aplicado N (T0) como pode ser

observado na Tabela 50. Com o aumento da dose de lodo observa-se na Figura 47 que houve um incremento na sua exportação de uma forma quadrática.

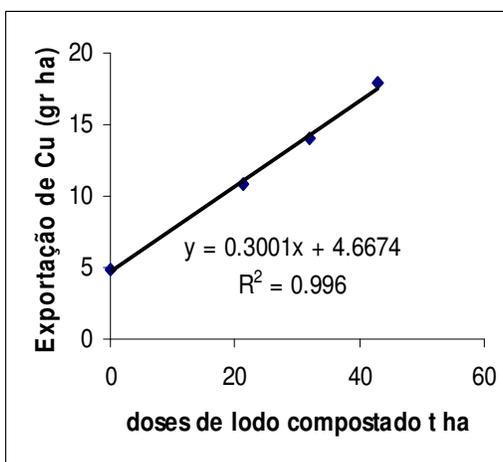
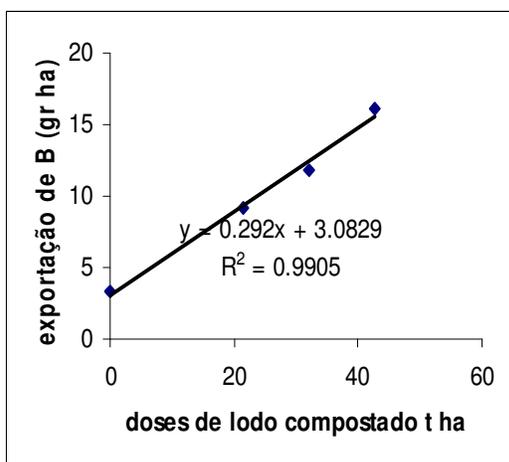
Observa-se na Tabela 50 que para a exportação de Mn o T2 foi superior ao T1 e ao T0 e o tratamento que não aplicou N (T0) exportou menos Mn que os demais em função da produtividade. O aumento da dose de lodo aumentou linearmente a exportação de Mn conforme demonstra-se na Figura 44.

Quanto à exportação de Zn pelos grãos observa-se na Tabela 50 que os tratamentos T2 e T3 exportaram mais Zn que os tratamentos T1 que recebeu n exportou mais Zn que o tratamento que não recebeu N, T0 em função do aumento da produtividade. Na exportação de Zn com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear com observa-se nas Figuras 44.

Tabela 50 Exportação de micronutrientes do trigo

| Tratamentos | B       | Cu       | Fe                  | Mn       | Zn       |
|-------------|---------|----------|---------------------|----------|----------|
|             |         |          | gr ha <sup>-1</sup> |          |          |
| T0          | 3,31 b  | 4,89 b   | 34,21 b             | 23,22 c  | 24,69 c  |
| T1          | 12,91 a | 30,42 a  | 149,14 a            | 76,81 b  | 73,86 b  |
| T2          | 13,08 a | 12,99 ab | 176,58 a            | 96,23 a  | 137,53 a |
| T3          | 9,21 a  | 10,79 ab | 151,19 a            | 82,58 ab | 115,26 a |
| F           | 8,86    | 2,88     | 4,19                | 40,22    | 39,82    |
| Média       | 9,62    | 14,77    | 127,78              | 69,71    | 87,84    |
| CV          | 35,69   | 97,99    | 54,40               | 16,21    | 20,04    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



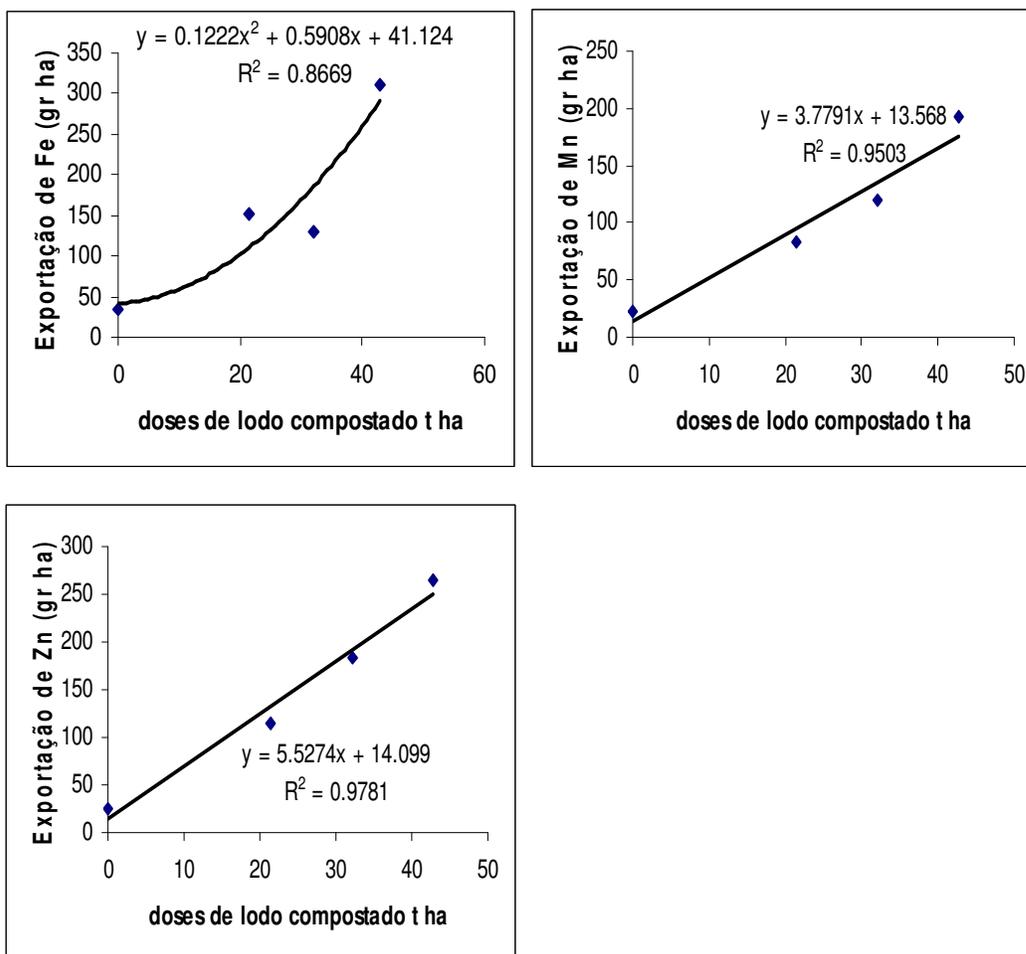


Figura 44 Exportação de micronutrientes do trigo em função da dose de lodo compostado

#### 6.5.4 Estande final do trigo

Observa-se na Tabela 51 que houve uma variação no estande final entre os tratamentos, o número de plantas apresentou-se bem superior em relação ao estande inicial da cultura este fator pode ser atribuído ao perfilhamento. O incremento de N no solo em doses adequadas proporciona aumento no perfilhamento (Mundstock et al., 2002), o perfilhamento é um processo crucial na determinação do rendimento de grão em trigo, pois está relacionado com a expansão da área foliar durante os estágios iniciais de desenvolvimento e influencia o número de espiga por planta. Podemos observar que o N interferiu no perfilhamento nas plantas do trigo. O tratamento que se aplicou N seja da forma orgânica ou mineral apresentou um maior número de plantas. Entre os tratamentos que foram aplicados N não ocorreu

variação. Com o aumento da dose de lodo houve um incremento quadrático com o número de plantas em função do N.

Tabela. 51 Estande final do trigo

| Tratamentos | Nº de plantas em 1 ha na colheita |
|-------------|-----------------------------------|
| T0          | 2.742.667 b                       |
| T1          | 4.289.333 a                       |
| T2          | 4.120.000 a                       |
| T3          | 4.048.000 a                       |
| F           | 13,03                             |
| Média       | 3.800.000                         |
| CV          | 11,61                             |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

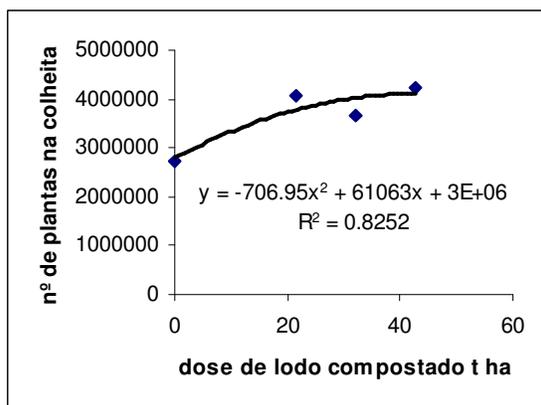


Figura 45 Estande final da cultura do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.5 Rendimento de matéria seca do trigo

Verifica-se na Tabela 52 que o rendimento de matéria seca do trigo variou da mesma forma quanto ao rendimento de massa seca das espiguetas rendimento da parte aérea sem a espiguetas e o rendimento total de matéria seca. O tratamento que não recebeu N, T0, apresentou um rendimento de matéria seca inferior a todos os outros tratamentos. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear no aumento do rendimento da matéria seca como se observa na Figura 46. A diferença de rendimento de matéria seca do T5 em relação ao T0 foi de 2.734 kg, ou seja, mais de três vezes a produtividade do próprio tratamento T0. Gargantini et al.(1993) observaram que quando ocorreu excesso de N no solo, foram observados alongação no período vegetativo e paralisação na formação de matéria seca, porém neste ensaio não ocorreu isto que com o

aumento de lodo de esgoto aumentou a produção de matéria seca. Rodrigues et al., (2000) observaram um aumento na produção de matéria seca do trigo em função da dose de N. Da Ross et al., 2003 verificaram aumento na produção de matéria seca entre as doses de N aplicada (0, 30 e 60 kg de N ha<sup>-1</sup>), independente da época de aplicação.

Chueri et al., (2007) concluíram que a matéria seca de plantas de trigo foi negativamente afetada pelo lodo de esgoto alcalinizado, enquanto o fertilizante apresentou o efeito inverso.

Araújo et al., (2005) constataram aumento de matéria seca no trigo em função da adubação nitrogenada utilizou a cultivar IAC 24 a mesma utilizada neste experimento.

Tabela 52 Rendimento de matéria seca do trigo

| Tratamentos | Matéria seca das espiguetas em 1 ha<br>kg ha <sup>-1</sup> | Matéria seca das espiguetas por planta<br>gramas | Matéria seca das plantas sem as espiguetas em 1 ha<br>kg ha <sup>-1</sup> | Matéria seca das plantas sem as espiguetas por planta<br>gramas | Matéria seca total em 1 ha<br>kg ha <sup>-1</sup> | Matéria seca total por planta<br>gramas |
|-------------|--|--|---|---|---|---|
| T0          | 309,4 b  | 0,11 b   | 955,1 b   | 0,35 b  | 1.264,5 b   | 0,46 b                                  |
| T1          | 723,0 a  | 0,17 a   | 2.319,8 a   | 0,54 a  | 3.042,8 a   | 0,71 a                                  |
| T2          | 789,7 a  | 0,20 a   | 2.352,5 a   | 0,57 a  | 3.142,2 a   | 0,77 a                                  |
| T3          | 743,2 a  | 0,18 a   | 2.281,2 a   | 0,56 a  | 3.024,4 a   | 0,75 a                                  |
| F           | 19,26  | 6,90   | 33,64   | 16,72   | 38,57   | 19,14                                   |
| Média       | 641,3  | 0,16   | 1.977,1   | 0,51  | 2.618,5   | 0,67                                    |
| CV          | 17,72  | 18,63  | 13,30   | 11,26   | 12,43   | 10,65                                   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

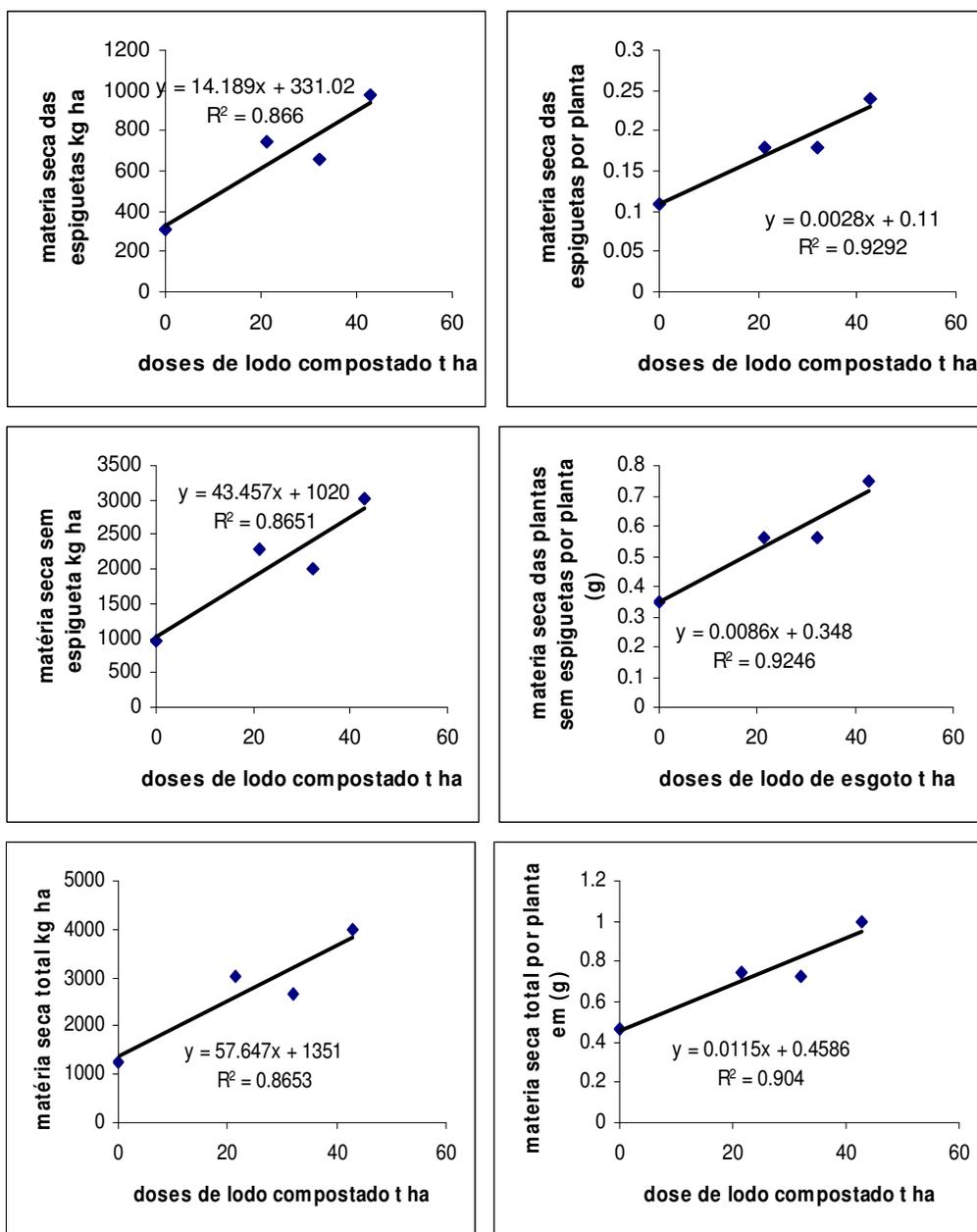


Figura 46 Rendimento de matéria seca do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.6 Rendimento de grão no trigo

Quanto ao rendimento de grão observa-se na Tabela 53 que o tratamento (T2) foi o tratamento superior a todos os outros tratamentos, acredita-se que quando foi aplicado o N mineral aumentou-se também a mineralização do N proveniente do lodo da mesma maneira que ocorreu em um trabalho de Lobo & Grassi Filho (2007) com a cultura do girassol. O T1 e T3 foram superiores estatisticamente ao T0 e o aumento da dose de lodo

proporcionou um incremento linear no rendimento de grãos (Figura 47). O tratamento que foi aplicado a maior dose de lodo (T5) produziu quase 5 vezes mais que o tratamento que não foi aplicado N (T0). Comparando o rendimento de grão do trigo e o triticale neste mesmo trabalho podemos constatar que o tratamento T0 do triticale foi superior ao T0 do trigo, o triticale por ser uma planta mais rústica produziu melhor quando não se aplicou N em relação ao trigo, e os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, ou seja os tratamentos que receberam uma adubação nitrogenada o trigo apresentou um rendimento de grão superior ao triticale. No ano que foi cultivado o triticale choveu muito pouco (117,5 mm) e no ano do trigo choveu muito mais (463 mm) uma diferença de 345,5 mm a mais no trigo em relação ao triticale. A resposta do trigo à aplicação de N é fortemente influenciada por condições climáticas (Ramos, 1981; Pötter et al., 1984). Podemos observar que as condições climáticas quando foi instalado o triticale foi totalmente diferente das condições deste ensaio.

Da Ross et al., (2003) constataram um aumento com aplicação de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N com uma produtividade de grão de 795 e 1240 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Boaretto et al., (2004) obtiveram o maior rendimento de grão em trigo com a aplicação de 92 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando a cultivar IAC 24 a mesma utilizada neste ensaio.

Pötter & Roman (1998) observou-se que para atingir o rendimento máximo, o trigo (cultivar BR 23) necessitaria de 110 kg ha<sup>-1</sup> de N, após a sucessão aveia preta/milho, de 100 kg ha<sup>-1</sup>, após pousio/milho, e de 97 e 89 kg ha<sup>-1</sup>, após a sucessão chicharo/milho e ervilhaca/milho, respectivamente. Não se observaram reflexo das culturas do inverno anterior sobre o trigo. Não foi observado efeito residual dos níveis de N aplicado no milho cultivado antes do trigo.

Wendling (2005) obteve resultados com doses de N no trigo após a soja em plantio direto até a dose de 73 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 82 kg ha<sup>-1</sup> após o milho.

Tabela 53 Rendimento de grão do trigo

| Tratamentos | Produtividade grão por ha<br>kg ha <sup>-1</sup> |
|-------------|--|
| T0          | 539,97 c   |
| T1          | 1.728,96 b                                       |
| T2          | 2.025,51 a                                       |
| T3          | 1.690,06 b                                       |
| F           | 54,37  |
| Média       | 1.496,12   |
| CV          | 13,27  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

Para Zagonel et al. (2002) todos os componentes de produção do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau do N, exceto a população de plantas, O N pode incrementar o número de espiguetas por espiga, de grãos por espiguetas e o tamanho do grão, ainda que seu efeito sobre este último componente seja pouco consistente, pois é dependente das condições ambientais durante a sua formação. Embora se possam incrementar cada um dos componentes, individualmente, fenômenos compensatórios fazem com que, freqüentemente, os componentes se relacionam em forma negativa, tendendo a propiciar o incremento de uns e o decréscimo de outros; assim, a mesma produtividade pode ser obtida por diferentes caminhos, sendo difícil estabelecer-se uma combinação ótima dos componentes de produção (LAMOTHE, 1998).

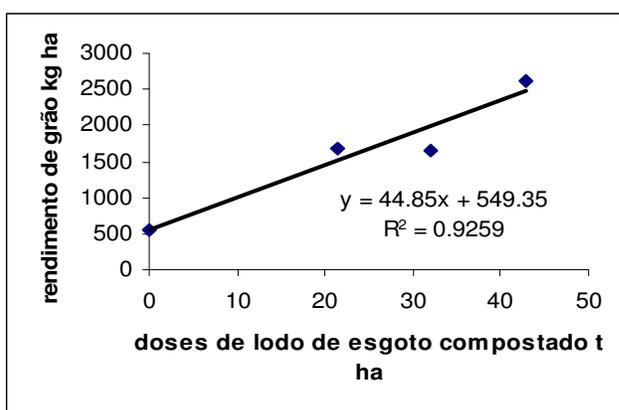


Figura 47 Rendimento de grão do trigo em função da dose de lodo compostado

### 6.5.7 Massa de 1000 grãos no trigo

Pode observar que para a massa de 1000 sementes de trigo o T2 e o T3 foi superior ao T0 e ao T1. O T0 foi inferior a todos os tratamentos como se observa na Tabela 54. Teixeira Filho et al. (2007), estudando resposta de 4 cultivares de trigo irrigado por aspersão na região do cerrado a diferentes doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), aplicado na forma de uréia em cobertura verificaram que a dose de N influenciaram na massa de cem grãos. Observa-se na Figura 48 um aumento linear com o aumento da dose de lodo.

Tabela 54 Massa de mil grãos e Peso hectolítrico do trigo

| Tratamentos | Massa de 1000 grãos<br>gramas | PH<br>kg nl <sup>-1</sup> |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|
| T0          | 26,4 c                        | 73,6 ab                   |
| T1          | 29,2 b                        | 70,7 b                    |
| T2          | 31,8 a                        | 75,2 a                    |
| T3          | 30,9 a                        | 70,6 b                    |
| F           | 21,36                         | 4,88                      |
| Média       | 29,6                          | 72,51                     |
| CV          | 4,27                          | 2,88                      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

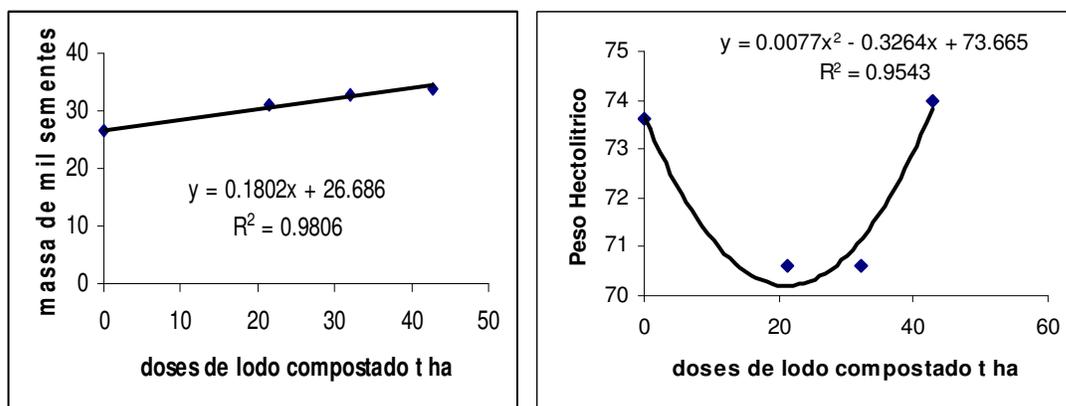


Figura 48 Masa de mil sementes e PH do trigo em função da dose de lodo compostado.

### 6.5.8 Peso Hectolítrico (PH) no trigo

O PH é um índice referente ao rendimento dos grãos em farinha. Espera-se que amostras com altos valores de PH apresentem os maiores rendimentos. No entanto, o fato de um genótipo de trigo com maior valor de PH não assegura que seja de melhor qualidade. Essa relação somente será significativa quando se comparar a mesma variedade

com valores de PH bastante diferenciados, pois muitos fatores são fontes de erros na determinação deste índice, como por exemplo, os espaços vazios entre os grãos, o teor de água e o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra (Mandarino, 1993; Guarienti, 1996).

De acordo com a norma de identidade e qualidade do trigo (Brasil, 2001), o PH é utilizado para a classificação em tipos, necessitando, no mínimo,  $78 \text{ kg hL}^{-1}$  para ser considerado tipo 1, para o tipo 2 o valor é de até  $75 \text{ kg hL}^{-1}$  e para o tipo 3 é  $70 \text{ kg hL}^{-1}$ . Verifica-se que somente o tratamento T2 apresenta tipo 2 o restante tipo 3, esta queda da qualidade do trigo pode ser atribuída ao excesso de chuva principalmente no momento da colheita do trigo. Entre os tratamentos observa-se na Tabela 54 que o tratamento T2 foi superior aos T1 e T3. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um decréscimo no PH e após a dosagem de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  ocorreu um acréscimo. Segundo Furlani et al. (2002), uma chuva sobre a lavoura madura reduz o PH, afetando conseqüentemente, a qualidade de grão. Neste ensaio ocorreu um excesso de chuva no período de colheita, o que pode ter interferido nos baixos valores obtidos do PH.

Meneghin (2006) observou que o tratamento que não recebeu N no plantio, apresentou um PH superior em relação aos tratamentos que receberam N.

Trindade et al. (2006), testando doses de uréia, encontraram valores de massa hectolétrica decrescentes, conforme se aumentava a dose de N de maneira excessiva, de 0 a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Também Frizzone et al. (1996) observaram redução na massa hectolétrica com o aumento da adubação nitrogenada.

## **6.6 Parâmetros químicos de fertilidade do solo**

### **6.6.1 Parâmetros químicos de fertilidade do solo após o ensaio da aveia**

#### **6.6.1.1 Parâmetros químicos de 0 a 20 cm de profundidade**

Observa-se na Tabela 55 que os valores de pH não ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos (T0, T1, T2 e T3). Na figura 49 pode ser verificado que com o aumento da dose de lodo ocorreu uma acidificação no solo decorrente a mineralização da matéria orgânica e posterior nitrificação liberando desta forma H para a solução do solo. Nascimento et al., (2004), observaram que com o aumento de doses de lodo de esgoto

promoveram uma diminuição do pH do solo, acredita-se que esta diminuição foi decorrente a nitrificação do N mineralizado do lodo.

Os teores de matéria orgânica não variaram estatisticamente entre os tratamentos apresentados na Tabela 55. Observa-se na Figura 49 que a partir da dose do tratamento T3 ocorreu um acréscimo no teor de Matéria orgânica no solo. Teixeira et al., (2006) constataram em um ensaio com feijão caupi com aplicações de lodo de esgoto, que na dosagem de 23.250 kg ha<sup>-1</sup>, já houve uma diferença no teor de matéria orgânica em relação à testemunha, que apresentou 8,0 g kg<sup>-1</sup> de MO e o tratamento com lodo apresentou 37,4 g kg<sup>-1</sup>.

Simonete, (2001), avaliando os efeitos da aplicação de doses de lodo de esgoto sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo, em casa de vegetação, tratado com 0; 10; 20; 30; 40 e 50 Mg ha<sup>-1</sup> base seca, verificou incrementos significativos nos teores de matéria orgânica de 6% para cada dose aplicada.

Quanto aos teores de P verifica-se que com o aumento dos níveis de lodo de esgoto houve um aumento dos teores de P no solo, como mostra a Figura 49. Os tratamentos T0, T1, T2, T3 são considerados como teores baixos de P. Os tratamentos T4 e T5 estão considerados como teores médios de P, segundo Rajj et al.,(2001). Entre os tratamentos apresentados na Tabela 55 observa-se que o T3 foi superior ao T1. Segundo Bovi et al., (2007) os teores de P no solo, aumentaram de 9 para 300 mg dm<sup>-3</sup> quando foi usado 2 vezes a dose de N para a cultura de palmito utilizando-se lodo de esgoto.

Para o parâmetro de H+Al, pode-se verificar que não ocorreu variação entre os tratamentos apresentados na Tabela 55. Verifica-se na Figura 49 que com o aumento da dose de lodo de esgoto ocorreu um incremento linear neste parâmetro, devido ao aumento da CTC fornecida pela matéria orgânica do lodo de esgoto.

Nos teores de K em nenhum dos tratamentos diferiram tendo em vista que os teores de K no lodo de esgoto apresentaram baixos. Com o aumento da dose de lodo verifica-se que ocorreu um decréscimo no solo e posteriormente um acréscimo. Este decréscimo pode ter ocorrido que além do lodo ter um teor baixo deste elemento ele apresenta uma Valência, já o Ca e o Mg que apresenta duas valências e o H por apresentar uma ligação covalente com as cargas do solo, o H, Ca, Mg irão ficar mais fortemente ligado a estes colóides que o K e o K será mais facilmente lixiviado. O acréscimo no teor de K a partir de

certa dose foi devido ao aumento das cargas negativas do lodo com o aumento da dose de lodo.

Verifica-se na Tabela 55 que para o Ca entre os tratamentos (T0, T1, T2 e T3) não houve diferenças estatística. Na figura 49 verifica-se que ocorreu da mesma forma que o K com o aumento da dose de lodo, porem em uma menor dosagem de lodo que ocorreu o aumento da dose de Ca, este fato pode ser explicado que o Ca por apresentar 2 valencias é mais fortemente retido que o K que tem somente uma valencia.

Quanto ao Mg observa-se que não houve variação entre os tratamentos. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um pequeno decréscimo no teor (Figura 49).

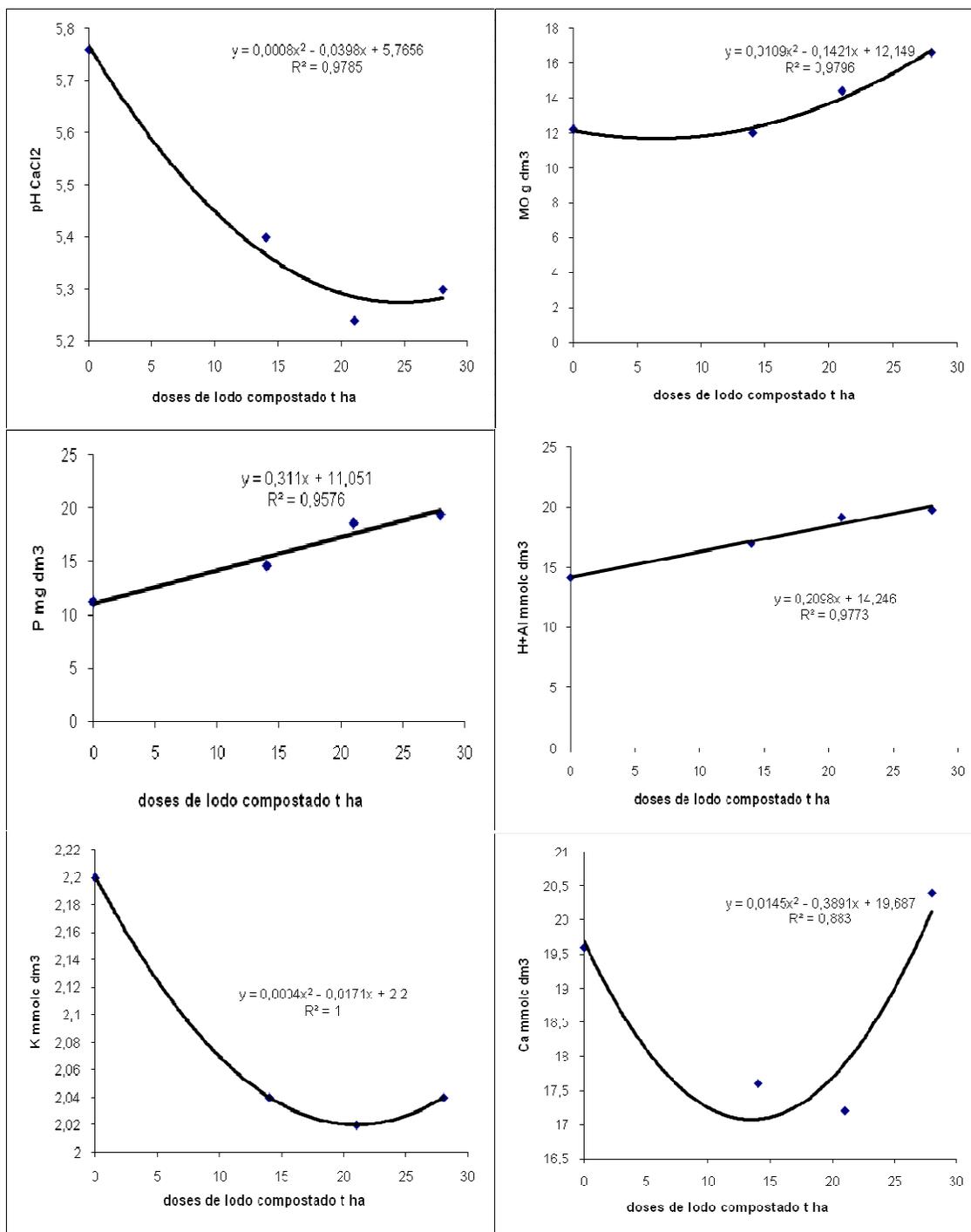
Entre os tratamentos (T0, T1, T2 e T3) não ocorreu diferenças estatísticas para a CTC (Tabela 55). Na Figura 49 observa-se que com o aumento da dose de lodo ocorreu um pequeno decréscimo e um posterior aumento na CTC do solo. Isto pode ser explicado devido ao aumento da M.O. do solo.

Quanto a V% estes resultados foram semelhantes ao do pH uma vez que existe uma interação positiva entre o pH e a V%.

Tabela 55. Análise do solo na profundidade de 0 a 20 cm ao final da cultura da aveia

| Trat | pH                | MO                 | P                   | H+Al  | K    | Ca                                 | Mg   | SB   | CTC  | V    |
|------|-------------------|--------------------|---------------------|-------|------|------------------------------------|------|------|------|------|
|      | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |       |      | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |      |      | %    |
| T0   | 5,8               | 12                 | 11 ab               | 14    | 2,2  | 20                                 | 8    | 29   | 44   | 67   |
| T1   | 5,3               | 11                 | 7 b                 | 17    | 1,9  | 17                                 | 7    | 25   | 43   | 60   |
| T2   | 5,6               | 13                 | 11 ab               | 16    | 2,1  | 20                                 | 8    | 29   | 45   | 65   |
| T3   | 5,4               | 12                 | 15 a                | 17    | 2,0  | 18                                 | 7    | 27   | 44   | 61   |
| F    | 2,07              | 1,47               | 4,73                | 2,00  | 0,59 | 0,79                               | 1,56 | 0,98 | 0,24 | 1,81 |
| M    | 5,5               | 12                 | 10,9                | 16    | 2,1  | 18                                 | 7    | 28   | 44   | 63   |
| CV   | 6,03              | 18,22              | 29,90               | 13,19 | 16,7 | 18,8                               | 12,2 | 15,8 | 8,98 | 8,78 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



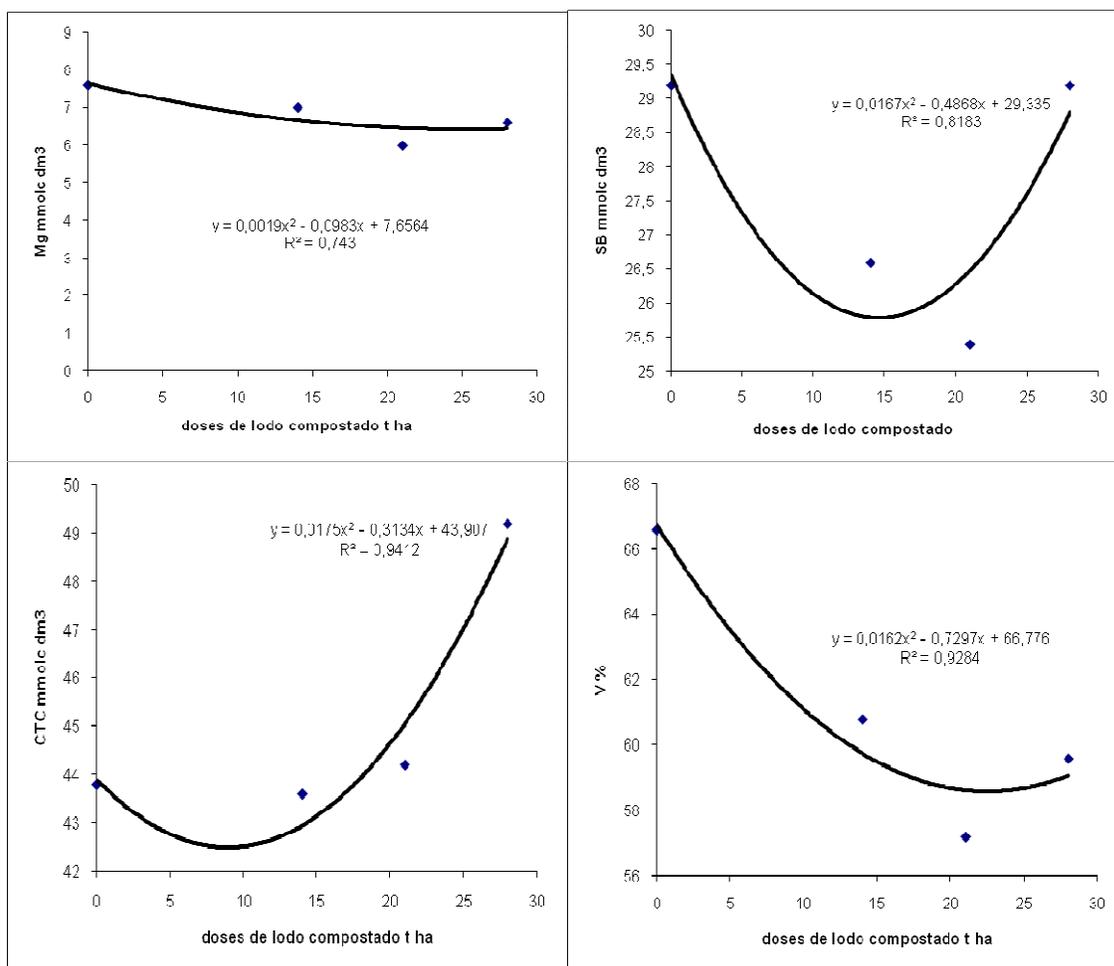


Figura 49 Análise básica do solo de 0 a 20 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo

Para os teores de B no solo todos os tratamentos apresentam teores médios de B que vai de 0,21 a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> (Raj et al., 1997). Não ocorreu variação de B entre os tratamentos apresentados na Tabela 56. Observa-se na Figura 50 que a partir da dose do T3 houve um incremento no teor de B no solo. Estes teores médios também podem ser explicados que nesta área foi implantado dois anos seguidos de girassol que é uma planta que exigente em B, com isso foi feito nesta cultura uma boa aplicação de B no solo. Inicialmente no solo o teor de B estava em 0,11 mg dm<sup>-3</sup>, bem inferior do que os resultados destes tratamentos.

Para o Cu observa-se na Tabela 56 e Figura 50 que todos os tratamentos apresentaram níveis altos deste nutriente, desde o início quando foi iniciado os ensaios com lodo de esgoto no solo este já apresentava teores altos. Uma vez que o lodo de esgoto apresenta teores elevados deste elemento com o aumento da dosagem de lodo de esgoto

aumentou os teores de Cu no solo. Observa-se na tabela 56 que o T3 foi superior ao tratamento que não foi aplicado lodo (T0 e T1). À medida que foi aumentando a dose de lodo foi aumentado de uma forma quadrática o Cu no solo como se observa na Figura 50.

Analisando os teores de Fe no solo, pode-se observar que somente o T0 que apresentou o teor médio deste nutriente, todos os outros tratamentos apresentaram teores altos (RAIJ et al., 2001). Observa-se na Tabela 56 que os tratamentos T1 e T3 foram superiores ao T0. Verifica-se na Figura 50 que com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento do Fe no solo linearmente. Os teores de Fe inicialmente neste solo estavam alto acima de  $11 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Observando os teores de Mn no solo todos os tratamentos apresentaram teores altos acima de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  (RAIJ et al., 2001), uma vez que o solo já apresentava teores altos deste elemento inicialmente, porém com o aumento das doses de lodo de esgoto este aumento no solo foi de uma forma linear (Figura 50).

Quanto ao Zn este inicialmente já apresentavam teores elevados no solo (RAIJ et al., 2001) com o aumento das doses de lodo este elemento também aumentou uma vez que apresenta uma grande quantidade deste elemento no lodo (Figura 50). O T3 foi superior ao T1 e T0 (Tabela 56). Rangel (2003) constatou que a aplicação de lodo de esgoto aumentou os teores totais de Cu e Zn no solo.

Tabela 56 Análise química de micronutrientes na profundidade de 0 a 20 cm.

| tratamentos | B     | Cu      | Fe                  |  | Mn    | Zn      |
|-------------|-------|---------|---------------------|--|-------|---------|
|             |       |         | mg dm <sup>-3</sup> |  |       |         |
| T0          | 0,29  | 1,17 c  | 11,2 b              |  | 8,64  | 1,49 bc |
| T1          | 0,34  | 1,19 bc | 19,7 a              |  | 8,40  | 1,06 c  |
| T2          | 0,32  | 1,40 ab | 15,5 ab             |  | 10,12 | 2,6 ab  |
| T3          | 0,31  | 1,59 a  | 20,3 a              |  | 9,94  | 3,29 a  |
| F           | 0,74  | 7,81    | 2,87                |  | 1,67  | 7,73    |
| Média       | 0,31  | 1,33    | 16,68               |  | 9,28  | 2,11    |
| CV          | 17,82 | 11,79   | 33,64               |  | 16,39 | 38,78   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

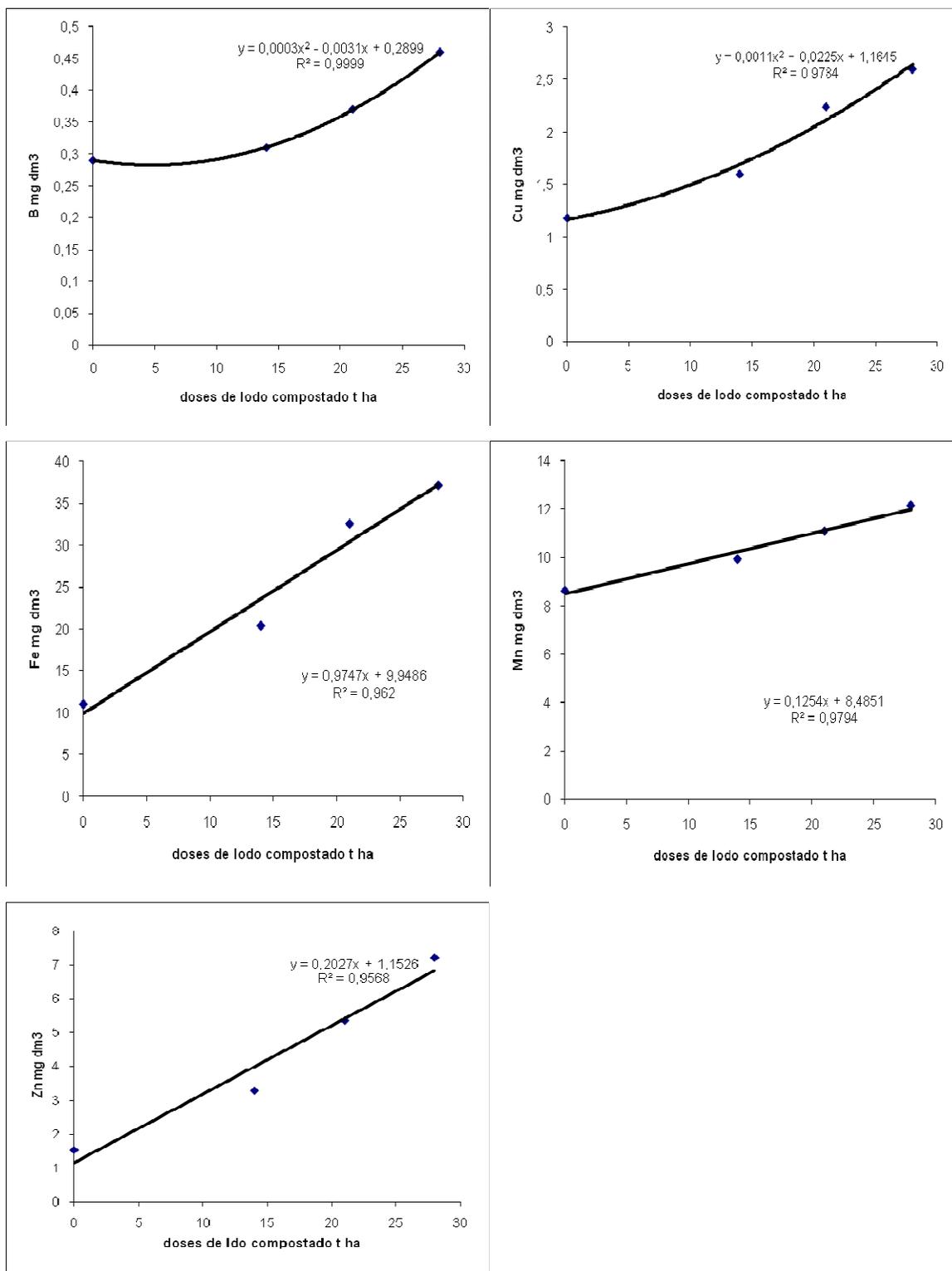


Figura 50 Análise de micronutrientes do solo de 0 a 20 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo

### 6.6.1.2 Parâmetros químicos de 20 a 40 cm de profundidade

Observa-se na Tabela 57 que o pH na profundidade de 20 a 40 cm, apresentaram estatisticamente iguais entre os tratamentos. Na Figura 54 ocorreu um decréscimo e um posterior aumento.

O tratamento T2 apresentou um teor de matéria orgânica superior estatisticamente que o T0. Ocorreu um incremento linear no teor de matéria orgânica com o aumento da dose de lodo (Figura 51). O T5 apresentou um teor de matéria orgânica maior nesta profundidade de 20 a 40 cm. Este fato pode ter ocorrido também pelo maior desenvolvimento do sistema radicular das culturas anteriores implantadas neste ensaio e/ou pode ter ocorrido um caminhamento em profundidade da matéria orgânica por ser um solo arenoso.

Observa-se na Tabela 57 que o T3 apresentou um teor de P superior estatisticamente que o T1. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear de P (Figura 51). Em um solo arenoso que não houve fixação expressiva deste elemento aos 20 cm de profundidade, então houve um caminhamento as camadas mais profundas, uma vez que este resíduo apresenta uma boa quantidade deste elemento e como já havia efetuado três aplicações de lodo de esgoto, houve um incremento significativo deste elemento em função das doses no solo, embora em subsuperfície ainda apresente teores baixos.

Os dados de H+Al em subsuperfície não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 57). Na Figura 51 verifica-se que ocorreu um aumento no teor em função do aumento da dose de lodo e posteriormente um decréscimo, este decréscimo pode ser explicado pelo aumento das cargas negativa na superfície então grande parte deste H e Al pode ter ficado retido na superfície.

Os teores de K não foram alterados em nenhum dos tratamentos apresentados na Tabela 57 na profundidade de 20 a 40 cm. Com o aumento da dose de lodo houve um decréscimo de K e um posterior aumento, da mesma forma explicado na profundidade de 0 a 20 cm acredita-se que o K foi lixiviado a uma profundidade superior de 40 cm principalmente no tratamento T3 que ainda não tinha cargas suficientes para reter o K.

Observa-se na Tabela 57 que não ocorreu variação nos teores de Ca e Mg. Ao aumentar a dose de lodo pode ser verificados que ocorreu um pequeno decréscimo e

em seguida um acréscimo no teor de Ca e Mg (Figura 51). Gomes et al., (2005) observaram também em um dos seus trabalhos que o Mg lixiviou com a aplicação de lodo de esgoto.

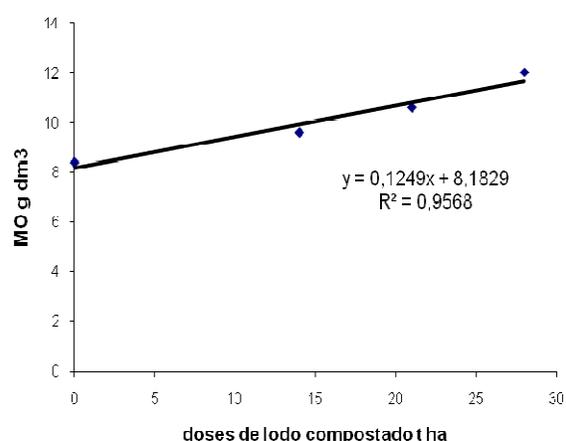
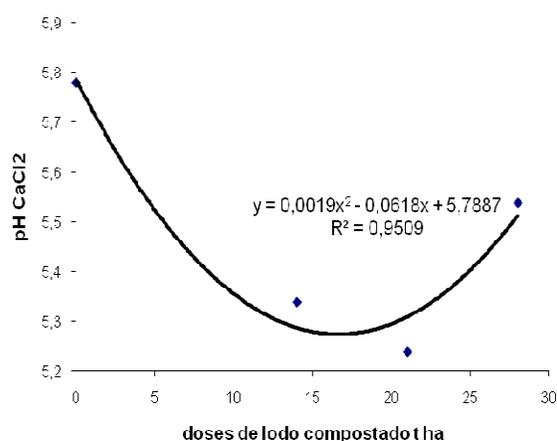
A CTC entre os tratamentos apresentados na tabela 57 não diferiram estatisticamente. Na Figura 51 observa-se que a partir da dosagem do T3 ocorreu um incremento na CTC do solo.

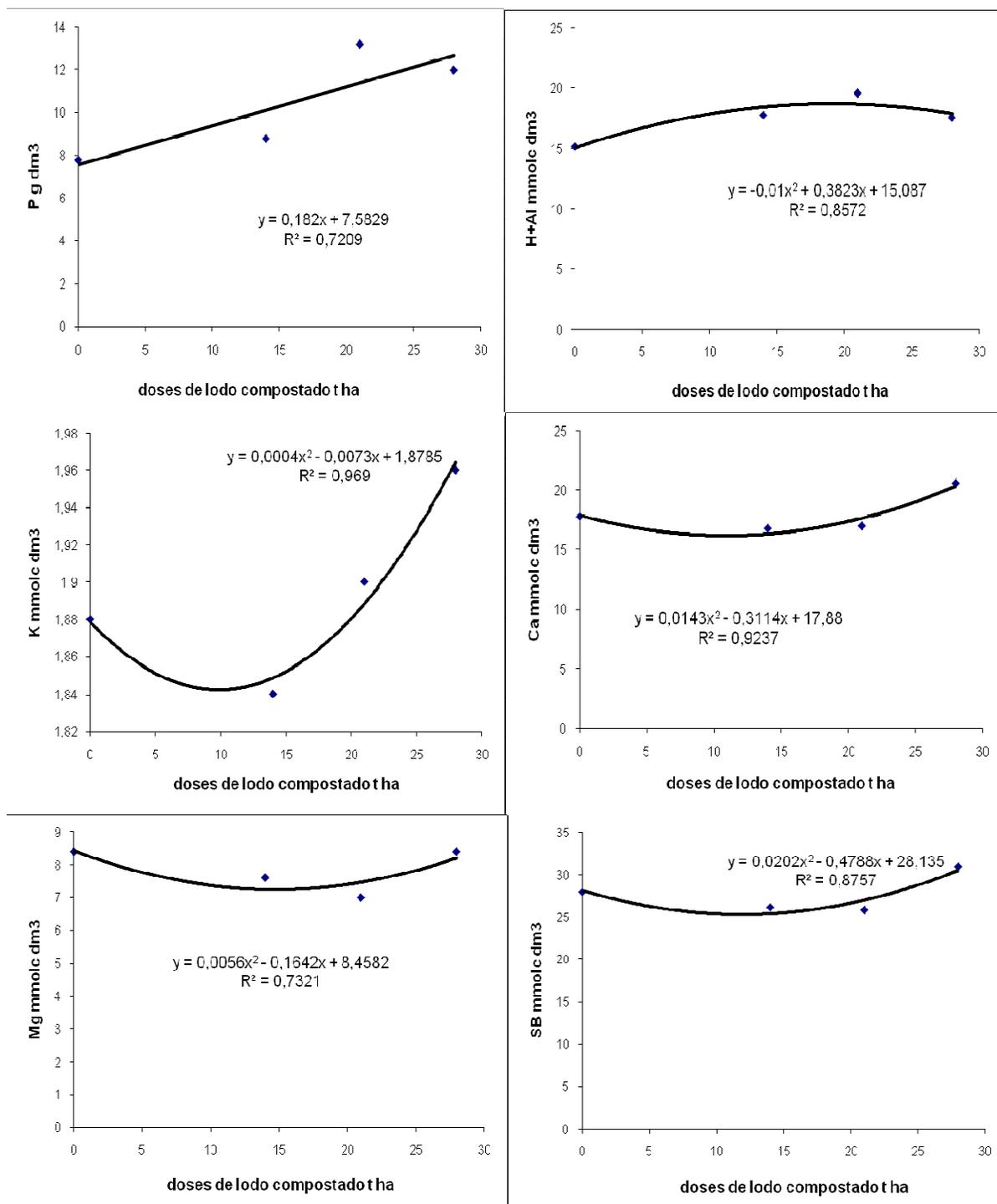
A V% como existe uma correlação positiva com o pH o comportamento destes dois parâmetros se apresentam bem semelhantes.

Tabela 57. Análise do solo na profundidade de 20 a 40 cm ao final da cultura da aveia

| trat | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | MO<br>g dm <sup>-3</sup> | P<br>mg dm <sup>-3</sup> | H+Al  | K    | Ca<br>mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Mg<br>mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | SB   | CTC  | V<br>% |
|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|------|--|--|------|------|--------|
| T0   | 5,8                     | 8 b                      | 8 ab                     | 15    | 1,9  | 18                                       | 8  | 28   | 43   | 64     |
| T1   | 5,3                     | 9 ab                     | 5 b                      | 17    | 1,8  | 15                                       | 8  | 25   | 42   | 59     |
| T2   | 5,7                     | 11 a                     | 8 ab                     | 16    | 1,9  | 19                                       | 8  | 29   | 44   | 65     |
| T3   | 5,3                     | 10 ab                    | 9 a                      | 18    | 1,8  | 17                                       | 8  | 26   | 44   | 60     |
| F    | 2,65                    | 2,26                     | 2,68                     | 1,75  | 0,35 | 1,15                                     | 1,65                                     | 1,18 | 0,80 | 1,55   |
| M    | 5,5                     | 10                       | 7                        | 16    | 1,8  | 17                                       | 8  | 27   | 43   | 62     |
| CV   | 5,92                    | 17,65                    | 30,31                    | 13,00 | 13,5 | 17,8                                     | 10,7                                     | 14,5 | 6,77 | 9,21   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto





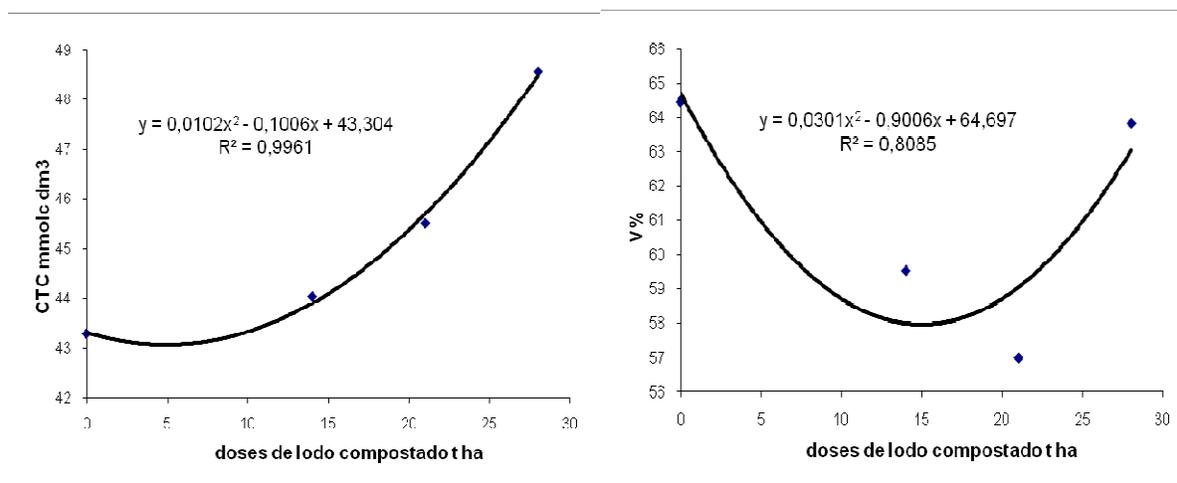


Figura 51 Análise básica do solo de 20 a 40 cm após o cultivo da aveia em função da dose de lodo

## 6.6.2 Parâmetros químicos de fertilidade do solo após a colheita do trigo

### 6.6.2.1 Parâmetros químicos de 0 a 20 cm de profundidade após a colheita do trigo

No pH do solo observa-se na Tabela 58 que não ocorreu variação entre os tratamentos analisados. Na Figura 52 observa-se que com o aumento da dose de lodo ocorreu um decréscimo linear no pH do solo, isto pode ser explicado que ocorrendo o processo de nitrificação do N, passando este de  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_2^-$  e posteriormente para  $\text{NO}_3^-$ , através das bactérias nitrossomonas e nitrobacter respectivamente, foi liberado H para a solução do solo, com o aumento da dosagem de lodo que é rico em N ( $\text{NH}_4^+$ ) então foi liberado mais H com o aumento da dose de lodo. A produção de ácidos orgânicos durante o processo de biodegradação da fração orgânica (Camargo et al., 1999) e a nitrificação (Boeira et al., 2002) pode contribuir para a acidificação de solos tratados com lodo de esgoto. Comparando estes dados com a Tabela 55 e a Figura 49 podemos verificar que o pH diminuiu com o tempo de aplicações de lodo. Segundo Raij et al., (2001) a media do T0 é considerado um valor muito alto do pH, o T1, T2 e T3 são considerados valores altos e os tratamentos T4 e T5 apresentaram teores médios.

Observa-se na Figura 52 que com o aumento da dose de lodo de esgoto houve um incremento no teor de matéria orgânica do solo. Observa-se na Tabela 58 que os tratamentos que foram aplicado lodo T2 e T3 apresentaram um teor de matéria orgânica

superior que os tratamentos que não foram aplicado lodo (T0 e T1) e o tratamento que foi aplicado somente N mineral (T1) apresentou um teor de materia organica maior do que o tratamento que não foi aplicado N (T0) este fato pode ser explicado que o tratamento que aplicou N mineral produziu uma maior quantidade de matéria seca no solo ao longo do tempo. Hortenstine & Rothwell (1972) verificaram aumentos de 41 e 169% nos teores de C orgânicos de um solo degradado por mineração, 24 meses após a aplicação de 35 e 70 Mg ha<sup>-1</sup> de composto de lixo, respectivamente. Oliveira et al., (2002) concluíram que com aplicações anuais e sucessivas de composto de lixo, em doses superiores a 20 Mg ha<sup>-1</sup>, aumentaram os teores de C orgânico. A adição de lodo em doses de 50 Mg ha<sup>-1</sup> aumentou o teor de C orgânico, como observado por Melo et al., (1994), que, ao avaliarem as frações da matéria orgânica do solo de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar, com adição de 4, 16, 32 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, verificaram que apenas a maior dose promoveu aumento significativo no C do solo. Soares (2005) trabalhando com lodo de esgoto em seis aplicações para a cultura do milho em dosagens acumulativas de 0, 30, 60, 120 e 240 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto observou um aumento linear dos teores de C orgânico.

Para o P observa-se na Figura 52 que com o aumento das doses de lodo de esgoto foi aumentando significativamente os teores de P no solo. Observa-se na Tabela 58 que o tratamento T3 apresentou um teor de P superior aos demais. E o tratamento que não foi aplicado lodo apresentou um teor de P inferior aos tratamentos que aplicaram lodo. Marques (1997) observou que o teor de P-resina aumentou linearmente com a dose de lodo de esgoto da ETE de Barueri (SP) aplicada a um Latossolo Vermelho Distrofíco textura média, o que também foi verificado por Silva et al., (1998) em Nitossolo, ambos cultivados com cana de açúcar em condições de campo. Comparando estes dados de P com os dados da Tabela 55 e Figura 52 verificamos que ocorreu um incremento no teor de P para todos os tratamentos. Segundo Raij et al., (2001) os tratamentos que não foram aplicados lodo de esgoto apresentaram teores baixo de P e os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram um teor de P médio e o T5 já apresentou um teor alto de P no solo. Barbosa et al., (2002) verificaram aumento nos teores de P à medida que aumentaram as doses de lodo de esgoto, acima de 24 t ha<sup>-1</sup> em relação à análise inicial do solo. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Silva et al. (1998) e Andreoli (1999).

Para os teores de H+Al pode observar na Tabela 58 que o T0 apresentou-se inferior a todos os tratamentos. Observa-se na Figura 52 que com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear do H+Al. Trannin (2004) observou aumento do H+Al com aumento da dose de lodo de esgoto. Os dois tratamentos que receberam uma dosagem maior de lodo (T4 e T5) aumentaram comparando com os teores após a retirada da cultura da aveia, já os outros tratamentos diminuíram os valores de H+Al.

O K não ocorreu variação entre os tratamentos, tendo em vista que o lodo de esgoto apresenta teor muito baixo deste elemento. Comparando com a análise de solo anterior podemos verificar que o K até aumentou, mas isto foi decorrente das quantidades altas colocadas de cloreto de potássio no plantio das culturas e este elemento foi muito pouco exportado em relação à quantidade que foi colocado, ou seja, apresentou um balanço final positivo entre todos os tratamentos como pode ser verificado no balanço final de nutrientes no solo. Na Figura 49 observa-se que ocorreu um decréscimo no K com o aumento da dose de lodo e em seguida um aumento.

Verifica-se que para os teores de Ca na Tabela 58 que o T3 foi superior estatisticamente que os tratamentos que não foram aplicados lodo (T0 e o T1) e em relação ao aumento da dose de lodo houve um incremento linear para o Ca na profundidade de 0 a 20 cm como mostra a Figura 52, porém o fator que contribuiu para este aumento foi a calagem que foi feito depois do cultivo da aveia e não foi feito em todas as parcelas somente onde houve uma necessidade. Comparando com a análise de solo após a retirada da cultura da aveia pode-se reparar que os teores de Ca aumentou para todos os tratamentos, isto é decorrente a aplicação de calcário e as adubações com superfosfato simples que contem Ca. Segundo Raij et al., (2001) todos os valores de Ca apresentam altos.

Quanto ao Mg observa-se na Tabela 58 que o T1 foi estatisticamente superior ao T0 e ao T3. Comparando estes resultados com os da Tabela 52 e Figura 49 verifica-se que os tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) foram superiores aos mesmos tratamentos da Tabela 58 e Figura 52, já o T0 apresentou-se igual, este fato é decorrente que os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram os que necessitaram de ser efetuado a calagem e como no calcário apresenta Mg aumentaram os seus valores no solo após o cultivo da aveia. Os valores encontrados nos tratamentos são classificados segundo Raij et al., (2001) com os tratamentos (T0, T2, T3 e T4) apresentam teores médio de Mg e os tratamentos (T1 e T5)

apresentaram teores altos. Os tratamentos que não receberam lodo a % na CTC de Mg apresentou-se superior onde foi lodo, isto é decorrente ao aumento do teor de matéria orgânica do lodo que também houve um aumento da CTC do solo.

Para a SB o tratamento T3 apresentou-se estatisticamente superior ao tratamento T0. Verifica-se na Figura 52 que com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear na SB, o Ca e o Mg foram os responsáveis para este incremento da SB. Comparando os resultados da Tabela 55 e Figura 49 observa-se que a SB aumentou para todos os tratamentos.

A CTC do solo foi aumentada decorrente do aumento da dose de lodo de esgoto acompanhando o aumento da matéria orgânica do solo (Figura 52). Na Tabela 58 observa-se que o T3 foi superior aos tratamentos que não receberam lodo (T0 e T1) e o tratamento que vem recebendo N mineral sem aplicações de lodo (T1) apresentou uma maior CTC em relação ao T0 que não aplicado N este fato pode ser explicado pelo aumento da matéria orgânica já discutido. Observa-se que houve um aumento da CTC do solo em relação a apresentada na Tabela 55 e Figura 49. Silva et al., (2001) observaram que com o aumento da dose de lodo de esgoto foi aumentado a CTC do solo em uma reta linear. Trannin (2004) observou que com aumento da dose de lodo de esgoto houve um incremento da CTC do solo.

A V% do solo não apresentou variação em nenhum dos tratamentos e com o aumento da dose de lodo houve um decréscimo da V%. Trannin (2004) não obteve diferenças significativas com o aumento de dose de lodo de esgoto na V% do solo.

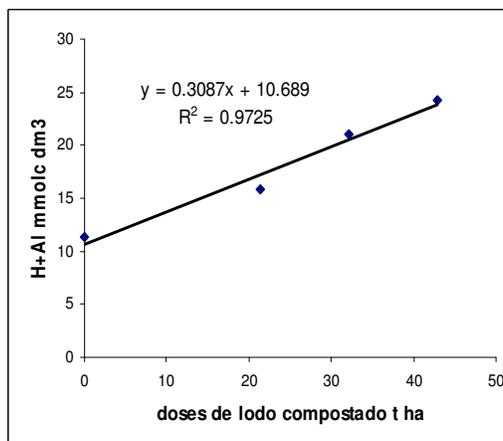
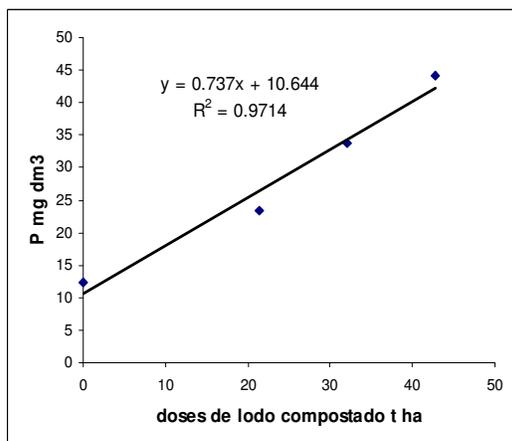
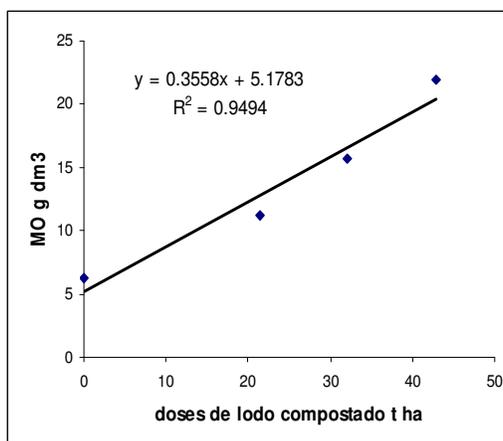
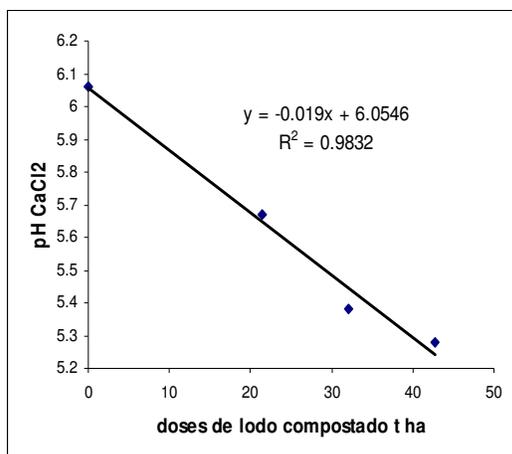
Quanto ao S podemos observar na Tabela 58 que o T3 foi superior a todos os outros tratamentos. A medida que foi aumentando a dose de lodo foi aumentando linearmente o teor de S no solo. Os valores encontrados, para S em T0, T1 e T2 são classificados segundo Rajj et al., (2001) como teores baixos e os tratamentos T3, T4 e T5 apresentam teores médios de S.

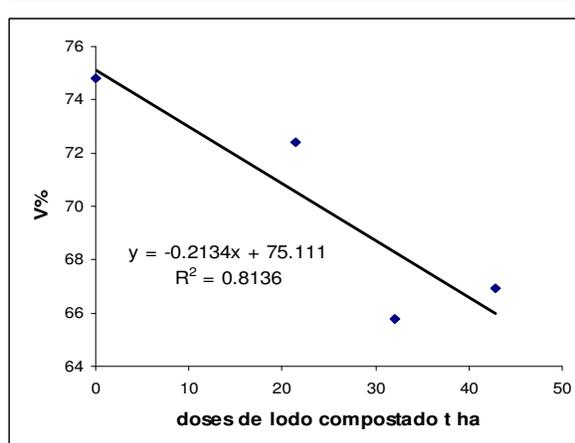
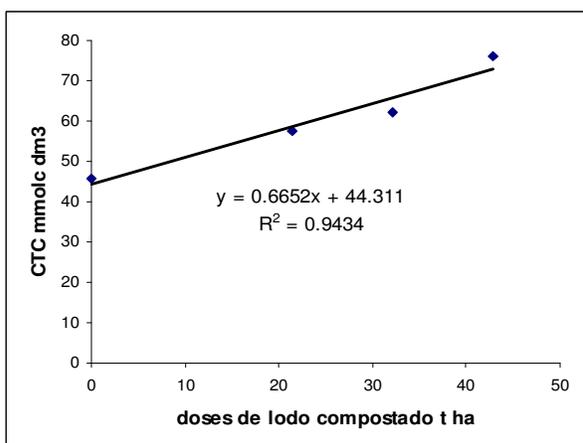
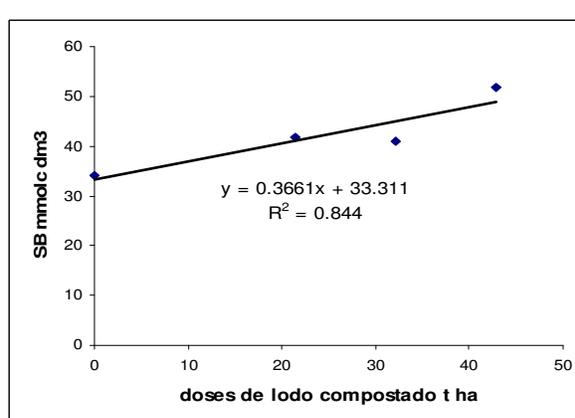
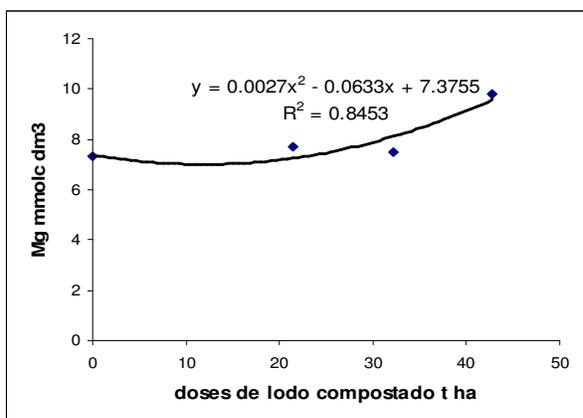
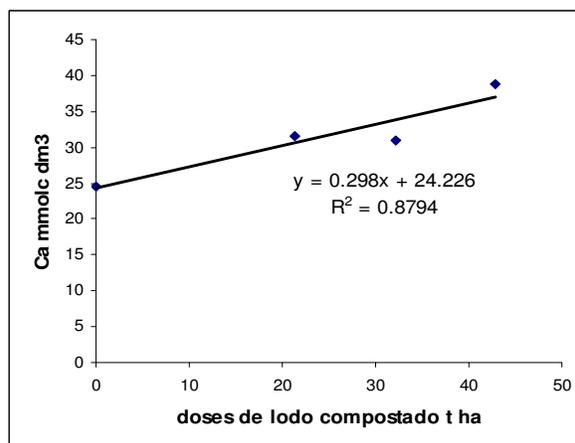
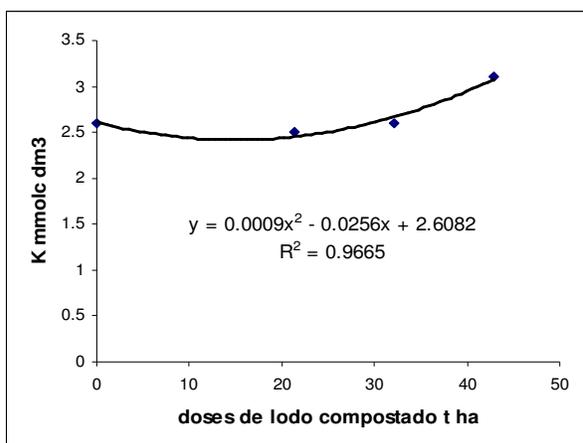
Silva et al.,(1995) verificaram que o aumento dos teores de matéria orgânica do solo contribui para o aumento da CTC, mediante a geração de cargas negativas devido a alta concentração de matéria orgânica que o lodo possui.

Tabela 58. Análise do solo 0 a 20 cm após o trigo

| Tra | pH                | MO                 | P                   | H+Al  | K   | Ca                                 | Mg   | SB    | CTC   | V                   | S    |
|-----|-------------------|--------------------|---------------------|-------|-----|------------------------------------|------|-------|-------|---------------------|------|
|     | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |       |     | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |       | %     | mg dm <sup>-3</sup> |      |
| T0  | 6,1               | 6 c                | 12 c                | 11 b  | 2,6 | 24 b                               | 7 b  | 34 b  | 46 c  | 75                  | 3 b  |
| T1  | 5,7               | 8 b                | 9 c                 | 14 a  | 2,7 | 26 b                               | 9 a  | 37ab  | 52 b  | 72                  | 3 b  |
| T2  | 5,7               | 10 a               | 17 b                | 15 a  | 2,6 | 27 ab                              | 8 ab | 38 ab | 53 ab | 71                  | 3 b  |
| T3  | 5,7               | 11 a               | 23 a                | 16 a  | 2,5 | 31 a                               | 8 b  | 42 a  | 58 a  | 72                  | 4 a  |
| F   | 2,1               | 15,98              | 24,31               | 6,82  | 0,1 | 3,08                               | 3,37 | 2,2   | 7,7   | 0,5                 | 7,55 |
| M   | 5,8               | 9                  | 15                  | 14    | 2,6 | 27                                 | 8    | 38    | 52,1  | 73                  | 3    |
| CV  | 5,2               | 13,80              | 18,40               | 12,18 | 20  | 14,3                               | 10,4 | 12    | 7,64  | 6,2                 | 16,0 |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto





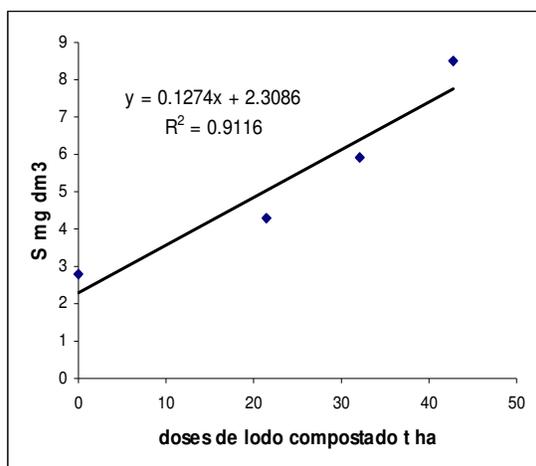


Figura 52 Análise básica do solo de 0 a 20 cm após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado

Na Tabela 59 observa-se que para o teor de B os tratamentos T2 e T3 apresentaram iguais estatisticamente e superiores aos tratamentos T0 e T1. Os tratamentos T0 e T1 não apresentaram diferenças significativas. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento no teor de B no solo linearmente como mostra a Figura 53. Segundo Raij et al., (2001) os tratamentos T0, T1 e T2 apresentam teores baixos de B e os tratamentos T3, T4 e T5 apresentam teores médios de B. Ao verificar-se a Tabela 56 e Figura 50 os teores de B pode observar que estes apresentaram bem mais elevados do que estão agora, este fato pode ser explicado que anteriormente da cultura da aveia foi feita uma boa adubação com ácido bórico nos dois anos da cultura de girassol por ser uma cultura que necessita de boa quantidade de B, então como não foi exportado pelo grão do girassol o B permaneceu no solo e com o decorrer do tempo foi lixiviado.

Observa-se na Tabela 59 que para o Cu o T3 foi superior aos outros tratamentos e os tratamentos T0 e T1 que não foram aplicados lodo foram inferiores aos tratamentos que aplicaram lodo. A medida que foi aumentando a dose de lodo ocorreu um incremento no teor de Cu linearmente como mostra a Figura 53. Segundo Raij et al., (2001) todos os valores apresentaram altos teores de Cu, porém segundo a USEPA (1996) todos os valores estão abaixo dos considerados tóxicos de Cu no solo. Comparando os teores anteriores de Cu no solo observa-se que para todos os tratamentos aumentaram os teores até mesmo onde

não foi aplicado lodo de esgoto, isto pode ser explicado que foi aplicado no feijão e no trigo fungicidas que continham Cu e o lodo de esgoto apresenta um teor elevado de Cu.

Observa-se na Tabela 59 e Figura 53 que o Fe se comportou da mesma forma que o Cu entre os tratamentos e em função do aumento da dose de lodo. Trannin (2004) obteve aumento do teor de Fe no solo em função da dose de lodo de esgoto aplicado. Segundo Raij et al., (2001) todos os tratamentos apresentaram teores altos de Fe. Podemos observar que os teores de Fe foram aumentados para todos os tratamentos comparando com os resultados obtidos na Tabela 56 e Figura 50.

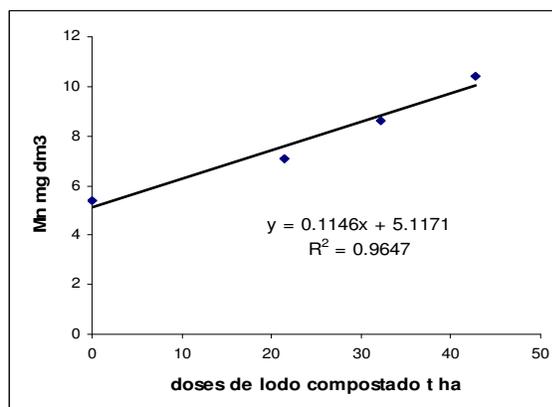
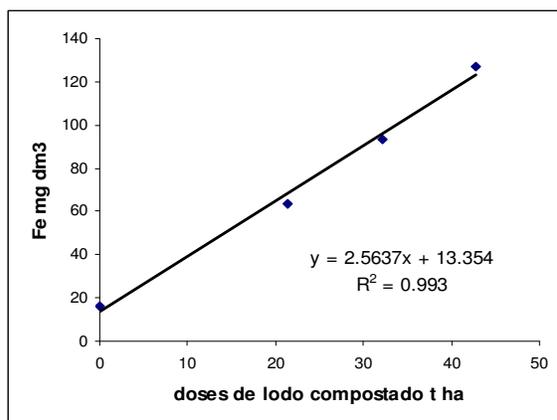
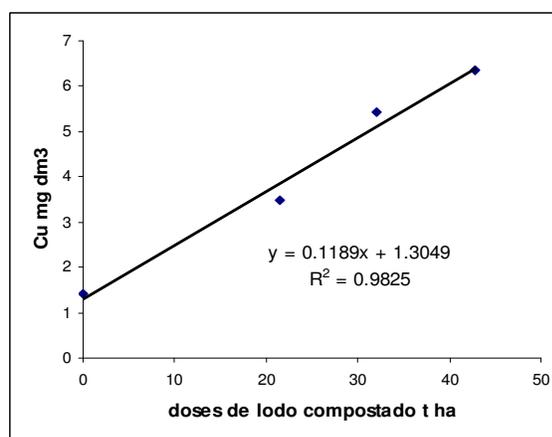
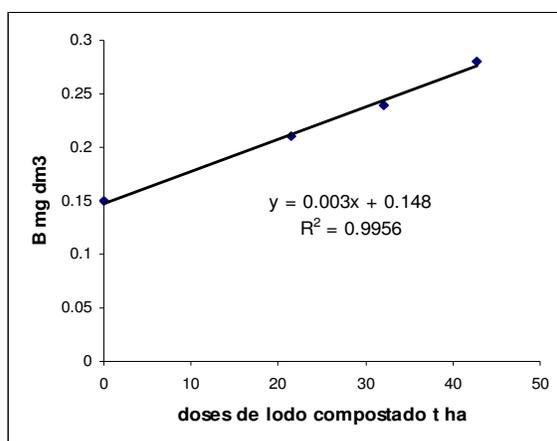
Para os teores de Mn verifica-se na Tabela 59 que os tratamentos que receberam lodo (T2 e T3) foram superiores aos que não receberam lodo (T0 e T1). Na Figura 53 observa-se que houve uma aumento linear de Mn em função do aumento da dose de lodo. Comparando com os dados anteriores da Tabela 56 e Figura 50 observa-se que os teores de Mn no solo diminuíram. Segundo Raij et al., (2001) os teores de Mn apresentaram teores elevados em todos os tratamentos.

Para o Zn verifica-se na Tabela 59 que o T3 foi superior ao T0, T1 e T2. O T2 foi superior ao T0 e ao T1 que foram os tratamentos que não foram aplicados lodo. Os tratamentos T0 e T1 não diferiram. A medida que foi aumentando a dose de lodo de esgoto aumentou os teores de Zn no solo em uma forma quadrática como apresenta a Figura 56. Todos os tratamentos apresentaram teores altos de Zn, segundo Raij et al., (2001), segundo USEPA (1996) nenhum tratamento apresentou teor tóxico. Comparando os dados com os da Tabela 56 e Figura 53 verifica-se que os teores de Zn aumentaram no decorrer do tempo. Chiba et al., (2008) observaram que com o manejo de aplicações sucessivas de lodo de esgoto na cultura da cana resultou em aumento nos teores de Zn e Cu disponíveis no solo, porém em níveis abaixo dos valores de referências encontrados na legislação ambiental.

Tabela 59 Análise química de micronutrientes do solo 0 a 20 cm após o cultivo do trigo

| tratamentos | B      | Cu     | Fe                  | Mn    | Zn      |
|-------------|--------|--------|---------------------|-------|---------|
|             |        |        | mg dm <sup>-3</sup> |       |         |
| T0          | 0,15 b | 1,41 c | 16,1 c              | 5,4 b | 1,68 c  |
| T1          | 0,17 b | 1,43 c | 20,4 c              | 5,7 b | 1,20 c  |
| T2          | 0,19 a | 2,50 b | 33,9 b              | 7,9 a | 6,88 b  |
| T3          | 0,21 a | 3,48 a | 63,8 a              | 7,1 a | 14,95 a |
| F           | 13,16  | 128,31 | 90,26               | 9,77  | 21,52   |
| Média       | 0,18   | 2,20   | 33,57               | 6,52  | 6,18    |
| CV          | 8,43   | 8,88   | 15,11               | 12,68 | 31,60   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



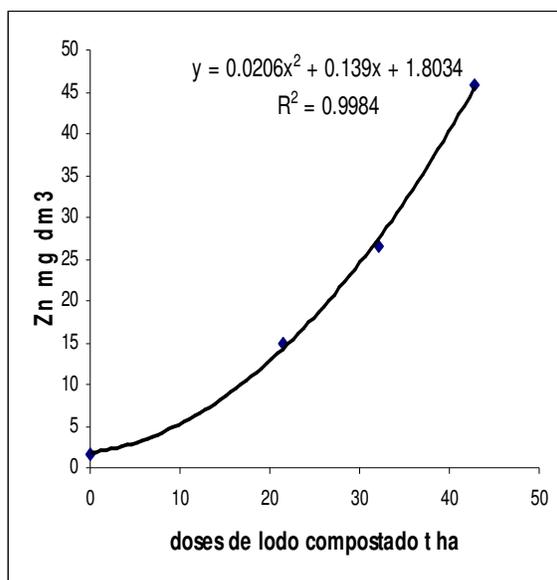


Figura 53 Análise de micronutrientes do solo de 0 a 20 cm de profundidade após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado

#### 6.6.2.2 Parâmetros químicos de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo

Observa-se na Tabela 60 que o pH do solo na profundidade de 20 a 40 cm não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. A medida que aumentou-se a dose de lodo houve um decréscimo quadrático como mostra a Figura 54. Comparando com as análise de 0 a 20 cm observa-se que os tratamentos (T0 e T1) apresentaram valores maiores em 0 a 20 cm e os tratamentos que aplicou lodo de esgoto apresentaram valores maiores em 20 a 40 cm.

Quanto os teores de matéria orgânica nos 20 a 40 cm podem observar que o T3 foi superior ao T0, T1 e T2. O T0 foi inferior ao T1. A matéria orgânica foi aumentando com o aumenta da dose de lodo ate a dosagem do T4 e em seguida ocorreu um decréscimo. Estes valores foram inferiores dos encontrados na profundidade de 0 a 20 cm. Dias (2005) observou que houve uma tendência de aumento do teor de carbono no solo na profundidade de 20 a 40 cm em função da dose de lodo de esgoto após o 6º ano de aplicação.

Para o P observa-se na Tabela 60 que o T3 apresentou-se superior aos tratamentos que não foram aplicados lodo (T0 e T1). Com o aumento da dose de lodo ocorreu um incremento linear de P na profundidade de 20 a 40 cm como mostra a Figura 54. Segundo Rajj et al., (2001) o T0, T1 e T2 apresentam valores baixos e o T3, T4 e T5 apresentam valores

médios. Estes valores para todos os tratamentos são inferiores aos mesmos tratamentos de 0 a 20 cm.

Verifica-se na Tabela 60 que para o H+Al do T1 foi superior ao T0 e T3, com isso verificamos que a adubação nitrogenada mineral apresenta um aumento de H+Al com isso aumentando o Al em subsuperfície poderá ter problemas o sistema radicular das culturas sofrenda assim com falta de água porque a raiz da planta não vai conseguir penetrar em uma maior profundidade. A medida que foi aumentando a dose de lodo aumentou linearmente o H+Al como mostra a Figura 54. Comparando 0 a 20cm com 20 a 40 cm pode-se verificar que o comportamento foi da mesma forma que o pH do solo, ou seja os tratamentos que não foram aplicados o lodo de esgoto apresentaram os teores mais elevados em 20 a 40 cm e onde foi aplicado o lodo apresentaram superiores os tratamentos de 0 a 20 cm, pelo fato que na superfície do solo tem mais influencia da aplicação do lodo.

Para o K não ocorreu variação entre os tratamentos testados na Tabela 60. Observa-se na Figura 54 que com o aumento da dose de lodo diminuiu o teor de K, devido ao aumento de H e Al e posteriormete ocorreu um aumento no teor de K decorrente do aumento das cargas negativas do solo. Aos 0-20 cm apresentaram-se valores superiores de K em relação a 20 a 40 cm para todos os tratamentos. Segundo Raij et al. (2001) todos os tratamentos apresentam teores médios.

Para o Ca observa-se na Tabela 60 que o T3 foi superior ao T0 e T1. Houve um incremento no teor de Ca no solo na profundidade de 20 a 40 cm em função do aumento da dose de lodo. Para todos os tratamentos 20 a 40 cm apresentou-se inferior em relação a 0 a 20 cm. Segundo Raij et al., (2001) todos os tratamentos apresentaram teores altos.

Quanto ao Mg não ocorreu variação entre os tratamentos. As médias de todos os tratamentos apresentaram teores médios de Mg, segundo Raij et al., (2001).

Quanto a SB não ocorreu diferenças significativas em relação aos tratamentos apresentado na Tabela 60.

Em relação a CTC do solo os tratamentos que receberam lodo ( T2 e T3) foram superiores ao tratamento que não recebeu N (T0). O aumento da dose de lodo proporcionou um incremento na CTC do solo. Na superfície podemos observar que a CTC para todos os tratamentos apresentaram superiores em relação a 20 a 40cm.

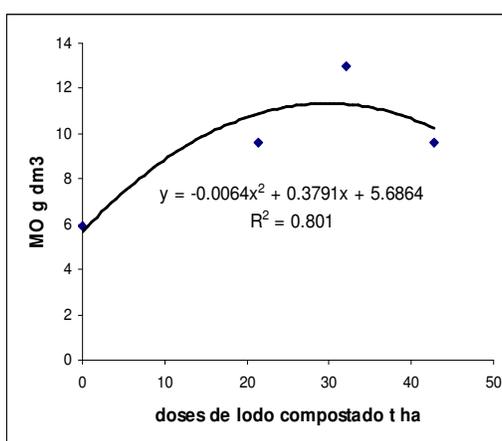
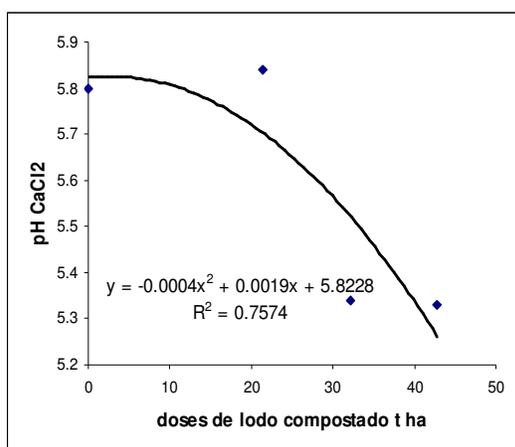
Quanto a V% não houve alteração entre os tratamentos apresentados na Tabela 68 e não houve influencia com o aumento da dose de lodo na profundidade de 20 a 40 cm.

Para o S observa-se que o T1 foi superior ao T0 e T2. A medida que foi aumentando a dose de lodo aumentou o teor de S na profundidade de 20 a 40 cm (Figura 54). Segundo Rajj et al., (2001) somente os T5 apresentou teor alto de S os demais tratamentos apresentaram teores médios. Observa-se que para todos os tratamentos os teores de S foram superiores na profundidade de 20 a 40 cm em relação a 0 a 20 cm.

Tabela 60. Análise química do solo na profundidade de 20 a 40 cm após a sétima aplicação de lodo em sistema de rotação de culturas

| Trat | pH                | MO                 | P                   | H+Al  | K    | Ca                                 | Mg  | SB   | CTC   | V    | S                   |
|------|-------------------|--------------------|---------------------|-------|------|------------------------------------|-----|------|-------|------|---------------------|
|      | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |       |      | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |     |      |       | %    | mg dm <sup>-3</sup> |
| T0   | 5,8               | 5,9 c              | 11 b                | 13 b  | 1,9  | 20 b                               | 8   | 30   | 43 b  | 68   | 4 b                 |
| T1   | 5,5               | 7,7 b              | 8 b                 | 17 a  | 1,7  | 20 b                               | 8   | 30   | 47 ab | 63   | 9 a                 |
| T2   | 5,7               | 7,6 bc             | 12 ab               | 15 ab | 1,8  | 24 ab                              | 8   | 34   | 48 a  | 69   | 4 b                 |
| T3   | 5,8               | 9,6 a              | 17 a                | 14 b  | 1,7  | 26 a                               | 8   | 36   | 50 a  | 72   | 7 ab                |
| F    | 1,21              | 6,79               | 3,52                | 3,19  | 0,42 | 3,54                               | 0,2 | 1,84 | 3,27  | 1,54 | 5,62                |
| M    | 5,71              | 7,73               | 12,2                | 15    | 1,8  | 23                                 | 8   | 32   | 47    | 68   | 6                   |
| CV   | 5,68              | 17,18              | 36,5                | 13,26 | 20,4 | 16,2                               | 14  | 15,2 | 7,83  | 9,37 | 34,4                |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto



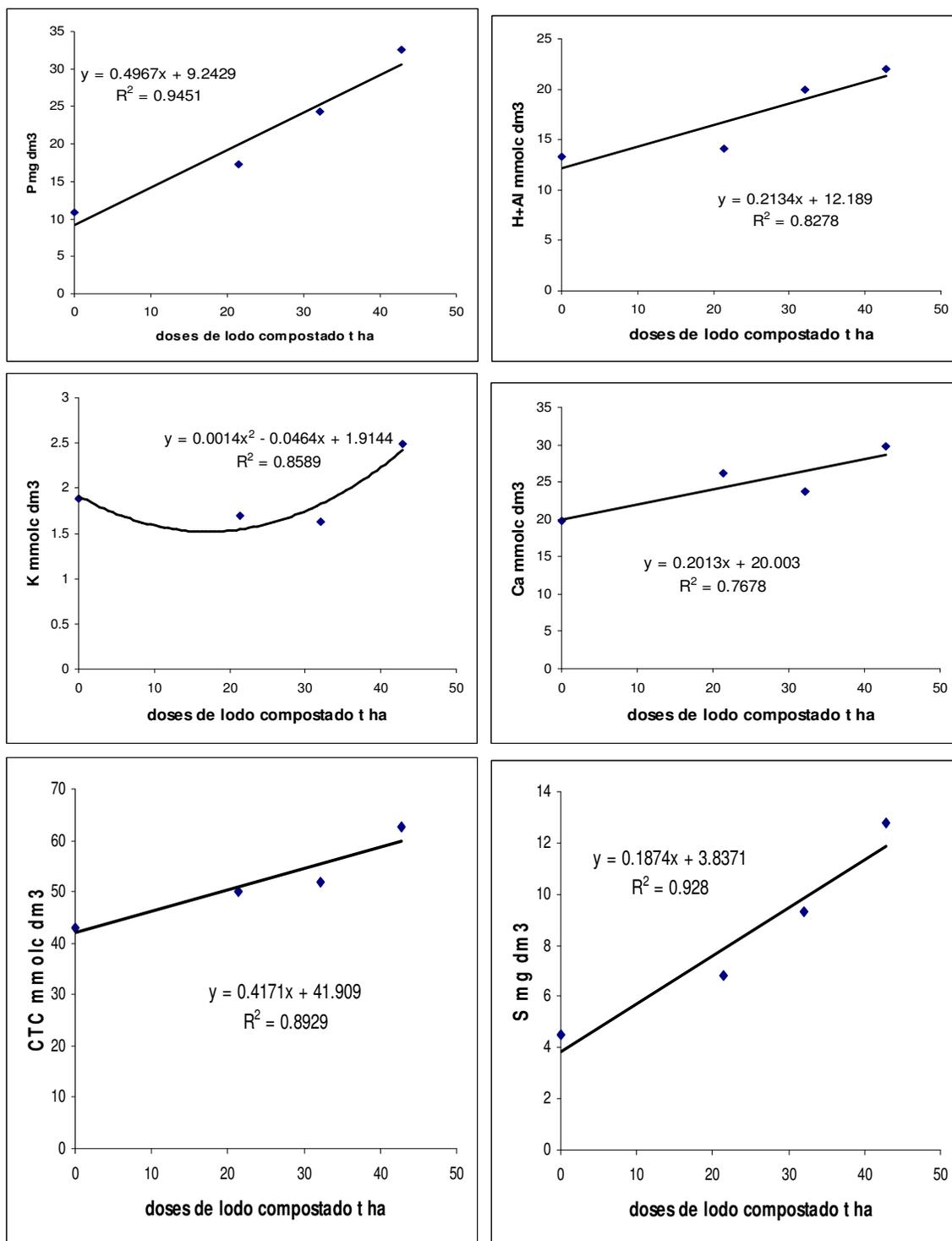


Figura 54 Análises básicas do solo de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo em função da dose de lodo compostado

Na Tabela 61 para o B observa-se que o T3 foi superior ao T0 e T1. Com o aumento da dose de lodo ocorreu um aumento linear no teor de B na profundidade de 20 a 40 cm. Segundo Raij et al., (2001) os tratamentos T4 e T5 apresentam teores médios de B e os demais tratamentos apresentam teores baixos de B. Observa-se que os teores de B na profundidade de 20 a 40 cm esta inferior dos encontrados de 0 a 20cm.

Para o Cu verificam-se na Tabela 61 que os tratamentos T2 e T3 apresentaram teores superiores aos demais tratamentos. Na Figura 55 observa-se que com o aumento da dose de lodo aumentou linearmente o teor de Cu na profundidade de 20 a 40 cm. Segundo Raij et al., (2001) todos os tratamentos apresentaram teores altos. Os tratamentos onde não foram aplicados lodo T0 e T1 apresentaram teores mais elevados na profundidade de 20 a 40 cm em relação a profundidade de 0 a 20 cm. Já os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto (T2, T3, T4, T5) os teores maiores de Cu se encontraram em 0 a 20 cm, tendo em vista que o lodo de esgoto aplicado superficialmente contem Cu e este não foi lixiviado devido as cargas negativas da matéria orgânica proveniente do lodo reteve o Cu na superfície. Oliveira et al., (2001) constataram que após duas aplicações em anos sucessivos de composto de lixo urbano, não há evidencias de movimentação, no perfil do solo de Cu. A imobilidade do Cu também foi observada por Williams et al., (1987), Dowdy et al., (1991), Chino et al., (1992) e Oliveira & Mattiazo (2001) em solos tratados com elevadas doses de lodo de esgoto e monitorados por períodos de respectivamente, 9,14, 12 e 2 anos.

O Fe entre os tratamentos apresentados na Tabela 61 onde foram aplicados lodo (T2 e T3) apresentaram superiores aos tratamentos que não foram aplicados lodo (T0 e T1). A medida que aumentou a dose de lodo aumentou o teor de Fe no solo nesta profundidade como se obsevar na Figura 55. Segundo Raij et al., (2001) para todos os tratamentos os teores de Fe apresentaram altos. Somente o tratamento que não foi N o T0 apresentou um teor de Fe maior na profundidade de 20 a 40 cm em relação à profundidade de 0 a 20 cm, os demais tratamentos apresentaram teores maiores na profundidade de 0 a 20 cm em relação a profundidade de 20 a 40 cm.

O Mn pode se observar na Tabela 61 que o tratamento T2 foi superior ao T0, T1 e T3. O tratamento T3 foi superior ao T1. Com o aumento da dose de lodo aumentou linearmente o Mn na profundidade de 20 a 40 cm como mostra a Figura 55. Segundo Raij et al., (2001) os tratamentos (T2, T3, T4 e T5) que foram aplicados lodo de esgoto apresentaram

teores altos. Para todos os tratamentos na profundidade de 0 a 20 cm apresentaram superiores em relação a 20 a 40 cm.

O Zn apresentou teor superior nos tratamentos que foram aplicados lodo (T2 e T3) em relação ao (T0 e T1). Com o aumento da dose de lodo houve um aumento quadrático de Zn como mostra a Figura 55. Segundo Raij et al., (2001) todos os tratamentos apresentaram níveis altos de Zn. Os tratamentos que não foram aplicados lodo (T0 e T1) apresentaram um teor de Zn maior na profundidade de 20 a 40 cm em relação a 0 a 20 cm. Os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto (T2, T3, T4 e T5), apresentaram maiores valores na profundidade de 0 a 20 cm. Oliveira et al., (2002) constatou que o Zn se apresenta como um elemento móvel no perfil do solo, com grande potencial para atingir as águas subterrâneas por ocasião de aplicações sucessivas de composto de lixo urbano. A movimentação do Zn em profundidade foi observada em solos tratados com lodo de esgoto (Welch & Lund, 1984; Oliveira & Mattiazzo, 2001) e resíduos ácidos de siderurgia (Amaral Sobrinho et al., 1998). Segundo Amaral Sobrinho et al., (1998), a mobilidade do Zn está relacionada a sua presença no solo, predominantemente, em formas trocáveis e, portanto, facilmente solúveis.

Sawheney et al., (1994) concluíram que a lixiviação de metais pesados para águas de subsuperfície, em solos agrícolas tratados com composto de lixo, pode ser considerada desprezível, porque as ínfimas quantidades de metais lixiviadas do composto deverão ter sua mobilidade atenuada pelas camadas de subsolo.

Tabela 61 Análise química de solo 20 a 40 cm de micronutrientes após o trigo

| Tratamentos | B       | Cu     | Fe<br>mg dm <sup>-3</sup> | Mn     | Zn     |
|-------------|---------|--------|---------------------------|--------|--------|
| T0          | 0,15 b  | 1,49 b | 17,2 b                    | 4,4 bc | 1,88 b |
| T1          | 0,16 b  | 1,44 b | 18,3 b                    | 3,9 c  | 1,38 b |
| T2          | 0,17 ab | 2,33 a | 32,9 a                    | 6,4 a  | 6,11 a |
| T3          | 0,19 a  | 2,29 a | 40,3 a                    | 5,2 b  | 7,13 a |
| F           | 3,71    | 23,36  | 19,14                     | 9,94   | 51,75  |
| Média       | 0,17    | 1,89   | 27,20                     | 4,98   | 4,13   |
| CV          | 11,52   | 11,87  | 21,22                     | 15,14  | 21,96  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

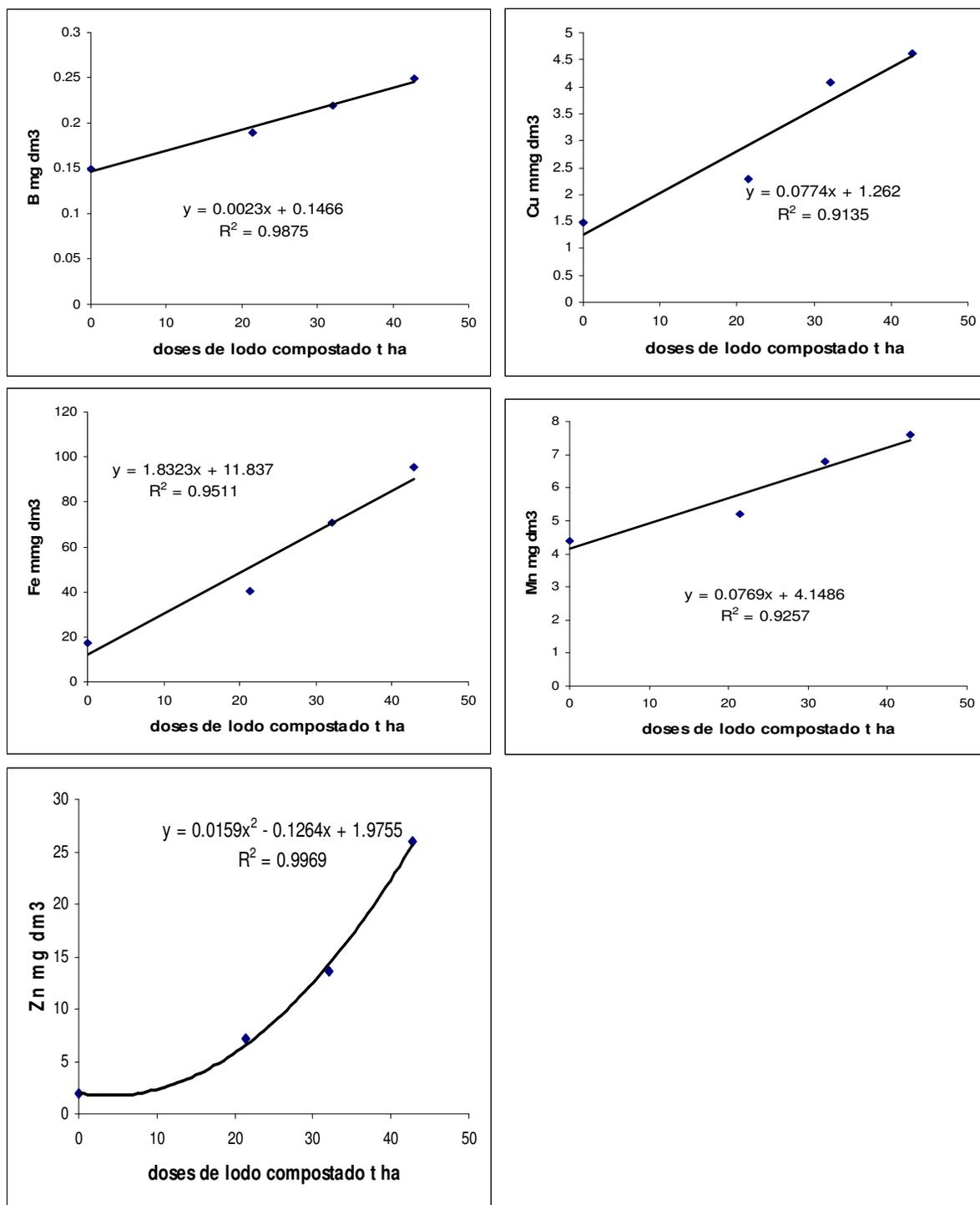


Figura 55 Análises de micronutrientes do solo de 20 a 40 cm de profundidade após o cultivo do trigo

Segundo Bertoncini & Mattiazzo (1999), os metais pesados adicionados ao solo, via lodo de esgoto, estão presentes em formas pouco disponíveis para as plantas associadas, principalmente, à matéria orgânica e aos óxidos de Fe e Al. A estabilidade das ligações entre a matriz orgânica e o metal esta diretamente ligada à qualidade do resíduo orgânico do lodo de esgoto (Bertoncini, 2002); os lodos mais estabilizados, como os utilizados nestes ensaios, apresentariam menor potencial para disponibilizar esses elementos via mineralização. Adicionalmente sabe-se que a absorção de metais pesados pelas plantas é baixa, chegando a níveis inferiores a 1% da quantidade total adicionada (Chang et al., 1997). Independentemente da forma de aplicação destes.

### **6.7 Acumulo de matéria seca**

Com o aumento das doses de lodo de esgoto sem acrescentar o N mineral pode-se verificar na Tabela 62 que houve um aumento no rendimento acumulado de matéria seca de plantas de relação C/N baixa e que os tratamentos T0, T1 e T2 foram aumentando seus rendimentos, respectivamente.

Para as plantas de relação C/N alta praticamente ocorreu um aumento do rendimento na seguinte ordem do menor para o maior T0, T2, T1, T3, T4 e T5.

Em relação à matéria seca acumulada total os tratamentos se comportaram da mesma maneira que o acumulo de matéria seca de plantas de baixa relação C/N.

Pode-se verificar que para todos os tratamentos a % de matéria seca de plantas de alta relação C/N é maior que plantas de relação C/N baixa. Pode-se verificar que com o aumento do N seja pelo lodo ou mineral ocorreu um aumento da porcentagem de plantas de baixa relação C/N.

Tabela 62 Acúmulo de matéria seca dos ensaios

| Tratamentos | Rend. de M.S. acum. de plantas de relação C/N baixa | Rend. de M.S. acum. de plantas de relação C/N alta | Rendimento de matéria seca total acumulada | Teor de matéria seca acumulada de plantas de relação C/N baixa | Teor de matéria seca acumulada de plantas de relação C/N alta |
|-------------|---|--|--|--|---|
|             | Kg ha <sup>-1</sup>                                 |  |  | %  |   |
| T0          | 2.724,02  | 9.139,54   | 11.863,56                                  | 22,96  | 77,04   |
| T1          | 4.588,84  | 12.185,08  | 16.775,92                                  | 27,35  | 72,65   |
| T2          | 5.137,44  | 12.117,03  | 17.254,47                                  | 29,78  | 70,22   |
| T3          | 3.998,24  | 12.251,44  | 16.252,73                                  | 24,60  | 75,40   |
| T4          | 4.585,92  | 12.994,16  | 17.580,08                                  | 26,09  | 73,91   |
| T5          | 5.501,51  | 14.810,76  | 20.312,27                                  | 27,08  | 72,92   |

T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

### 6.8 Acúmulo do rendimento do grão

Verifica-se na Tabela 63 que o tratamento que se aplicou a maior dose de lodo apresentou-se um rendimento total acumulado de grãos muito superior aos demais tratamentos. O tratamento onde não foi aplicado N mineral apresentou-se um rendimento acumulado de grão muito inferior a todos os outros tratamentos.

Tabela 63 Acúmulo de rendimento de grão das culturas

| Tratamentos | feijão              | triticale | girassol | trigo    | total     | média    |
|-------------|---------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
|             | Kg ha <sup>-1</sup> |           |          |          |           |          |
| T0          | 1.822,78            | 1.353,26  | 2.073,79 | 539,97   | 5.789,80  | 1.447,45 |
| T1          | 2.296,60            | 1.539,37  | 3.760,16 | 1.728,96 | 9.325,09  | 2.331,27 |
| T2          | 2.425,68            | 1.440,89  | 4.524,12 | 2.025,51 | 10.416,20 | 2.604,05 |
| T3          | 2.536,52            | 1.380,86  | 3.158,56 | 1.690,06 | 8.766,00  | 2.191,50 |
| T4          | 2.602,73            | 1.612,22  | 4.008,53 | 1.664,67 | 9.906,15  | 2.476,54 |
| T5          | 2.865,46            | 1.819,01  | 4.767,49 | 2.621,71 | 12.073,67 | 3.018,42 |

### 6.9 Balanço final de nutrientes

A importância de ser feito este balanço é de verificar se a quantidade que esta sendo fornecida é maior ou menor do que esta sendo exportada pelos grãos, com isso pode saber se necessita ser suplementado ou não um determinado nutriente.

### 6.9.1 Macronutrientes

Pode-se verificar na Tabela 64 que no tratamento onde não foi acrescido o N (T0) apresentou-se um déficit de N e Mg, isto pode ser explicado que em momento nenhum foram acrescidos estes nutrientes. O N não foi acrescido porque o tratamento era sem N. O Mg não foi fornecido por não ter efetuado uma calagem e os outros tratamentos foram aplicados calcário.

Tabela 64 Balanço de macronutrientes do tratamento T0

|                   | N       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca<br>kg ha <sup>-1</sup> | Mg     | S     |
|-------------------|---------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------|-------|
| Aveia             | 0       | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Feijão            |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.              | 0       | 53                            | 25               | 0                         | 0      | 0     |
| Ex. sem.          | -49,62  | -14,5                         | -26,24           | -7,77                     | -4,74  | -5,11 |
| Total             | -49,62  | 38,5                          | -1,24            | -7,77                     | -4,74  | -5,11 |
| Triticale         |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.              | 0       | 65                            | 21               | 0                         | 0      | 0     |
| Ex. sem.          | -27,97  | -10,03                        | -6,92            | -0,81                     | -1,92  | -2,01 |
| Total             | -27,92  | 54,97                         | 14,38            | -0,81                     | -1,92  | -2,01 |
| T. acum.          | -77,54  | 93,47                         | 13,14            | -8,58                     | -6,66  | -7,12 |
| Girassol          |         |                               |                  |                           |        |       |
| Adução de plantio | 0       | 51                            | 30,5             | 19                        | 0      | 12    |
| Ex. sem.          | -44,01  | -34,85                        | -24,05           | -2,67                     | -9,21  | -3,08 |
| Total             | -44,01  | 16,15                         | 6,45             | 16,33                     | -9,21  | 8,92  |
| T.acum.           | -121,55 | 109,62                        | 19,59            | 7,75                      | -15,87 | 1,8   |
| Trigo             |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.              | 0,77    | 12,36                         | 21,72            | 13,05                     | 0      | 8,24  |
| Ex. sem.          | -12,91  | -5,56                         | -2,84            | -0,38                     | -0,89  | -0,81 |
| Total             | -12,14  | 6,8                           | 18,88            | 12,67                     | -0,89  | 7,43  |
| T. acum.          | -133,69 | 116,48                        | 38,47            | 20,42                     | -16,76 | 9,23  |

A.P. – Adução de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado

Pode-se verificar nas Tabelas 65, 66, 67, 68 e 69 que correspondem aos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, respectivamente, todos os tratamentos apresentaram um saldo positivo para todos os nutrientes.

Tabela 65 Balanço de macronutrientes no tratamento T1

|           | N       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca<br>kg ha <sup>-1</sup> | Mg     | S     |
|-----------|---------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------|-------|
| Aveia     |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.C.      | 70      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Total     | 70      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Feijão    |         |                               |                  |                           |        |       |
| C.        | 0       | 0                             | 0                | 320                       | 109,56 | 0     |
| A.P.      | 10      | 53                            | 25               | 0                         | 0      | 0     |
| A.C.      | 60      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Exp.sem.  | -57,73  | -14,47                        | -29,48           | -12,18                    | -6,13  | -3,97 |
| Total     | 12,27   | 38,53                         | -4,48            | 307,8                     | 103,46 | -3,97 |
| T. acum.  | 82,27   | 38,53                         | -4,48            | 307,8                     | 103,46 | -3,97 |
| Triticale |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.      | 0       | 65                            | 21               | 0                         | 0      | 0     |
| A.C.      | 50      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Exp.sem.  | -34,82  | -10,51                        | -8,00            | -1,39                     | -2,18  | -2,42 |
| Total     | 15,18   | 54,49                         | 13,00            | -1,39                     | -2,18  | -2,42 |
| T. acum.  | 97,45   | 93,02                         | 8,52             | 306,41                    | 101,28 | -6,39 |
| Girassol  |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.      | 0       | 51                            | 30,5             | 19                        | 0      | 12    |
| A.C.      | 50      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Exp.sem.  | -102,56 | -61,14                        | -45,85           | -8,79                     | -16,88 | -5,86 |
| Total     | -52,56  | -10,14                        | -15,35           | 10,21                     | -16,88 | 6,14  |
| T. acum.  | 44,89   | 82,88                         | -6,83            | 316,62                    | 84,4   | -0,25 |
| Trigo     |         |                               |                  |                           |        |       |
| A.P.      | 0,77    | 12,36                         | 21,72            | 13,05                     | 0      | 8,24  |
| A.C.      | 69,5    | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0     |
| Exp.sem.  | -45,39  | -15,64                        | -8,71            | -1,34                     | -3,03  | -2,57 |
| Total     | 24,88   | -3,28                         | 13,00            | 11,71                     | -3,03  | 5,67  |
| T. acum.  | 69,77   | 79,6                          | 6,17             | 328,33                    | 81,37  | 5,42  |

A.P. – Adubação de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado;  
A.C. Adubação de cobertura

Tabela 66 Balanço de macronutrientes do tratamento T2

|                  | N       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca<br>kg ha <sup>-1</sup> | Mg     | S      |
|------------------|---------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------|--------|
| <b>Aveia</b>     |         |                               |                  |                           |        |        |
| A. LE            | 117,39  | 63,21                         | 4,81             | 33,11                     | 5,72   | 141,47 |
| A.C..            | 35      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0      |
| Total            | 152,39  | 63,21                         | 4,81             | 33,11                     | 5,72   | 141,47 |
| <b>Feijão</b>    |         |                               |                  |                           |        |        |
| C.               | 0       | 0                             | 0                | 320                       | 109,56 | 0      |
| A.LE             | 120     | 100                           | 20               | 95                        | 15     | 80     |
| A.P.             | 0       | 53                            | 25               | 0                         | 0      | 0      |
| A.C.             | 35      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0      |
| Exp. Sem.        | -69,84  | -18,48                        | -34,94           | -8,54                     | -5,98  | -4,15  |
| Total            | 85,16   | 134,52                        | 10,06            | 406,46                    | 118,58 | 75,85  |
| T. acum.         | 237,55  | 197,73                        | 14,87            | 439,57                    | 124,22 | 217,32 |
| <b>Triticale</b> |         |                               |                  |                           |        |        |
| A.LE             | 82,32   | 71,58                         | 14,32            | 68                        | 10,74  | 57,25  |
| A.P.             | 0       | 65                            | 21               | 0                         | 0      | 0      |
| A.C.             | 25      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0      |
| Exp. Sem.        | -33,15  | -10,74                        | -7,81            | -1,26                     | -2,19  | -2,24  |
| Total            | 74,15   | 125,84                        | 27,51            | 66,74                     | 8,55   | 55,01  |
| T. acum.         | 311,70  | 323,57                        | 42,38            | 506,31                    | 132,77 | 272,33 |
| <b>Girassol</b>  |         |                               |                  |                           |        |        |
| A.LE             | 89,85   | 73,64                         | 14,73            | 69,96                     | 11,05  | 58,91  |
| A.P.             | 0       | 51                            | 30,5             | 19                        | 0      | 12     |
| A.C.             | 25      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0      |
| Exp. Sem.        | -123,67 | -74,47                        | -49,20           | -8,53                     | -20,07 | -6,89  |
| Total            | -8,83   | 50,17                         | -3,97            | 80,43                     | -9,02  | 64,02  |
| T. acum.         | 302,87  | 373,74                        | 38,41            | 586,74                    | 123,75 | 336,35 |
| <b>Trigo</b>     |         |                               |                  |                           |        |        |
| A.LE             | 107     | 69,55                         | 10,16            | 56,71                     | 9,09   | 40,66  |
| A.P.             | 0,77    | 12,36                         | 21,72            | 13,05                     | 0      | 8,24   |
| A.C.             | 35      | 0                             | 0                | 0                         | 0      | 0      |
| Exp. Sem.        | -54,19  | -19,81                        | -10,09           | -1,32                     | -3,60  | -3,35  |
| Total            | 88,77   | 62,10                         | 21,79            | 68,44                     | 5,49   | 45,55  |
| T. acum.         | 391,64  | 435,84                        | 60,207           | 655,18                    | 129,24 | 381,90 |

A.P. – Adubação de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado;  
A.C. Adubação de cobertura; A.LE – Adubação com lodo de esgoto

Tabela 67 Balanço de macronutrientes do tratamento T3

|           | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca<br>Kg ha <sup>-1</sup> | Mg     | S      |
|-----------|--------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------|--------|
| Aveia     |        |                               |                  |                           |        |        |
| A.LE      | 234,78 | 126,42                        | 9,62             | 66,22                     | 11,44  | 282,94 |
| Total     | 234,78 | 126,42                        | 9,62             | 66,22                     | 11,44  | 282,94 |
| Feijão    |        |                               |                  |                           |        |        |
| C.        | 0      | 0                             | 0                | 320                       | 109,56 | 0      |
| A. LE     | 240    | 200                           | 40               | 190                       | 30     | 160    |
| A.P.      | 0      | 53                            | 25               | 0                         | 0      | 0      |
| Exp.sem.  | -65,13 | -17,88                        | -33,48           | -10,89                    | -6,67  | -4,53  |
| Total     | 174,87 | 235,12                        | 31,52            | 499,11                    | 132,89 | 155,47 |
| T.aum.    | 409,65 | 361,54                        | 41,14            | 565,33                    | 144,33 | 438,41 |
| Triticale |        |                               |                  |                           |        |        |
| A. LE     | 164,64 | 143,16                        | 28,64            | 136                       | 21,48  | 114,5  |
| A.P.      | 0      | 65                            | 21               | 0                         | 0      | 0      |
| Exp.sem.  | -31,70 | -10,85                        | -7,69            | -1,03                     | -2,10  | -2,37  |
| Total     | 132,94 | 197,31                        | 41,95            | 134,97                    | 19,38  | 112,13 |
| T.aum.    | 542,59 | 558,85                        | 83,09            | 700,30                    | 163,71 | 550,54 |
| Girassol  |        |                               |                  |                           |        |        |
| A. LE     | 179,70 | 147,28                        | 29,46            | 139,92                    | 22,10  | 117,82 |
| A.P.      | 0      | 51                            | 30,5             | 19                        | 0      | 12     |
| Exp.sem.  | -84,93 | -54,20                        | -38,03           | -6,25                     | -14,28 | -4,77  |
| Total     | 94,77  | 144,08                        | 21,93            | 152,67                    | 7,82   | 125,05 |
| T.aum.    | 637,36 | 702,93                        | 105,02           | 852,97                    | 171,53 | 675,59 |
| Trigo     |        |                               |                  |                           |        |        |
| A. LE     | 214,00 | 139,10                        | 20,32            | 113,42                    | 18,18  | 81,32  |
| A.P.      | 0,77   | 12,36                         | 21,72            | 13,05                     | 0      | 8,24   |
| Exp.sem.  | -43,08 | -17,13                        | -9,84            | -1,15                     | -3,13  | -2,50  |
| Total     | 171,69 | 134,33                        | 32,2             | 125,32                    | 15,05  | 87,06  |
| T.aum.    | 809,05 | 837,26                        | 137,22           | 978,29                    | 186,58 | 762,65 |

A.P. – Adubação de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado;  
A.LE – Adubação com lodo de esgoto

Tabela 68 Balanço de macronutrientes do tratamento T4

|           | N        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca<br>Kg ha <sup>-1</sup> | Mg     | S        |
|-----------|----------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------|----------|
| Aveia     |          |                               |                  |                           |        |          |
| A.LE      | 352,17   | 189,63                        | 14,43            | 99,33                     | 17,16  | 424,41   |
| Total     | 352,17   | 189,63                        | 14,43            | 99,33                     | 17,16  | 424,41   |
| Feijão    |          |                               |                  |                           |        |          |
| C.        | 0        | 0                             | 0                | 320                       | 109,56 | 0        |
| A. LE     | 360      | 300                           | 60               | 285                       | 45     | 240      |
| A.P.      | 0        | 53                            | 25               | 0                         | 0      | 0        |
| Exp.sem.  | -69,91   | -18,14                        | -34,60           | -11,13                    | -6,81  | -5,24    |
| Total     | 290,09   | 334,86                        | 50,40            | 593,87                    | 147,75 | 234,76   |
| T.aum.    | 642,26   | 524,49                        | 64,83            | 693,20                    | 164,91 | 659,17   |
| Triticale |          |                               |                  |                           |        |          |
| A. LE     | 246,96   | 214,74                        | 42,96            | 204,00                    | 32,22  | 171,75   |
| A.P.      | 0        | 65                            | 21               | 0                         | 0      | 0        |
| Exp.sem.  | -38,79   | -12,16                        | -9,11            | -1,15                     | -2,40  | -2,67    |
| Total     | 208,17   | 267,58                        | 54,85            | 202,85                    | 29,82  | 169,08   |
| T.aum.    | 850,43   | 792,07                        | 119,68           | 896,05                    | 194,73 | 828,25   |
| Girassol  |          |                               |                  |                           |        |          |
| A. LE     | 269,55   | 220,92                        | 44,25            | 209,88                    | 33,15  | 176,73   |
| A.P.      | 0        | 51                            | 30,5             | 19                        | 0      | 12       |
| Exp.sem.  | -112,84  | -65,06                        | -49,28           | -7,02                     | -17,83 | -6,33    |
| Total     | 156,71   | 206,86                        | 25,47            | 221,86                    | 15,32  | 182,40   |
| T.aum.    | 1.007,14 | 998,93                        | 145,15           | 1.117,91                  | 210,05 | 1.010,65 |
| Trigo     |          |                               |                  |                           |        |          |
| A. LE     | 321,00   | 208,65                        | 30,48            | 170,13                    | 27,27  | 121,98   |
| A.P.      | 0,77     | 12,36                         | 21,72            | 13,05                     | 0      | 8,24     |
| Exp.sem.  | -43,67   | -16,69                        | -9,06            | -1,07                     | -3,21  | -2,68    |
| Total     | 278,10   | 204,32                        | 43,14            | 182,11                    | 24,06  | 127,54   |
| T.aum.    | 1.285,24 | 1.203,25                      | 188,29           | 1.300,02                  | 234,11 | 1.138,19 |

A.P. – Adubação de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado;  
A.LE – Adubação com lodo de esgoto

Tabela 69 Balanço de macronutrientes do tratamento T5

|                  | N                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca       | Mg     | S        |
|------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------|--------|----------|
|                  | Kg ha <sup>-1</sup> |                               |                  |          |        |          |
| <b>Aveia</b>     |                     |                               |                  |          |        |          |
| A.LE             | 469,56              | 252,84                        | 19,24            | 132,44   | 22,88  | 565,88   |
| Total            | 469,56              | 252,84                        | 19,24            | 132,44   | 22,88  | 565,88   |
| <b>Feijão</b>    |                     |                               |                  |          |        |          |
| C.               | 0                   | 0                             | 0                | 320      | 109,56 | 0        |
| A. LE            | 480                 | 400                           | 80               | 380      | 60     | 320      |
| A.P.             | 0                   | 53                            | 25               | 0        | 0      | 0        |
| Exp.sem.         | -74,65              | -19,62                        | -37,18           | -13,41   | -7,68  | -5,72    |
| Total            | 405,33              | 433,38                        | 67,82            | 686,59   | 161,88 | 314,28   |
| T.aum.           | 874,89              | 686,22                        | 87,06            | 819,03   | 184,68 | 880,16   |
| <b>Triticale</b> |                     |                               |                  |          |        |          |
| A. LE            | 329,28              | 286,32                        | 57,28            | 272,00   | 42,96  | 229,00   |
| A.P.             | 0                   | 65                            | 21               | 0        | 0      | 0        |
| Exp.sem.         | -43,63              | -14,84                        | -10,68           | -1,37    | -2,77  | -2,94    |
| Total            | 285,66              | 336,48                        | 67,60            | 270,63   | 40,19  | 226,06   |
| T.aum.           | 1.160,54            | 1.022,70                      | 154,66           | 1.089,66 | 224,87 | 1.106,22 |
| <b>Girassol</b>  |                     |                               |                  |          |        |          |
| A. LE            | 359,40              | 294,56                        | 58,92            | 279,84   | 44,20  | 235,64   |
| A.P.             | 0                   | 51                            | 30,5             | 19       | 0      | 12       |
| Exp.sem.         | -136,88             | -82,72                        | -62,86           | -8,05    | -22,44 | -7,88    |
| Total            | 222,55              | 262,78                        | 26,56            | 290,79   | 21,76  | 239,76   |
| T.aum.           | 1.383,09            | 1.285,48                      | 181,22           | 1.380,45 | 246,63 | 1.345,98 |
| <b>Trigo</b>     |                     |                               |                  |          |        |          |
| A. LE            | 428,00              | 278,20                        | 40,64            | 226,84   | 36,36  | 162,64   |
| A.P.             | 0,77                | 12,36                         | 21,72            | 13,05    | 0      | 8,24     |
| Exp.sem.         | -70,64              | -26,78                        | -13,09           | -1,89    | -4,90  | -4,44    |
| Total            | 358,13              | 263,84                        | 49,27            | 238      | 31,46  | 166,44   |
| T.aum.           | 1.741,22            | 1.549,32                      | 230,49           | 1.618,45 | 278,09 | 1.512,42 |

A.P. – Adubação de plantio; Exp.sem – Exportação pelas sementes; T.acum. – Total de nutrientes acumulado; A.LE – Adubação com lodo de esgoto

Na Tabela 70 pode-se verificar que a diferença do balanço de N no tratamento tradicional que é o T1 em comparação com o tratamento que não foi acrescido de N, T0, foi de 203,46 kg ha<sup>-1</sup> a mais para o tratamento tradicional. Comparando o balanço do N do tratamento tradicional com os tratamentos que foram aplicados lodo de esgoto podem-se verificar que houve um aumento no balanço do N de 321,87, 739,28, 1.215,47 e 1.671,45 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente com o aumento da dosagem de lodo de esgoto. Este N pode estar contido na matéria orgânica, ou foi mineralizado.

Comparando o balanço do  $P_2O_5$  dos tratamentos T0 e T1, pode-se observar que o tratamento T0 apresentou um balanço superior de P em relação ao T1. Isto pode ser explicado considerando a exportação pelos grãos do T0, menor que o T1, por apresentar uma menor produtividade em função da ausência de N. A diferença do tratamento tradicional em relação ao tratamento com a maior dose de lodo foi de  $1.470 \text{ kg ha}^{-1}$  a mais de  $P_2O_5$  esta diferença pode-se observar um aumento do P na análise de solo apresentada na Tabela 59 e Figura 56.

Quanto ao  $K_2O$  verifica-se um aumento no balanço em função da dose de lodo aplicado, embora a quantidade de K presente no lodo seja muito baixa. Para o Ca, o Mg e o S também houve um aumento da quantidade no solo em função da dose de lodo de esgoto.

Tabela 70 Balanço final dos macronutrientes para cada tratamento

| Tratamentos | N        | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca<br>$\text{kg ha}^{-1}$ | Mg     | S        |
|-------------|----------|----------|--------|---------------------------|--------|----------|
| T0          | -133,69  | 116,48   | 38,47  | 20,42                     | -16,72 | 7,43     |
| T1          | 69,77    | 79,6     | 6,17   | 328,33                    | 81,37  | 5,42     |
| T2          | 391,64   | 435,84   | 60,21  | 655,18                    | 129,29 | 381,90   |
| T3          | 809,05   | 837,26   | 137,22 | 978,29                    | 186,58 | 762,65   |
| T4          | 1.285,24 | 1.203,25 | 188,29 | 1.300,02                  | 234,11 | 1.138,19 |
| T5          | 1.741,22 | 1.549,32 | 230,49 | 1.618,45                  | 278,09 | 1.512,42 |

### 6.9.2 Micronutrientes

Somente o B não foi colocado no balanço porque não tínhamos os teores de B no lodo, porém quando foi aplicado B na cultura do girassol a quantidade foi de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B para todos os tratamentos e se somarmos a quantidade de B que foi exportada de todas as culturas temos os seguintes valores: 98,42, 183,65, 193,48, 160,17, 190,70 e 233,99 gramas  $\text{ha}^{-1}$  nos tratamentos T0, T1, T2, T3, T4 e T5 respectivamente. Com isso verifica-se que com a dose utilizada para a cultura do girassol já supri o que foi exportado de B por todas as culturas.

Pode-se verificar nas tabelas 71 e 72 que os tratamentos que não foram aplicado lodo de esgoto o balanço de Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram-se negativos, com isso deveremos enfatizar que em culturas anuais terão que ser suplementadas com estes nutrientes, já onde foi aplicado o lodo de esgoto pode-se verificar nas tabelas 73, 74, 75 e 76 que

apresentou-se sempre um valor positivo em relação a estes nutrientes, com isso não precisa-se se preocupar na reposição destes nutrientes, porém tem que monitorar estes elementos no solo por serem metais pesados que em grandes quantidades pode ser prejudicial.

Pode-se verificar também que a exportação destes nutrientes foram muito pequenas em relação ao que foi adicionado ao solo, com isso grande parte destes micronutrientes ficaram no solo.

Tabela 71 Balanço de micronutrientes do tratamento T0

|             | Cu     | Fe      | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn      |
|-------------|--------|---------|--------------------------|---------|
| Feijão      | -13,24 | -172,51 | -20,53                   | -56,15  |
| triticale   | -9,68  | -108,15 | -82,46                   | -64,00  |
| Acumulado   | -22,92 | -280,66 | -102,99                  | -120,15 |
| Girassol    | -33,76 | -90,58  | -52,71                   | -103,14 |
| acumulado   | -56,98 | -371,24 | -155,70                  | -223,29 |
| Trigo       | -4,89  | -34,21  | -23,22                   | -24,69  |
| Total acum. | -61,87 | -405,45 | -178,92                  | -247,98 |

Tabela 72 Balanço de micronutrientes do tratamento T1

|             | Cu      | Fe      | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn      |
|-------------|---------|---------|--------------------------|---------|
| Feijão      | -18,37  | -239,35 | -28,98                   | -67,31  |
| triticale   | -10,76  | -128,44 | -113,39                  | -97,09  |
| acumulado   | -29,13  | -367,79 | -142,37                  | -164,40 |
| Girassol    | -77,17  | -200,64 | -125,99                  | -215,08 |
| acumulado   | -106,30 | -567,64 | -268,36                  | -379,48 |
| Trigo       | -30,42  | -149,14 | -76,81                   | -73,86  |
| Total acum. | -136,72 | -716,14 | -345,17                  | -453,34 |

Tabela 73 Balanço de micronutrientes do tratamento T2

|                 | Cu       | Fe         | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn        |
|-----------------|----------|------------|--------------------------|-----------|
| Aveia           |          |            |                          |           |
| A.LE.           | 1.288,3  | 70.582     | 1.893                    | 9.030     |
| Feijão          |          |            |                          |           |
| A.LE.           | 1.520    | 116.250    | 2.360                    | 18.750    |
| Exportado       | -19,94   | -229,17    | -30,16                   | -72,99    |
| Total do feijão | 1.500,06 | 116.020,83 | 2.329,84                 | 18.677,01 |
| Total           | 2.788,36 | 186.602,83 | 4.217,84                 | 27.707,01 |
| acumulado       |          |            |                          |           |
| Triticale       |          |            |                          |           |
| A.LE.           | 1.092    | 83.551     | 1.696                    | 13.476    |
| Exportado       | -10,54   | -192,38    | -121,23                  | -91,22    |
| Total           | 1.081,46 | 83.358,62  | 1.574,77                 | 13.384,78 |
| T. acum.        | 3.869,82 | 269.961,45 | 5.792,61                 | 41.091,79 |
| Girassol        |          |            |                          |           |
| A.LE.           | 1.119    | 85.220     | 1.738                    | 13.810    |
| Exportado       | -93,97   | -309,71    | -144,16                  | -304,25   |
| Total           | 1.025,03 | 84.910,29  | 1.593,84                 | 13.505,75 |
| T. acum.        | 4.894,85 | 354.871,74 | 7.386,45                 | 54.597,54 |
| Trigo           |          |            |                          |           |
| A.LE.           | 4.494    | 64.468     | 14.450                   | 29.425    |
| Exportado       | -12,99   | -176,58    | -96,23                   | -137,53   |
| Total           | 4.481,01 | 64.291,42  | 14.353,77                | 29.287,47 |
| T. acum.        | 9.375,86 | 419.163,16 | 21.740,22                | 84.452,48 |

A.LE – adubação com lodo de esgoto

Tabela 74 Balanço de micronutrientes do tratamento T3

|                 | Cu        | Fe         | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn         |
|-----------------|-----------|------------|--------------------------|------------|
| Aveia           |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 2.576,6   | 141.169    | 3.797                    | 18.060     |
| Feijão          |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 3.040     | 232.500    | 4.720                    | 37.500     |
| Exportado       | -22,60    | -243,79    | -32,09                   | -89,10     |
| Total do feijão | 3.017,40  | 232.256,21 | 4.687,91                 | 37.410,90  |
| T. acum.        | 5.594,00  | 373.425,21 | 8.484,91                 | 55.470,90  |
| Triticale       |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 2.185     | 167.102    | 3.392                    | 26.952     |
| Exportado       | -9,92     | -119,53    | -117,81                  | -101,41    |
| Total           | 2.175,08  | 166.982,47 | 3.274,19                 | 26.850,59  |
| T. acum.        | 7.769,08  | 540.407,68 | 11.759,10                | 82.321,49  |
| Girassol        |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 2.239     | 171.241    | 3.472                    | 27.619     |
| Exportado       | -63,92    | -212,00    | -95,28                   | -218,51    |
| Total           | 2.175,08  | 171.029,00 | 3.376,72                 | 27.400,49  |
| T. acum.        | 9.944,08  | 711.436,68 | 15.134,82                | 109.721,98 |
| Trigo           |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 8.988     | 128.935    | 28.890                   | 58.850     |
| Exportado       | -10,79    | -151,19    | -82,58                   | -115,29    |
| Total           | 8.977,21  | 128.783,81 | 28.807,42                | 58.734,71  |
| T. acum.        | 18.921,29 | 840.220,49 | 43.942,24                | 168.456,69 |

A.LE – adubação com lodo de esgoto

Tabela 75 Balanço de micronutrientes do tratamento T4

|                 | Cu        | Fe         | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn         |
|-----------------|-----------|------------|--------------------------|------------|
| Aveia           |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 3.864,8   | 211.752    | 5.692                    | 27.090     |
| Feijão          |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 4.560     | 348.800    | 7.080                    | 56.250     |
| Exportado       | -20,25    | -254,96    | -33,29                   | -92,54     |
| Total do feijão | 4.539,75  | 348.545,04 | 7.046,71                 | 56.157,46  |
| T. acum.        | 8.404,55  | 560.297,04 | 12.738,71                | 83.247,46  |
| Triticale       |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 3.278     | 250.654    | 5.089                    | 40.428     |
| Exportado       | -11,59    | -195,37    | -136,22                  | -138,64    |
| Total           | 3.266,41  | 250.458,63 | 4.952,78                 | 40.289,36  |
| T. acum.        | 11.670,96 | 810.755,67 | 17.691,49                | 123.536,82 |
| Girassol        |           |            |                          |            |
| A.LE.           | 3.359     | 257.262    | 5.215                    | 41.429     |
| Exportado       | -77,16    | -252,55    | -125,29                  | -305,61    |
| Total           | 3.281,84  | 257.009,45 | 5.089,71                 | 41.123,39  |

|                                    |           |              |           |            |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|------------|
| T. acum.                           | 14.952,80 | 1.067.765,12 | 22.781,20 | 164.660,21 |
| Trigo                              |           |              |           |            |
| A.LE.                              | 13.482    | 193.402      | 43.335    | 88.275     |
| Exportado                          | -14,01    | -130,65      | -119,99   | -183,41    |
| Total                              | 13.467,99 | 193.271,35   | 43.215,01 | 88.091,59  |
| T. acum.                           | 28.420,79 | 1.261.036,47 | 65.996,21 | 252.751,80 |
| A.LE – adubação com lodo de esgoto |           |              |           |            |

Tabela 76 Balanço de micronutrientes do tratamento T5

|                                    | Cu        | Fe           | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn         |
|------------------------------------|-----------|--------------|--------------------------|------------|
| Aveia                              |           |              |                          |            |
| A.LE.                              | 5.153,1   | 282.338      | 7.585                    | 36.120     |
| Feijão                             |           |              |                          |            |
| A.LE.                              | 6.080     | 465.000      | 9.440                    | 75.000     |
| Exportado                          | -22,01    | -288,66      | -32,44                   | -103,17    |
| Total do feijão                    | 6.057,99  | 464.711,34   | 9.407,56                 | 74.896,83  |
| T. acum.                           | 11.211,09 | 747.049,34   | 16.992,56                | 111.016,83 |
| Triticale                          |           |              |                          |            |
| A.LE.                              | 4.370     | 334.205      | 6.785                    | 53.904     |
| Exportado                          | -12,78    | -165,47      | -164,67                  | -166,57    |
| Total                              | 4.357,22  | 334.039,57   | 6.620,33                 | 53.737,43  |
| T. acum.                           | 15.568,31 | 1.081.088,91 | 23.612,89                | 164.754,26 |
| Girassol                           |           |              |                          |            |
| A.LE.                              | 4.478     | 342.482      | 6.953                    | 55.239     |
| Exportado                          | -98,70    | -354,24      | -143,65                  | -380,85    |
| Total                              | 4.379,3   | 342.127,76   | 6.809,35                 | 54.858,15  |
| T. acum.                           | 19.947,61 | 1.423.216,67 | 30.422,24                | 219.612,41 |
| Trigo                              |           |              |                          |            |
| A.LE.                              | 17.976    | 257.878      | 57.780                   | 111.700    |
| Exportado                          | -17,88    | -310,92      | -194,41                  | -265,32    |
| Total                              | 17.958,12 | 257.567,08   | 57.585,59                | 111.434,68 |
| T. acum.                           | 37.905,73 | 1.680.783,75 | 88.007,83                | 331.047,09 |
| A.LE – adubação com lodo de esgoto |           |              |                          |            |

Tabela 77 Resumo do balanço de micronutrientes

| Tratamentos | Cu        | Fe           | Mn<br>g ha <sup>-1</sup> | Zn         |
|-------------|-----------|--------------|--------------------------|------------|
| T0          | -61,87    | -405,45      | -178,92                  | -247,18    |
| T1          | -136,72   | -716,14      | -345,17                  | -453,34    |
| T2          | 9.375,86  | 419.163,16   | 21.740,22                | 69.854,94  |
| T3          | 18.921,29 | 840.220,49   | 43.942,24                | 168.456,69 |
| T4          | 28.420,79 | 1.261.036,47 | 65.996,21                | 252.751,80 |
| T5          | 37.905,73 | 1.680.783,75 | 88.007,83                | 321.047,09 |

## 6.10 Considerações finais

A aveia obteve um maior rendimento de matéria seca na maior dose de lodo de esgoto. A relação C/N da palha da aveia foi menor na maior dose de lodo de esgoto e nos tratamentos que foram suplementados com N avaliado no final do ciclo da aveia, devido a isto facilita assim a decomposição da palha.

O feijoeiro exportou uma maior quantidade de Zn em função da adubação com lodo de esgoto. O rendimento de grão e a massa de mil grãos no feijoeiro foram aumentados em função do aumento da dose de lodo de esgoto.

O N, P, K, Mg, S, B, Mn e Zn exportaram mais pelos grãos do tritcale em função da dose de lodo de esgoto. O rendimento de grão do tritcale foi aumentado em função da dose de lodo de esgoto.

No girassol, o aumento da altura média das plantas, diâmetro de haste e número de folhas foi em função do N. O N tanto do lodo como o N mineral interferiu no aumento da produtividade do girassol e no peso de mil sementes. Houve um decréscimo no teor de óleo na maior dose de lodo comparando com o sistema tradicional, porem não interferiu no rendimento de óleo no girassol. Onde foi aplicada a maior dose de lodo a exportação de todos os nutrientes foi superior em relação onde não foi aplicado N. O N e o aumento da dose de lodo de esgoto interferiram no maior rendimento de matéria seca do girassol.

Para o K, Ca e Mg a exportação de grãos no trigo foi maior quando foi aplicada a maior dose de lodo de esgoto e o tratamento que apresentou uma menor exportação destes nutrientes foi onde não foi aplicado N. A maior exportação de S foi no tratamento que foi aplicado mais lodo de esgoto. Em função do N aplicado aumentou a exportação do B, Cu, Fe, Mn e Zn e em função da dose de lodo de esgoto aumentou a exportação do B, Fe, Mn e Zn. Onde não foi aplicado o N apresentou um estande menor, devido ao menor perfilhamento. O N e a maior dose de lodo de esgoto utilizado interferiu no aumento de matéria seca do trigo isto ocorreu porque choveu muito bem no inverno ao contrario que ocorreu no tritcale que não choveu bem e não ocorreu esta diferença. O tratamento que foi aplicado metade do N Proveniente do lodo e a outra metade proveniente do mineral foi o tratamento superior em

rendimento de grãos e o tratamento que não foi aplicado N foi o inferior e o lodo de esgoto com o aumento da sua dose houve um incremento no rendimento de grãos.

A fertilidade do solo após a 3ª aplicação de lodo de esgoto aumentaram os teores de matéria orgânica, P, B, Cu, Fe, Mn e Zn e baixou o pH do solo em função da dose de lodo de esgoto na profundidade de 0 a 20 cm. Na 7ª aplicação de lodo o pH do solo caiu em função do aumento da dose de lodo de esgoto tanto de 0 a 20cm como de 20 a 40 cm de profundidade, devido a isto a necessidade de verificarmos sempre a necessidade de ser efetuado uma calagem principalmente nos tratamentos que foram aplicados a maior dose deste resíduo. Pode ser verificado que houve um incremento no teor de matéria orgânica, P, S e todos os micronutrientes tanto de 0 a 20 cm como 20-40 cm de profundidade em função do aumento da dose de lodo de esgoto.

Como observamos neste trabalho a adição do lodo de esgoto promoveu um balanço positivo dos nutrientes no solo principalmente quanto aos micronutrientes que muitas vezes os adubos concentrados N, P e K não apresentam fazendo assim um esgotamento no solo.

Verificamos que ocorreu um aumento nas produtividades das culturas com o aumento da dose de lodo de esgoto, porém devemos verificar sempre a presença de metais pesados e a contaminação de  $\text{NO}_3$  que por ventura pode ser lixiviado e contaminar o lençol freático.

Na prática a aplicação da maior dose de lodo de esgoto tem que ser bem estudada operacionalmente na hora de descarregamento do caminhão ou carreta para não perder muito tempo na aplicação com isso encarecendo os custos.

Procurar sempre utilizar um lodo de esgoto compostado para evitar problemas de patógenos que com a temperatura que chega na compostagem mata a grande maioria destes.

Em fim é um resíduo que tem que ser dado um destino para a sua utilização e uma das maneiras é a utilização na agricultura diminuindo assim o grande custo e impacto ambiental produzido dos fertilizantes minerais nitrogenados. A sua utilização na agricultura é bem aceita desde que seja bem manejado.

## **7 CONCLUSÕES**

Com o aumento da dose de lodo de esgoto promove um incremento no rendimento de grão e da matéria seca em todas as culturas utilizadas em rotação. O não fornecimento do N promove o menor rendimento.

O aumento de dosagens de dose de lodo de esgoto promove uma maior exportação de todos os nutrientes.

O aumento da dose de lodo de esgoto promove incremento nos teores de matéria orgânica, P, S, H+Al, CTC e micronutrientes e decréscimo no pH do solo.

## 8 – REFERÊNCIAS

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

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de N para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão no plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n. 1, p.101-108, 1994.

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S.J. Dinamica do nitrogenio no solo e produção de fitomassa por planta de cobertura no outono/inverno com uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 901-910, 2006.

ALLOS, H.F.; BARTHOLOMEW, W.V. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. **Soil Science Society of America Journal**, Stanford, v. 19, n.2, p. 182-184, 1985.

AMADO, T.J.C.; SANTI, A.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.6, p. 1085 – 1096, 2003.

AMADO, T.J.C. et al. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n. 3, p.679-686, 1999.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; et al. Mobilidade de metais pesados em solos tratados com resíduos siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p. 345-353, 1998.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C. Solubilidade de metais pesados em solos tratados com resíduos siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 9-16, 1997.

ANDREOLI, C.V.; LARA, A. I. ; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em solução**, Curitiba: SANEPAR; FIMEP, 1999, 288p.

ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo de lodo de esgoto na agricultura e sua influencia em característica ambientais no agrossistema**. 1999. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ANJOS, J.L. dos et al. Nitrogênio e fósforo na produção do girassol em solos dos tabuleiros costeiros. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. Anais, Pelotas, 2009. p. 149-153.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of anlysis**. 15 ed. Arlinton: Association of Analytical Chemists, 1990. 684 p.

ARAUJO, A. S. F. de; et al.. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p. 284-289, 2005.

ARF, O. et al. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p. 499-506, 2008.

BAIER, A.C.; FLOSS, E.L.; AUDE, M.I. da S. As lavoura de inverno -1. In: BAIER, A.C. **Triticale**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 75-106.

BAKER, J. M.; TUCKER, B. B. Critical N, P and K levels in winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Madison, v. 4, n. 5, p. 347-358, 1973.

BAKER, K.F.; COOK, R.J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W.H. Freeman, 1974. 433 p.

BALOTA, E.L. Alterações microbiológicas em solos cultivados sob o plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para a agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p. 222-231.

BANERJEE, M.R.; BURTON, D.L.; DEPOE, S. Impact of sewage sludle applicationon soil biological characteristics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.66, n.3, p.241-249, 1997.

BARBARICK, K.A.; IPPOLITO, J.A. WESTFALL, D.G. Biosolids effect on phosphorus copper, zinc, nickel and molybdenum concentrations in dryland wheat. **Journal of Environmental Quality**, Stanford, v.24, n.4, p. 608-611, 1995.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA N.K.; SILVA O.F. Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro. Circular Técnica – EMBRAPA, Santo Antonio de Goiás, n. 49, 2001.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Propriedades químicas de um latossolo vermelho eutroférico após a aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24 n.5, p.1501-1505, 2002.

BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho **Informações Agronomicas**, Piracicaba, n.99, p. 7-12, 2002.

BERTI, W.R.; JACOBS, L.W. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications. **Journal of Environmental Quality**, Madison v.25, n.5, p. 1025-1032, 1996.

BERTONCINI, E.I. **Comportamento de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn em latossolos sucessivamente tratados com biossólido: Extração seqüencial, fitodisponibilidade e caracterização de substâncias húmicas**. 2002. 195 f. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BERTONCINI, E.I. ; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p.737-744, 1999.

BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.299-313.

BERTON, R.S. Risco de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETIOL, W. ; CAMARGO, O. A. (Eds.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.

BETIOL, W.; CAMARGO, O.A. Lodo de esgoto na agricultura: potencial de uso e problemas. **TEC Hoje**, Belo Horizonte, p. 1-4, 2007.

BETIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D.C. Utilização do resíduo orgânico como fertilizante. **O solo**, v. 75, n.1, p. 44-54, 1983.

BINOTTI, F.F. da S. et al. S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura do feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.1, p.121-129, 2007.

BISCARO, G.A. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilandia – MS. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, n.5, p. 1366-1373, set/out., 2008.

BLOEMHOF, H.S.; BERENDSE, F. Simulation of the decomposition and nitrogen mineralization of aboveground plant material in two unfertilized grassland ecosystems. **Plant and Soil**, Netherland, v. 177, n.2, p. 157-173, 1995.

BOARETTO, A.E.; et al. Destino de <sup>15</sup>N-uréia aplicada em sucessão trigo-soja. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p. 265-274, 2004.

BOEIRA, R.C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n. 11, p. 1639-1647, nov. 2002.

BOEIRA, R. C. Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solos tropical. Comunicado Técnico, Jaguariuna, n. 12, 2004.

BOVI, M.L.A.et al. Doses de Lodo de esgoto e produção de palmito pupunheira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n. 1, p. 153-166, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2001.

BREDEMIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p. 365-372, 2000.

BRIGHENTI, A.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F.A. de Dessecação em pré semeadura da cultura do girassol (*Helianthus annuus L.*) associada a aplicação de boro. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4., 2005, Londrina – PR. Resumos Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 2005. p. 12-13.

BUZETTI,S. et al. Efeito da adubação nitrogenada em componentes de produção de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivados em diferentes densidades. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 11-19. 1992.

CALHEIROS, R. de O. **Irrigação por corrugação em trigo (*Triticum aestivum L*) sob diferentes doses de adubação nitrogenada**. 1984. 110 f. Dissertação (mestrado em irrigação), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; CANTARELLA,H. Trigo de sequeiro e tritcale de sequeiro. In: RAIJ,B. van et al. (Eds.) **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.68-69.

CAMARGO, F.A. de O. et al. Nitrogenio organico do solo. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 117-137.

CAMPBELL, C.A.; DAVIDSON, H.R.; WARDER, F.G. Effects of fertilizers N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 57, n. 3, p. 311-327, 1977.

CANTARELLA H. Adubação e calagem do girassol. Sunflower response to lime and boron. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER ASSOCIATION, 11, 1985. p. 209 – 215.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. Van et al. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 45-47.

CARELLI, M.L.C. et al. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.8, n.2, p.123-130, ago, 1996.

CARMO, J.B. **Impacto da aplicação de biossólido nas atividades microbianas do solo**. Piracicaba, 2001. 105 f.. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CARVALHO D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha I rendimento de grão e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.3, n.1-2, p. 41 – 45, 2002.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influencia de parcelamentos e fontes de nitrogenio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p. 617-624, 2001.

CASTRO, C.de, OLIVEIRA, F. A. de. Nutrição e Adubação do Girassol. In: CASTRO, C.de. **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA – SOJA, 2005. cap. 13, p 317- 374.

CAZETTA, D. A. **Características agrônômicas e industriais em cultivares de trigo e triticales submetidos a adubação nitrogenada.**, 2006. 57 f. Dissertação (mestrado em agronomia produção vegetal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinária Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

CETESB. Aplicação de lodo de sistema de tratamento em áreas agrícolas; critério para projeto e operação: manual técnico. São Paulo, 1999. 32 p. (CETESB NORMA P 4230).

CHANG, A.C. et al. Effect of long-term sludge application on accumulation of trace elements by crops. In: PAGE, A.L.; LOGAN, T.G.; RYAN, J.A. **Land application of sludge**. Celsea: Lewis Publishers, 1987. p. 53-66.

CHANG,A.C.; HYUN, H.; PAGE, A.L. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sludge treated fields plots: Plateau or time bomb. **Journal of Environment Quality**, v.26, n.1, p.11-19, 1997.

CHIBA, M.K.; MATTIAZZO, M.E.; OLIVEIRA, F.C. Cultivo de cana-de-açúcar em argissolo tratado com lodo de esgoto. II – Fertilidade do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v..32, n. 2, p.653-662, 2008.

CHINO, M. et al. Behavior of zinc and copper in soil with long term application of sewage sludge. **Soil Science and Plant Nutricion**, Tokyo, v. 38, n.1, p. 159-167, 1992.

COELHO, A.M. et al. Nutrição e adubação de milho. In: CRUZ, J. C et al. Cultivo de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/feraduba.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2005.

COMISSÃO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO/ Santa Catarina. **Manual de recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras 1989. p.122. Coordenado por Alfredo Scheid Lopes, Paulo Tácito Gontijo Guimarães.

COMPANIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Limite e metais pesados em biossólido para uso agrícola proposta para recomendação federal e estadual**, Brasília, 1996. 22 p.

COMPANIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375/2006. Disponível em: 29 de setembro de 2006. [htb://www.mma.gov.br/post/conama/legiano/](http://www.mma.gov.br/post/conama/legiano/). Acesso em: 10 de outubro de 2006.

CUNNINCHAM, J. D.; KEENEY, D. R.; RYAN, J. A. Yeald and metal composition of crop and rye grown on sewage amended soil. *Journal Environmnt Quality*, Madilson, v. 4, p.448-454, 1975.

DALLA SANTA, O.R. et al. Azospirillum sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments Brazil. **Arch. Biol. Technol.**, v. 47, p. 843-850, 2004.

DA ROS, C.O. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milheto e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciencia Solo**, Campinas, v.17, n.2, p.257-261, 1993.

DA ROS, C.O.; AITA,C. Efeito de espécies de inverno na cobertura de solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n.1, p.135-140,1996.

DA ROSS, C.O. et al. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5. p.799-804, 2003.

DESCHAMPS, C. FAVORETTO, N. Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura do feijoeiro e do girassol. **Sanare**, Curitiba, PR, v.8, n.8, p.33-38, 1997.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL Micronutrientes. In: Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG. Editora Sociedade brasileira de ciência do solo, 2006. cap. 13, p 327- 354.

DEFELIPO, B.V. et al. Eficiência agrônômica do lodo de esgoto proveniente de uma siderurgia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 389-393, 1991.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p. (IAPAR. Documento 9).

DESHAMPS C., NERILDE, F. Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura de feijoeiro e do girassol. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba – PR, v.8, n.8, p. 33 – 38, dez. 1997.

DIAS, B. de O. **Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto**. 2005. 67 f. Dissertação (mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, 2005.

DIAZ-ZORITA, M. Fertilizacion Del girassol, Buenos Aires: INTA, 1995. 14p. (INTA. Publication técnica, 17).

DINIS, A. R. **Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) á aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdenio foliar**. Lavras UFLA, 1995 60 p. (dissertação de mestrado em fitotecnia)

DOWDY, R.H. et al. Trace metal movement in na aeríc Ochaqualf flowing 14 year of annual sludge applications. **Journal of Enviromental Quality**, Madison, v.20, n.1. p. 119-123, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Produtores rurais conhecem uso do lodo de esgoto na agricultura. Brasília: EMBRAPA/CERRADOS 2p. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA Serviço de produção de informação (Brasília – DF). Recomendações técnicas para o cultivo do feijão: zonas 61 e 83. Brasília, 1993. 93p.

EPA. Environmental Protection Agency. Health effects of land application of municipal sludge. Washington EPA, 1995. 78p.

FARINELLI, R. et al. M.G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.2, p. 307 - 312, 2006.

FLARESCO, J. A. ALMEIDA, E. X. Introdução e avaliação de forrageiras temperadas no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Sociedade brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p. 309-319, 1992.

FLECHA, A. M. T. **Possibilidade de manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, em sucessão a aveia preta, no sistema plantio direto**. 2000. 37 f. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

FONTOURA, J.U.C. Matéria seca, absorção e exportação de macro e micronutrientes pelo trigo, sob regime de sequeiro e irrigado em latossolo roxo. Campinas. Fundação Cargil, 1988. 83p.

FONTOURA, J.U.C. **Matéria seca, absorção e exportação pelos grãos, de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn pelo trigo, sob regime de sequeiro e irrigado em latossolo roxo**. 1996. 125 f.. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

FORNASIERI FILHO, D. Aspectos econômicos da cultura do trigo. In: manual da Cultura do trigo. Jaboticabal, SP. Editora FUNEP, 2008.A. cap. 1, p 1-22.

FORNASIERI FILHO, D. Práticas culturais em trigo. In: Manual da Cultura do trigo. Jaboticabal, SP. Editora FUNEP, 2008.B. cap. 7, p 167-303.

FORSBERG, R. A.; REEVES, D. L. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In: MARSHALL, M.G., SORRELS, M.E. Oat science and technology. Madison: crop science Society America Inc. publishers, 1992. p. 756-775.

FREITAS, J. G. **Doses de nitrogênio e comportamento de genótipos de trigo**. 1990. 136 f. tese (doutorado em fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

FRIZZONE, J.A. et al. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.6, p. 425-434, 1996.

FURLANI, A. M. C. et al. Wheat cultivar tolerance to boron deficiency and toxicity in nutrient solution. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v.60, n.2, p.359-370, 2003.

FURLANI, A.M.C. et al. Recomendação da comissão técnica do trigo para 2002. 3 ed. Campinas. Instituto Agrônomo, 2002. 92p. (Serie tecnologia APTA, Boletim técnico IAC, 167).

GADIOLI, J. L.; FORTES NETO, P. Rendimento de milho e feijão preto cultivado em solos acrescidos de lodo de esgoto. Sanaré. **Revista técnica da Sanepar**, Curitiba, PR, v.21, n. 21, p.53-58, 2004

GARGANTINI, H. et al. Absorção de Nutrientes pelo trigo **Revista bragantia**, Campinas, SP, v.32 n.16, p. 285 -307, 1973.

GASSER, J.K.R.; THORBURN, M.A.P. The growth, composition and nutrient uptake of spring wheat – Effects of fertilizer – N, irrigation and CCC on dry matter and N, P, K, Ca, Mg and Na. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 78: 393-404, 1972.

GIACOMINI, S. J. et al.. Consorciação de plantas de cobertura: II Decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa. In: FERTBIO, 25, Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Universidade federal de santa Maria, 2000. CD\_ROM

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A. Alterações químicas em argissolo tratado com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 18 n.3, p.185-194. 2005.

GOMEZ-ARNAU, J. El cultivo del girasol. Hojas divulgadoras, n.20, p.1-31, 1988.

GONÇALVES, L. C.; TOMICH, T.R. Utilização do girassol como silagem para alimentação bovina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13 ; SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1, 1999, Itumbiara, GO ANAIS Itumbiara, GO: EMBRAPA, 1999. p. 21-30.

GUARIENTI, E. Qualidade industrial do trigo. 2 ed. Passo Fundo. EMBRAPA – CNPT, 1996. 36p.

HALLIDAY, D. J. Aguide to the uptake of plant nutrients by farm crops. Bracknell, Jealott's Hill research Station, 1948. 34 p. (Bulletin 7).

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.9, p.1021-1030, set. 1985.

HORTENSTINE, C. C.; ROTHWELL, D. F. Use of municipal compost in reclamation of phosphate-mining sand tailings. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 1 n. 4 p. 415-418, 1972.

HUKKEI, S. B.; SHUKLA, N. P.; RAJPUT, R .K. Effect of levels of soil moisture and nitrogen on the fodder yield of oat on two types of soil. **Indian Journal of Agricultural Science**, v.47, n.4, p.204-209, 1977.

JANSSEN, B. H. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant Soil*, 181:39-45, 1996.

JENSEN, E. S. Nitrogen immobilization and mineralization during initial decomposition of  $^{15}\text{N}$  – labelled pea and barley residues. **Biology and Fertility of Soils**, v. 24, n. 1, p. 39-44, 1997.

JOSE, E. M. **Níveis de nitrogênio em cobertura no desenvolvimento vegetativo e na severidade de Pseudomonas syringaePv. Tabaci em feijoeiro IAC- carioca. Botucatu.** 2001. 53f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos . São Paulo. Editora agrônômica Ceres. 1985. 491p.

KRZYWY, E.; WOLOSZYK, C. Effect of increasing rates of nitrogen fertilizer on yield and chemical composition of oats. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie*, 35:151-158, 1984.

KUDEYAROV, V. N. The nitrogen and carbon balance in soil. *Europ. Soil Science*, v. 32, n.1, p. 73-82, 1999

LAMBAIS, M .R.; de SOUZA, A.G. Impacto de bio-sólido nas comunidades microbianas dos solos. SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDO NO MERCOSUL. 2, 1999, Campinas. Anais... Campinas/SP, 1999.

LAMOTHE, A.G. Fertilization com N y potencial de rendimento em trigo. In: KOHCI, M.M.; MARTINO, D.L. (Ed). Explorando altos rendimientos de trigo Montevideo: CIMMYT/INIA, 1998. p.207-246.

LANARV, Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais. Brasília: Ministério da Agricultura, 1988. 104p.

LANTAMANN, A. F. et al. Efeito residual da adubação aplicada na soja na produção do girassol. In: EMBRAPA. Resultados de pesquisa de girassol, 1985. 59p. (EMBRAPA-CNPSO. Documento 16).

LEITE, R. M. V. B. C. Doenças do girassol. Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 1997. 61p. (EMBRAPA –CNPSO. Curricular Técnica, 19).

LESLIE, R. Liquid sludges as a farm fertilizer. **Compost Science**, New York, v.11, n.1, p.24-25, 1970

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **Journal Soil Sc. Plant Nutricion**, Valdivia, v.7, n. 3, p. 16-25, 2007.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H. Sewage sludge on the development and nutricion of sunflower plants. **Journal Soil Sc. Plant Nutricion**, Valdivia, v.9, n. 3, p. 245-255, 2009.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; SA, R.O.; BARBOSA L. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do girassol avaliando os parâmetros de produtividade e qualidade de óleo. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODISEL, 2006 Lavras: UFLA, 2006

LOZANOVIC, M.; SATANOJEVIC, D. Effect of increasing nitrogen doses on important sunflower quantitative, biological, and morphologic traits of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988.V.1, P.274-275.

LUZ, P. H. de C. et al. Resposta da aveia preta (*Avena Strigosa Schreb*) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientific Agrônômica**. Maringá – PR, v.30,n.3, p. 421-426, 2008.

MALAVOLTA, E., VITTI G. C., OLIVEIRA S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. 2ª edição. Piracicaba – SP. Editora Potafos, 1997. 319p.

MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1993. 31p.

MARQUES, M. O. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade de cana de açúcar**. 1990. 164 f. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

MARQUES, M. O. **Incorporação de resíduo orgânico em solos cultivado com cana de açúcar**. 1996. 111f. Tese (livre docência) Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MASSEY, H. J. Effect of nitrogen rates and plant spacing on sunflower seed yields and other characteristics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 1, p.137-138, 1971.

MATOS, A. T. et al. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em latossolo vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n. 3, p.379-386, 1996.

MATTIAZO – PREZOTTO, E. ; GLORIA, N.A. Uso de resíduo na agricultura. Apostila da ESALQ. 2000.

MAYS, D. A.; TERMAN, G. L., DUGGAN, J. C. Municipal compost. Effects on crop field and soil properties. **Journal Environment Quality**. v.2, n.1, p.89-92, 1973.

McNEAL, F. H.; BERG, M. A.; WATSON, C. A. Nitrogen and dry matter in five spring wheat varieties at successive stages of development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 605-608, 1966.

MEIRA, F.A. et al. O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40. n.4, p.383-388, 2005.

MELO, W. J; MARQUES, M. O. Há perspectiva de uso nobre do esgoto. Jaboticabal Notícias, 11, p.6, 1992.

MELO, M. R. et al. Avaliação de triticale adubado com diferentes doses de nitrogênio. Agencia paulista de Tecnologia dos agronegocios. Artigo 393. 2006.

MELO, W. J; MARQUES, M.O. Há perspectiva de uso nobre do esgoto. Jaboticabal Notícias, 11, p.6, 1992.

MELO, W.J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL ,W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 2000. P. 109-141.

MELO, W. J et al. Efeito de doses crescentes de resíduo orgânico sobre frações de matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v.18, n. 3, p.449-455, 1994.

MENEGHIN, M. F. S. **Calibração de nitrogênio para o trigo em solo do distrito federal**. 2006. 79f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 2006.

MENEGHIN, M. F. S et al. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do distrito federal. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, v.32, n. 5, p.1941-1948, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 3 ed. Bern: International Potash Institute, 1982. p. 237-297.

MILLET, E.; FELDMAN, M. Yeld response of common spring wheat cultivar to inoculation with *Azospirillum brasilense* at various level of nitrogen fertilization. **Plant and Soil**, Netherland, v.80, n. 2, p.255-259. 1984

MUNDSTOCCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Dinamica do afilhamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influencia na produção de espiga e grãos de trigo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 141-149, 2002.

MUNHOZ, R. O. **Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto**. 2001. 74f. Dissertação (mestrado) Instituto Agronomico de Campinas, Campinas, 2001.

NAKAYAMA, L. H. I.; FABRICIO, A. D.; SANTOS, R. F. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO NORTE

BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 9, 1983, Brasília. Anais... Dourados. Embrapa-UEPAE Dourados, 1983. p.170-174.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de resíduos orgânico e composto de lixo urbano num latossolo vermelho amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247 f. tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, F. C. et al. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.505-519, abr/jun. 2002.

OLIVEIRA, F. C.; MARQUES M. O.; BELLINGIERI, P. A. Efeito da aplicação de lodo de esgoto em latossolo vermelho escuro textura média e em sorgo granífero In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO ( 24 .: 1993; Goiânia) Anais... Goiânia: SBCS, 1993. 249-250

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo Amarelo distrofico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana de açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 58, n.4, p. 807-812, 2001.

OLIVEIRA, I. P. de; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S. et al. (eds). Cultura do feijão comum no Brasil. Piracicaba, Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, p. 169-221, 1996.

OLSON, R.A.; KURTTZ, L.T. Crop nitrogen requirements, utilization, and fertilization. In: STEVENSON, F.J., ed. Nitrogen in agricultural soils. Madison, Soil Science of American, 1982 p.567-604.

ORDONEZ A.A. El cultivo del girasol, 1990, Ediciones Mundi – Prensas – Madrid. p 29 – 69

PARKER, C. F.; SOMMERS, L. E. Mineralization of nitrogen in sewage sludges. **Journal of Environmental Quality**, Madilson, v.12, n.1, p.150-156, 1983.

PARNAS, H. Model for decomposition of organic material by microorganisms. **Soil Biology Biochem**, v.7; p.161-169, 1975

PEGORINI, E. S. et al. Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – PR. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE BIODIVERSIDADE, 1., São Paulo, 2003. Anais. São Paulo, jun., 2003. 11p.

PIASKOWSKI, S. R. et al. Adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro em plantio direto na palha. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 1, n. 1-2, p. 75-82, 2000.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: ed. Do Autor, 2000. 477p.

PÖTTKER, D.; FABRICIO, A. C.; NAKAYAMA, L. H. I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para duas cultivares do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.19,n.10, p.1197-1201, out. 1984.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de residuo de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogenio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, DF, v. 29, n. 5, p.763-770, 1994.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n. especial, p. 501-507, maio 1998.

PRESTES, R. A. et al. A rapid and atomated low resolution NMR method to analyze oil quality in infact oilseeds, *Analítica Chimica Acta*, 596, 325-329. 2007.

QUAGGIO, J. A.; UNGARO, M. R. G. Girassol In: RAIJ, B.van. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1997, 198p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. VAN. A capacidade de troca de cation das frações orgânicas e minerais do solo. *Bragantia*, Campinas, v.28, n. 8, p. 85-112, 1969.

RAIJ B. VAN et al. - *Análise Química para fertilidade de solos tropicais* 1ª Edição, INSTITUTO AGRONOMOICO – FUNDAÇÃO IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B.VAN et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1997, 198p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAMOS, M. Caracterização da curva de resposta do trigo à aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.16, n.5, p. 611-615, set/out. 1981.

RANGEL, O. J. P. **Disponibilidade de Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolo cultivado com milho após a aplicação de lodo de esgoto**. 2003. 88f.. *Disertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.*

RAWAJ FILHO, Z.; GHARAIBEH, S. High rates of domestic sewage sludge on calcareous soil and their effect on wheat growth using a pot experiment. *Z. Pflanzenerähr. Bodenk*, Weinheim, v.153, p.297-300, 1990.

REYNDERS, L.; VLASSAK, K. Use of azospirillum brazilense as biofertilizer in intensive wheat cropping. **Plant and Soil**, v. 66, n. 2, p.217-273, 1982.

RIVERO,C. et al. Influence of composto n soil organic matter quality under tropical conditiolns, **Geoderma**, Amisterdan, v.123, p.355-361, 2004.

ROBINS, J. S.; DOMINGOS, C.E. Moisture and nitrogen effects on irrigated spring wheat. **Agronomy journal**, Madison, v.54, p.135-138, 1962.

ROCHA, T. R. **Utilização do lodo de esgoto na agricultura: um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba**, 1998. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, 1998.

RODRIGUES, J. R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**, 2001. 124 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras. 2001.

RODRIGUES, O. et al. de C. Azoto Translocação em trigo infectado com azospirillum e adubado com nitrogênio **Pesquisa Agropecuria brasileira**, Brasília, DF, v.35 n.7, p.1473-1481, 2000.

ROSOLEM, C.A.. Nutrição e adubação do feijoeiro Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 93 p. (Boletim técnico 8)

SABEY, B. R.; AGBIN, N. N.; MARKSTRON, D. C. Land application of sewage sludge. **Journal Environmental of Quality**, Madison, v.6, n. 1, p.52-58, 1977

SABEY, B. R. The use of sewage as a fertilizer. In: BEWICK, M.W. Handbook of organic waste conversion, van Nostrand Reinhold, 1980. p.72-107.

SALA, V.M.R. et al. Condições de interação de novas bactérias diazotólicas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 3, p.1099-1106, 2008.

SAMENI, A.M. et al. Effect of fertilizer-N and herbicides on the growth and N content of sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p.285-288, 1976.

SANTI, A. **Adubação nitrogenada na aveia preta (Avena strigosa, Shieb): decomposição da fitomassa, liberação de nitrogênio e rendimento de milho em sucessão**. Santa Maria, universidade federal de santa Maria, 2001. 78 p. (dissertação)

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A. Estratégia de adubação nitrogenada na aveia visando aporte de matéria seca e transferência de N ao milho no sistema de plantio direto. 1998.

SANTOS, A.C. dos; LIMA, J.R. de S., CAVALCANTE, V.R. Avaliação do rendimento do girassol em função da variabilidade espacial e temporal com a utilização de adubação nitrogenada e cultivares. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13; SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1, 1999 P. 111-114.

SARI, Y et al. Light 691 t 692 and electrón microscopio immunocytoquematical visualization of 5-ht1B receptors in the rat 693 brain. *Bain res.*, v. 760, n. 281, p. 281-286, 1997.

SAWHNEY, B.L.; BUGBEE, G.T.; STILWELL, D.E. Leachability of heavy metals from growth media containing source-separated municipal solid waste compost. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 23, n. 4, p. 718-722, 1994.

SCALCO, M.S. **Características agrônômicas e de qualidade industrial do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 143p. (tese de doutorado).

SCHEEREN, P.L.; MIRANDA, M.Z. de. Trigo brasileiro tem nova classificação: novos critérios adotados a partir da safra de 1999. Embrapa Trigo, comunicado técnico, nº 18, dez. 1999.

SHIROTA, R.; ROCHA, M.T. **Análise de mercado potencial agrícola do lodo de esgoto biológico resultante do tratamento de esgoto urbano na região de Limeira, SP**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 85 p. Relatório apresentado à empresa Águas de Limeira S/A.

SCHMIDT, F. M.; OSAKI, F. Parametros fitotecnicos da cultura do trigo (*triticum aestivum* L.) com adubação nitrogenada em cobertura, em Colombo – PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, PR, v. 5, n. 1, p. 63-69, 2007.

SCHORODER, J.J. et al. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maizer production: reviewing the state of art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 151-164, 2000.

SCHUCH, L. A. B.; MUNDSTOCK, C. M. Resposta do girassol a dose e ao parcelamento da aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 381-187, mar. 1994.

SFREDO, G. J.; CAMPOS, R. J.; SARUGE, J. R. Girassol: nutrição mineral e adubação. Londrina: EMBRAPA, CNPS, 1984. 36p. (CIRCULAR Técnica, 8).

SILVA, D. B. da; Efeito do boro e nitrogênio no rendimento do trigo irrigado e no teor de nutrientes na planta na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1387-1392, 1991.

SILVA, D.B. da et al. **Trigo para abastecimento familiar: do plantio a mesa**. Brasília, DF: Embrapa, SPI; Planaltina: Embrapa, CPAC, 1996. 176 p.

SILVA E. P.; MOTA, S.; AQUINO, B. F. Potencial do lodo de esgoto de indústria têxtil como fertilizante agrícola. v. 8, n. 1 – jan/mar 2003 e nº 2 – abr/jun 2003 p. 69-76.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solos adubado com o lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBCS; UFV, 1995. p. 2279-2287.

SILVA, F. C. et al. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 1-8, 1998.

SILVA, F. C. et al. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 5, p. 831-840, maio 2001.

SILVA, F. C. et al. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 1-8, jan. 1998.

SILVA, F. C. **Uso agrônomo de resíduo orgânico: efeitos em fertilidade do solo e qualidade de cana-de-açúcar**. Piracicaba, “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, 1995. 170p. (tese de doutorado).

SILVA, J. E.; RESK, D. V. S. SHARMA, R. D. Alternativa agrônomo para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETIOL, W; CAMARGO, O. A. (Eds.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 143-152.

SILVA, S.A.da et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema de plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. especial, p. 2717-2722, 2008.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, 1993.

SIMONETE, M. A. **Alterações nas propriedades químicas de um argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho**. 2001. 89p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38 n. 10, out. 2003

SIMON, J. Winter and spring wheat production on light soils with different water regimes, nitrogen fertilizer application and soil treatment. **Stilina Vyroba**, Prague, v. 40, n. 1, p. 1-11, 1994.

SINGH, K. P.; KUMAR, V. Water use and water-use efficiency of wheat and barley in relation to seeding dates, level of irrigation and nitrogen fertilization. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 3, p. 305-316, 1981.

SISTEMA para análise estatística – Viçosa: UFV, Fundação Arthur Bernardes, 1993.

SLOAN, J. J.; BASTA, N. T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, n. 6, p.1097-1103, 1995.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e época de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja-2001**: girassol e trigo. Londrina: EMBRAPA Soja, 2002. p. 33-39 (Documentos, 218).

SOARES, E. M. B. **Impactos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto sobre os compartimentos de carbono orgânico em latossolo cultivado com milho**. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

SOBRAL, L.F. et al. Nitrogênio e fósforo na produção do girassol em um cambissolo do estado de Sergipe. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6, 2009. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, 2009. p. 145-148.

SOMMERS, L. E. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizer. **Journal Environment Quality**, Madilson, v. 6, p. 225-231, 1977.

SOUTO, L. S. **Resposta da cultura da mamona à fertilização com lodo de esgoto**. 2007. 75 p. Tese (Doutorado em Agricultura) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP, 2007.

STEER, B. T.; HOCKING, P. J. The optimum tuning of nitrogen application to irrigated sunflower In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar Del Plata. **Proceeding ...** Mar del Plata; Asociacion Argentina de Girasol, 1985. p.221-226.

STEWART, W. M. Fertilizar for better bread. **Better Crops**, Georgia, v. 87, n. 2, p. 15-17, 2003.

TAYLOR, R. W. et al. Tractionation of residual cadmium, copper, nickel, lead and zinc in previously sludge-amended soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 26, n. 13/14, p. 2193-2204, 1995.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA, I. R. et al. Efeitos de doses de nitrogênio e densidade de semeadura sobre os teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro cv “Perola”. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Larvas, **Resumos...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998, p.90.

TEIXEIRA, K. R. G. et al. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 5, p. 1071-1076, 2006.

TRANNIN, I. C. de B. **Avaliação agrônômica de um biossólido industrial e de seus efeitos sobre atributos do solo**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

TRINDADE, A. V. Lodo de esgoto: resíduo o recurso? 3. Ed., Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007

TRINDADE, M. G. et al. Nitrogênio e água como fatores de produtividade de trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2006.

YANAI, J. et al. Effects of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil solution composition in the root zone of maize. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 180, n. 1, p. 1-9, 1996.

UNIVERSITY STATES EPA. Standards for the use and disposal of sewage sludge. Washington, Dc, 1996. (Code of federal regulations 40 CFR, part 503).

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de Eucaliptus grndis: Efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 747-758. Jul./set. 2002.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. **Efeito do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica do N<sub>2</sub> em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004 (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 19).

WALSH, L. Land application of sludge an overview. In: HEATING ON AGRICULTURAL PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL QUALITY, 1, 1979, Columbus. **Proceeding...** Columbus: University of Ohio, Agriculture Committee, 1979. p. 1-13.

WEBBER, M. D.; KLOKE, A.; JELL, J. C. A review of current sludge use guidelines for control of heavy metal contamination in soils. In: L'HERMITE, P.; OTT, H. (Eds.) **Processing and use of sewage sludge**. 3rd ed. Dordrecht: Reidel, 1984. p. 371-386.

WELCH, J. E.; LUND, L. J. Zinc movement in sewage sludge-treated soil as influenced by soil properties, irrigation water quality, and soil moisture level, **Soil Science**, New Brunswick, v. 147, n. 3, p. 208-214, 1989.

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para o trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WILLIAMS, D. E. et al. Metal movement in sludge-amended soils: a nine year study. **Soil Science**, New Brunswick, v. 143, n. 2, p. 124-131, 1987.

WISNIEWSKI, C. et al. Uso do lodo de esgoto da ETE – Belém na recuperação de áreas degradadas por mineração de calcário. **SANARE**, Curitiba, v.5, p. 76-85, 1996.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpe nativa de rizóbio, em solos tratados com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 10, p. 1047-1050, 2005.

ZAGONEL, J.; MUNDSTOCK, C. M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1487-1492, 1991.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciencia Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZAMBRE, M. A.; KONDE, B. K.; SONAR, K. R. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasiliense* inoculation under graded level of nitrogen on growth and yield of wheat. **Plant and Soil**, Boston, v. 79, n. 1, p. 61-67, 1984.