



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE



**BIOFERTIRRIGAÇÃO DA CULTURA FORRAGEIRA *Brachiaria brizantha* cv.
MARANDU COM UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE FRIGORÍFICO DE ABATE DE BOVINOS NO BIOMA
CERRADO**

JOAQUIM JOSÉ DE CARVALHO

**PALMAS - TO
AGOSTO/2018**

JOAQUIM JOSÉ DE CARVALHO

**BIOFERTIRRIGAÇÃO DA CULTURA FORRAGEIRA *Brachiaria brizantha* cv.
MARANDU COM UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE FRIGORÍFICO DE ABATE DE BOVINOS NO BIOMA
CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade da Rede Bionorte, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ EXPEDITO C.
DA SILVA

**PALMAS - TO
AGOSTO/2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- C331b Carvalho, Joaquim José de.
Biofertilização da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com utilização de diferentes composições de água residuária de frigorífico de abate de bovinos no bioma Cerrado. / Joaquim José de Carvalho. – Palmas, TO, 2018.
120 f.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Biodiversidade e Biotecnologia, 2018.
Orientador: José Expedito Cavalcante da Silva
1. Biofertilização. 2. Efluente de indústria frigorífica. 3. Impactos ambientais. 4. Indicadores de qualidade do solo. I. Título

CDD 660.6

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JOAQUIM JOSÉ DE CARVALHO

**BIOFERTIRRIGAÇÃO DA CULTURA FORRAGEIRA *Brachiaria brizantha* cv.
MARANDU COM UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE FRIGORÍFICO DE ABATE DE BOVINOS NO BIOMA
CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

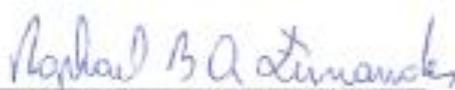
APROVADA: 03 de Agosto de 2018



Dr. Emerson Adriano Guarda
UFT - Bionorte



Dr. Fernan Enrique Vergara Fiqueroa
UFT



Dr. Raphael Bragança Alves Fernandes
UFV



Dr. Antonio Clementino dos Santos
UFT



Dr. José Expedito C. da Silva
UFT - Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais: Manoel Antonio de Carvalho (*in memorian*) e Silvéria Maria dos Santos (*in memorian*) pelo apoio incondicional, e fonte de inspiração para a minha vida, eterna gratidão.

A toda minha família, em especial a minha irmã Aninha, que tanto amor nos dedica. A minha esposa Jacqueline, que contribuiu em todos os momentos deste trabalho, e aos meus filhos Manoel Henrique e Pedro Henrique pelo apoio e carinho sempre.

Ao meu orientador José Expedito pela competência e ensinamentos que muito contribuíram para a conclusão desse trabalho.

A todos da Rede Bionorte, que possibilitaram a realização desse Doutorado.

Agradecer ao Reitor do CEULP/ULBRA, Adriano Chiarini, pela cessão da área experimental e disponibilização dos laboratórios, facilitando muito o nosso trabalho.

Ao Instituto Federal do Estado do Tocantins – IFTO, pelo apoio na realização da pesquisa.

A empresa Plena Alimentos Ltda, bem como ao SINDICARNES-TO pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores e colegas do Doutorado que, de uma maneira ou outra, contribuíram para a concretização desta tese. Alguns acabaram se tornando grandes amigos em especial: José Geraldo e Claudia.

Aos acadêmicos, futuros engenheiros de minas, Saulo e Walter pelo apoio e participação na execução do experimento.

A José Maria, do Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) que muito nos auxiliou para a realização desse Doutorado.

A banca: Professores Dr Emerson, Dr Fernan, Dr Antonio Clementino e Dr Raphael Fernandes pelas contribuições visando melhorar a qualidade dessa tese, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Comportamento da disponibilidade e demanda da água	3
2.1.1 Atividade pecuária bovina e comportamento do uso da água no abate de bovinos	4
2.2 Alimentos e alimentação utilizada na pecuária bovina de corte	5
2.3 Reuso da água como estratégia na sustentabilidade da cadeia produtiva da carne bovina	6
2.3.1 Composição da água residuária de frigoríficos de abate de bovinos	7
2.4 Formação da pastagem para alimentação de bovinos no bioma Cerrado	9
2.4.1 Recurso natural: solo. Manejo adequado do solo	9
2.4.1.1 Indicadores físico, químico e biológico do solo	10
2.4.2 Indicadores químico-bromatológicos da pastagem	12
2.4.3 Parâmetros climáticos	13
3. OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo geral	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1 Localização e caracterização da área experimental	16
4.2 Condução do experimento em campo	17
4.2.1 Preparo do inicial do solo na área experimental	20
4.2.2 Operação de correção da acidez do solo	20
4.2.3 Divisão da área experimental em blocos e parcelas	22
4.2.4 Estimativa da capacidade total de água no solo	23
4.2.5 Estimativa da demanda hídrica da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	24
4.2.6 Manejo da biofertilização da cultura forrageira	24
4.2.6.1 Estimativa da demanda nutricional da cultura forrageira	24

4.2.6.2 Estimativa da demanda d'água da cultura forrageira	25
4.2.7 Operação de plantio da cultura forrageira	26
4.2.8 Caracterização do manejo da biofertilização no experimento de campo	27
4.3 Caracterização da biomassa foliar da forrageira utilizada no experimento	32
4.4 Análise da microbiota do solo antes e depois do manejo da biofertilização	33
4.4.1 Mensuração, por estimativa, de microrganismos viáveis no solo	33
4.4.2 Caracterização da diversidade microbiana do solo por perfil de DGGE	34
4.4.3 Perfil de DGGE da comunidade de bactéria, fixadora de nitrogênio, do solo ...	35
4.4.4 Perfil de DGGE da comunidade de fungos micorrízicos arbuscular no solo	36
4.5 Análise estatística dos dados dos indicadores de qualidade do solo e da biomassa foliar	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Parâmetros mensurados antes da operação de preparo do solo na área experimental	39
5.1.1 Composição dos materiais residuais do frigorífico de abate de bovinos	39
5.1.2 Análise do solo antes do preparo para o plantio	40
5.1.2.1 Caracterização dos indicadores físico-químico do solo	40
5.1.2.2 Análise da diversidade microbiana do solo	45
5.1.2.2.1 Contagem de microrganismos viáveis	45
5.1.2.2.2 Caracterização da diversidade microbiana no solo por perfil de DGGE	48
5.2 Parâmetros mensurados após plantio da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e do manejo da biofertilização	51
5.2.1 Análise dos indicadores de qualidade do solo	51
5.2.1.1 Caracterização dos indicadores físico-químico do solo	51
5.2.1.1.1 Caracterização do indicador físico resistência do solo	62
5.2.1.1.2 Análise da diversidade microbiana do solo após o manejo da biofertilização	67
5.2.1.1.2.1 Contagem de microrganismos viáveis	67
5.2.1.1.2.2 Caracterização da diversidade microbiana no solo por perfil de DGGE	69
5.2.2 Caracterização da biomassa foliar da forrageira	73
5.2.2.1 Análise bromatológica da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu	86
5.2.3 Comportamento da demanda hídrica da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu em Palmas – TO.....	99
5.2.3.1 Estimativa do balanço hídrico climatológico para a capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.....	99
5.2.3.2 Manejo da água aplicada na capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu..	101
6. CONCLUSÕES	104
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
8. ANEXOS.....	114

8.1 Tabelas adicionais.....	114
8.2 Publicações.....	119
8.2.1 Artigo 1.....	119
8.2.2 Artigo 2.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do experimento no campus universitário do CEULP/ULBRA.	16
Figura 2. Coleta de amostras simples de solo com uso do trado holandês.	17
Figura 3. Planta planimétrica da área experimental, com a disposição dos pontos de coleta de solo realizados antes da instalação dos blocos.	18
Figura 4. Mensuração da resistência do solo com o equipamento – Falker – PLG 1020.	19
Figura 5. Operação de aração e gradagem tracionado por trator.	20
Figura 6. Distribuição do corretivo da acidez no solo, e ferramenta rastelo utilizado na incorporação corretivo e nivelamento da superfície do solo.	22
Figura 7. Perspectiva da parcela experimental instalada em campo.	22
Figura 8a. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, nas profundidades de: 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, antes do preparo para o plantio da cultura <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.	42
Figura 8b. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, nas profundidades de: 20 a 30 cm e 90 a 100 cm, antes do preparo para o plantio da cultura <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.	43
Figura 9. Comportamento dos indicadores químicos, pH, H + Al (cmolc/dm ³) e saturação de bases (%) no perfil do solo.	45
Figura 10. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo antes do plantio do capim <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu e utilização da biofertilização com efluente do abate de bovino.	48
Figura 11. Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene nif H obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas antes da aplicação dos manejos de biofertilização com água residuária do abate de bovino. A ₁ P ₁ – ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm), A ₁ P ₂ – ponto de coleta 1 e profundidade 2 (10-20 cm), A ₁ P ₃ – ponto de coleta 1 e profundidade 3 (20-30 cm), A ₂ – ponto de coleta 2, A ₃ – ponto de coleta 3 e, A ₄ – ponto de coleta 4 e assim até A8.	49
Figura 12. Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene 18S rDNA obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas antes da aplicação dos manejos de biofertilização com água residuária do abate de bovino. A ₁ P ₁ – ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm), A ₁ P ₂ – ponto de coleta 1 e profundidade 2 (10-20 cm), A ₁ P ₃ – ponto de coleta 1 e profundidade 3 (20-30 cm), A ₂ – ponto de coleta 2, A ₃ – ponto de coleta 3 e, A ₄ – ponto de coleta 4 e assim até A8.	50
Figura 13. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, após o manejo da biofertilização da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	57
Figura 14. Comportamento do indicador físico do solo: pH, antes e após o manejo da biofertilização da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	58
Figura 15. Comportamento do indicador químico: Saturação de Bases, %, antes e após o manejo da biofertilização da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	58

- Figura 16.** Comportamento do indicador químico do solo: Matéria Orgânica (g/dm³), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 59
- Figura 17.** Comportamento do indicador químico do solo: Potássio (mg/dm³), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 59
- Figura 18.** Comportamento do indicador químico do solo: Fósforo (mg/dm³), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 60
- Figura 19.** Comportamento do indicador químico do solo: Sódio (mg/dm³), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 60
- Figura 20.** Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M1 e M2. 62
- Figura 21.** Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M3 e M4. 62
- Figura 22.** Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M5 e M6. 63
- Figura 23.** Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M7 e M8. 63
- Figura 24.** Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M9 e M10. 63
- Figura 25.** Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo da 3^a lagoa de estabilização. 65
- Figura 26.** Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo da caixa de recepção (sem tratamento). 66
- Figura 27.** Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo do esterco prensado. 66
- Figura 28.** Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene nif H obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas após a aplicação dos biomanejos (M1 a M10) de biofertilização com água residuária do abate de bovino. M1P1 – biomanejo 1 e profundidade 1. Veja a descrição dos biomanejos no Quadro 2. 70
- Figura 29.** Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene 18S rDNA obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas após a aplicação dos biomanejos (M1 a M10) de biofertilização com água residuária do abate de bovino. 71
- Figura 30.** Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 1^o corte – realizado aos 160 dias do plantio. 73
- Figura 31a.** Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 1^o corte, ocorrida há 160 dias após a operação de semeadura. 75
- Figura 31b.** Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 1^o corte, ocorrida há 160 dias após a operação de semeadura. 76
- Figura 32.** Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 2^o corte – realizado aos 209 dias do plantio. 77
- Figura 33a.** Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 2^o corte, ocorrida há 209 dias após a operação de semeadura. 79

- Figura 33b.** Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 2º corte, ocorrida há 209 dias após a operação de semeadura. 80
- Figura 34.** Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 3º corte – realizado aos 280 dias do plantio. 81
- Figura 35a.** Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 3º corte, ocorrida há 280 dias após a operação de semeadura. 83
- Figura 35b.** Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 3º corte, ocorrida há 280 dias após a operação de semeadura. 84
- Figura 36.** Balanço hídrico climatológico para Palmas – TO, com CTA de 51,6 mm, pelo método Thornthwaite & Mather. 100
- Figura 37.** Comportamento da disponibilidade hídrica estimada para a cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Palmas – TO. 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Indicadores físico-químicos dos materiais residuais, da linha verde do Frigorífico, utilizados no experimento.	29
Tabela 2. Quantitativo dos insumos, corretivo e biofertilizantes, aplicados em cada parcela para suprir a demanda da cultura forrageira.	31
Tabela 3. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo na área experimental, CEULP/ULBRA, antes do preparo para o plantio da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	41
Tabela 4. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo antes do plantio do capim <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu e utilização da biofertilirrigação com efluente do abate de bovino.	47
Tabela 5. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, após o manejo da biofertilirrigação (M1) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	51
Tabela 6. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M2) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	52
Tabela 7. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M3) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	52
Tabela 8. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M4) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	53
Tabela 9. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M5) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	53
Tabela 10. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M6) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	54
Tabela 11. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M7) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	54
Tabela 12. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M8) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	55
Tabela 13. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M9) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	55
Tabela 14. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilirrigação (M10) da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	56
Tabela 15. Capacidade de penetração das raízes da cultura <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu versus manejo da biofertilirrigação.	64
Tabela 16. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo após o plantio do capim <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu e utilização da biofertilirrigação com efluente do abate de bovino.	68
Tabela 17. Biomassa foliar da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu versus manejo da biofertilirrigação, mensurada no 1º corte – realizado aos 160 dias do plantio.	73
Tabela 18. Biomassa foliar da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu versus	77

manejo da biofertilização, mensurada no 2 ^o corte – realizado aos 209 dias do plantio.	
Tabela 19. Biomassa foliar da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu versus manejo da biofertilização, mensurada no 3 ^o corte – realizado aos 280 dias do plantio.	81
Tabela 20. Modelos matemáticos multivariados da produtividade de massa seca (MS), kg/ha, versus nitrogênio comercial (N _{com}), kg/ha, e nitrogênio resíduo (N _{bio}), kg/ha.	85
Tabela 21. Comportamento dos indicadores químico-bromatológicos versus manejo da biofertilização na capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em diferentes épocas de corte.	87
Tabela 22. Balanço hídrico climatológico para Palmas – TO, com CTA de 51,6 mm, pelo método Thornthwaite & Mather.	99
Tabela 23. Parâmetros mensurados durante o manejo da biofertilização da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em Palmas – TO, 22/06/2015 a 27/03/2016.	102
Tabela A1. Indicadores físico-químicos das amostras simples de solo coletadas na área de instalação dos blocos experimentais, B1 e B2, antes do preparo para o plantio da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	114
Tabela A2. Indicadores físico-químicos das amostras simples de solo coletadas na área de instalação dos blocos experimentais, B3 e B4, antes do preparo para o plantio da capineira <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.	115
Tabela A3. Balanço hídrico da cultura forrageira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em Palmas – TO, de 22/06/2015 a 27/03/2016, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955)	116

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Indicadores máximo permitido para lançamentos das águas residuárias, Brasil (2011). 8
- Quadro 2.** Sistema de manejo da biofertilização testado em campo na cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 28

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANOVA - Análise de variância
- A₁P₁ – Ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm)
- A₂P₂ – Ponto de coleta 2 e profundidade 2 (10-20 cm)
- A₃P₃ – Ponto de coleta 3 e profundidade 3 (20-30 cm)
- A₄P₄ – Ponto de coleta 4 e profundidade 4 (90-100 cm).
- BFN- Bactéria fixadora de nitrogênio
- B₁M₁ – Bloco experimental 1 e Sistema de manejo da biofertilização 1
- CAD – Capacidade de água disponível no solo
- CE - Condutividade elétrica
- Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CEULP/ULBRA - Centro Universitário Luterano de Palmas
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CRA - Capacidade real d'água do solo
- CTA - Capacidade total de água no solo
- CTC - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0
- CV – Coeficiente de variância
- DBO - Demanda bioquímica de oxigênio
- DGGE - Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante
- DIVMS – Valor de digestibilidade in vitro da massa seca
- DNA – Ácido desoxirribonucleico
- DQO - Demanda química de oxigênio
- DTA - Disponibilidade total de água do solo
- EE - Extrato etéreo
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ET_m – Evapotranspiração máxima da cultura
- ETP – Evapotranspiração potencial
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
- FB - Fibra bruta
- FBN – Fixação biológica de nitrogênio
- FDA - Fibra detergente ácida
- FDN - Fibra detergente neutra
- FMA- Fungo micorrízico arbuscular
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IFTO – Instituto Federal de Ensino, Ciências e Tecnologia do Estado do Tocantins
- MAS - Matéria seca ao ar
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MO – Matéria Orgânica

MSE - Matéria seca em estufa
MV – Massa verde
NC – Nível crítico
NDT - Nutriente Digestível Total
NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio
NMP - Número mais provável
p – nível de significância
PB - Proteína bruta
PCR- Reação da polimerase em cadeia
PIB – Produto Interno Bruto
PN - Poder neutralizante
PRNT – Poder real de neutralização total
RNA – Ácido ribonucleico
RP – Resistência do solo à penetração das raízes
Sat. Al - Saturação de Alumínio
Sat.base - Saturação de base
TGGE - Eletroforese em gel com gradiente de temperatura
UFT – Universidade Federal do Estado do Tocantins
Unesco - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UPGMA – Método de distância por média aritmética não ponderada

RESUMO

CARVALHO, Joaquim José de. Biofertilização da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com utilização de diferentes composições de água residuária de frigorífico de abate de bovinos no bioma Cerrado. 2018. 120 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade da Rede Bionorte) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

As mudanças no clima, possivelmente, têm causado impactos nos ciclos hidrológicos com redução na disponibilidade hídrica para as atividades antrópicas, fazendo-se necessário o desenvolvimento de estudos que contribuam para reduzir a pressão da demanda sobre este recurso natural. A cadeia produtiva da carne bovina, que está entre as que requerem o uso de muita água é, ao mesmo tempo, uma das que mais provocam poluição ambiental, principalmente, pela descarga de efluentes de indústrias frigoríficas de abate de animais, nos corpos hídricos. Na busca por mitigar estes impactos ambientais, e tornar a pecuária bovina de corte no bioma Cerrado menos predatória ao meio, se propôs neste estudo avaliar a utilização de composições desse tipo de efluente no sistema de plantio da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solo Latossolo vermelho-amarelo, por ser este de grande ocorrência neste bioma. No desenvolvimento deste trabalho, foram coletadas amostras simples de solo, antes do preparo do solo e depois do manejo da biofertilização na área experimental, com intuito de avaliar o comportamento dos indicadores de qualidade do solo, bem como, o impacto deste manejo na biomassa foliar da cultura. Constatou-se que neste ambiente, estas composições residuárias, até certos limites, apresentam uma correlação positiva com a produtividade da massa seca (MS) desta cultura, proporcionada, especialmente, pelos papéis ecológicos desenvolvidos pela microbiota do solo. Portanto, verificou-se que essa biomassa se expandiu, de forma, diretamente proporcional ao incremento do uso de composições residuárias no sistema de manejo da biofertilização, especialmente, pelo aumento significativo ($p < 0,05$) dos organismos viáveis de bactérias até a profundidade de 20 cm.

Palavras-chave: biofertilização, efluente de indústria frigorífica, impactos ambientais, indicadores de qualidade do solo, manejo da biofertilização.

ABSTRACT

CARVALHO, Joaquim José de. Biofertilization of the forage culture *Brachiaria brizantha* cv. Marandu with the use of different residual water compositions from the slaughtering of bovine on the Cerrado bioma. 2018. 120 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade da Rede Bionorte) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

The climate changes may have possibly caused impacts on the hydrological cycles, reducing the hydric availability for the anthropic activities, thus making it necessary the development of studies which may contribute to minimize the pressure of the demand over that natural resource. The productive chain of beef that is among the ones that requires the use of a lot of water is, at the same time, among the ones that pollute most, mainly, due to the disposal of effluents from then slaughtering industry, on the hydrous bodies. Seeking to mitigate those environment impacts and render the beef cattle raising in the Cerrado biome less predatory on the environment, this research proposes to evaluate the use of those effluent compositions in the system of the *brachiaria brizantha* cv Marandu grass planting on red-yellow Latolosso soil, as it occurs a lot in that biome. During the development of this work, simple samples of soil were collected before the preparation of the soil and after the handling of the biofertilization in the experimental area, with the intention of evaluating the behavior of the soil quality indicators, as well as the impact of that handling on the leaf biomass of the culture. It was found that in the mentioned environment, those residual compositions, within certain limits, present a positive correlation with the productivity of the dry mass (DM) of that culture, provided specially by the ecological roles developed by the soil microbiota. Hence, it was verified that this biomass expanded in a directly proportional way to the increase of the utilization of the residual compositions in the system of biofertilization handling, especially by the significant augmentation ($p < 0,05$) of the viable bacteria organisms, up to the depth of 20 cm.

Keywords: biofertilization, slaughtering industry effluents, environmental impacts, soil quality indicators, biofertilization handling.

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população mundial associado ao uso dos recursos naturais tem contribuído para um processo acelerado de degradação dos recursos ambientais na biosfera Terra. Isto tem levado as nações por meio de fóruns, conferências, e outras modalidades a sugerir agendas comuns, como a Agenda 21, que tem por objetivo, segundo Andrade et al (2002), colocar em prática programas para desacelerar o processo de degradação ambiental e transformar em realidade os princípios da Declaração do Rio que são de “estabelecer acordos internacionais que respeitem os interesses de todos e protejam a integridade do sistema global de ecologia e desenvolvimento”.

Para atender a demanda crescente por alimentos, tendo como causa o exacerbado incremento da população mundial, faz com que sejam adicionadas às áreas já utilizadas nos sistemas de produção novas porções de terra. Esta expansão das áreas, principalmente no Cerrado, tem ocorrido devido à ampliação da agricultura e da pecuária, conseqüentemente, provocando perda de vegetação nativa, com uso de práticas inadequadas, como uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes e corretivos, irrigação sem controle, pisoteio excessivo de animais, monocultura e cultura em grande escala, ou seja, emprego de alta tecnologia química e pesada mecanização (CUNHA et al., 2008).

Por consequência, essa pressão sobre os recursos naturais, se não for bem planejada e manejada, acarretará, naturalmente, a degradação desses recursos. Para neutralizar, ou mitigar, os processos de degradação, faz-se necessário o estudo de biotecnologias que promovam a utilização destes recursos sem, no entanto, levá-los a exaustão.

No Norte do Brasil, principalmente, no estado do Tocantins o setor agropecuário corresponde de forma direta com, aproximadamente, 18,1% do PIB, sendo, portanto, a terceira atividade econômica do Estado, com destaque para a pecuária (SEPLAN-TO, 2013). Para garantir a sustentabilidade dos sistemas produtivos, torna-se indispensável à reutilização, nestes sistemas, dos resíduos gerados. Para que seja garantida a sua eficácia se faz necessário o desenvolvimento de estudos que avaliem os benefícios e riscos que possam provocar aos sistemas produtivos e ao meio.

A sustentabilidade das atividades agropastoris está, intimamente, relacionada, não apenas com a qualidade da água e do ar; mas, excepcionalmente, com a qualidade do solo. Torna-se imprescindível a estimativa dos indicadores do solo, antes e depois do manejo da

biofertilização desta cultura, permitindo, também, avaliar o impacto sobre os parâmetros que qualificam o solo. A manutenção ou melhoria, desse recurso natural, garantirá além da produção de alimentos, a promoção da saúde das pessoas, animais e plantas, como também, o adequado funcionamento global dos ecossistemas.

Deste modo, neste estudo, visou-se avaliar o comportamento da utilização de composições residuais de frigorífico de abate de bovinos no atendimento das necessidades nutricionais e hídrica da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, bem como, o impacto destas sobre os indicadores físico, químico e biológico do recurso natural solo, no bioma Cerrado. Para tal, foram levantados dados dos indicadores do solo, do clima e da cultura, bem como, das composições residuais antes de se iniciar o experimento em campo. Após o manejo da cultura, repetiu-se a coleta dos dados destes indicadores, das mesmas dimensões. A quantificação destes indicadores permitiu o dimensionamento da necessidade de correção da acidez do solo, da disponibilidade de nutrientes e da lâmina d'água para atender as necessidades da cultura, bem como, definir as doses das composições residuárias a serem aplicadas em cada manejo da biofertilização.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Comportamento da disponibilidade e demanda da água

A disponibilidade, bem como o consumo da água está intimamente relacionada com o crescimento e a distribuição da população. O crescimento da população provoca aumento na demanda não apenas por água potável; mas, também por alimentos, sendo que as cadeias produtivas destes alimentos apresentam um peso bastante significativo na demanda por este recurso natural. Essas demandas crescentes além de retirarem dos mananciais porções significativas de seus volumes, devolve parte destes com resíduos que provocam impactos, normalmente, negativos na composição das suas águas remanescentes.

O Brasil é o país que apresenta a maior disponibilidade em recursos hídricos do mundo. A vazão estimada, a partir do somatório mundial das vazões de todos os rios, é de 42.600 km³/ano; cerca de 19% desse montante, correspondente a 8.310 km³/ano, fluem em solo brasileiro, segundo Lima e Silva (2008). Apesar da alta disponibilidade hídrica, aproximadamente 80% desta disponibilidade encontra-se no bioma Amazônico, devido a isso há problemas de escassez nas demais regiões do país, em especial na região nordeste por esta apresentar baixa disponibilidade hídrica e na região sudeste devido a uma alta demanda.

O bioma Cerrado em extensão territorial corresponde ao segundo maior bioma brasileiro, apresenta em torno de 204 milhões de hectares, grande parte deste encontra-se no Planalto Central. Devido a sua altitude média elevada, apresenta um papel fundamental nas vazões de recarga das principais bacias hidrográficas brasileiras e do continente americano (LIMA e SILVA, 2007). Boa parte dos solos apresentam condições edafológicas, como: textura, profundidade e relevo, propícias para o desenvolvimento de atividades agropastoris. Em pouco mais de quatro décadas de ocupação agrícola neste bioma, já apresenta 61 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 14 milhões de hectares de culturas anuais e 3,5 milhões de hectares de culturas perenes e florestais; o que responde por aproximadamente 55% da produção nacional de carne bovina (EMBRAPA, 2006).

A pressão com tendência de crescimento exponencial por abertura de novas áreas de matas nativas neste bioma, que comprometem a sua biodiversidade, para ser incorporadas às atividades agropastoris podem, possivelmente, ser desacelerada, ou até

mesmo invertida com o reflorestamento de áreas desmatadas, se em parte destas áreas cultivadas principalmente com pastagens for fertirrigadas; pois, o uso desta tecnologia proporciona aumentos significativos nas produtividades dos cultivos, como na sua qualidade nutricional. Cristofidis (2006) estimou que aproximadamente 10 milhões de hectares neste bioma estão aptos ao uso desta tecnologia; mas, menos de 10% desta estimativa (menos de um milhão de hectares) estejam efetivamente utilizados para este fim. Mas, para uma ampla implantação desta tecnologia neste bioma, faz-se necessário um estudo e planejamento socioambiental; pois, em trabalho desenvolvido por Lima et al. (2007a) foi detectado zonas com potencial para a ocorrência de conflitos pelo uso da água e impactos ambientais neste bioma.

Na biosfera terrestre o volume total de água, é constante, ocupa aproximadamente 70% da superfície desta biosfera. Mas, 97,5% deste volume é salgado, dos 2,5% que corresponde ao volume de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% está presente em rios e lagos. De acordo com a Unesco, citado por MMA (2017), nesta biosfera, mais de 6 bilhões de pessoas utilizam, aproximadamente, 54% do volume da água doce disponível em rios, lagos e aquíferos; mas, este consumo não ocorre de forma uniforme. Este volume consumido está distribuído, aproximadamente, nas seguintes atividades: 8% em usos domésticos, 22% em setores industriais e 70% em agropastoris, conforme FAO citado por MMA (2017).

2.1.1 Atividade pecuária bovina e comportamento do uso da água no abate de bovinos

Uma das principais fontes de proteína ingerida pela população humana é de origem animal, em especial de bovinas, tendo o Brasil um dos maiores rebanhos, composto por 215,2 milhões de cabeças conforme estimativa realizada pelo IBGE em 2015. Deste rebanho total, entorno de 8 milhões são criados no estado do Tocantins, fazendo com que este estado ocupe o 11º lugar no ranking nacional de rebanho bovino. O total de animais bovinos abatidos no Estado do Tocantins é incerto, uma das causas desta incerteza, possivelmente, é o abate clandestino e a sonegação fiscal, varia de mais de 1 a 2 milhões de animais abatidos em 2015, segundo dados do IBGE (2015). No processo de abate de

bovinos o fator de maior impacto no consumo de água é o processo de lavagem, e os regulamentos sanitários exigem o uso de água fresca e potável, com níveis mínimos de cloro livre residual, para quase todas as operações de lavagem e enxágue. Somente na linha verde, que corresponde, principalmente, ao processo de limpeza de fezes, urina e vômito, poderá chegar a 1.000 litros por animal CETESB (2003) citado por (PACHECO, 2006). A partir destes números, podemos deduzir que no estado do Tocantins o volume de água residuária anual gerada somente pela linha verde no processo de abate de animais bovinos pode atingir a cifra de 1 a 2 milhões de metros cúbicos.

2.2 Alimentos e alimentação utilizada na pecuária bovina de corte

Para que o animal bovino atinja o seu máximo potencial de conversão alimentar, precisa-se que sejam disponibilizados alimentos com alto valor nutritivo, na quantidade requerida nas suas diversas fases de desenvolvimento. Mas, tendo em vista que em média esta atividade não proporciona uma taxa de retorno acima de 9% ao ano, conforme Mendes et al. (2006); os criadores na busca de maximizar seus lucros, terminam por disponibilizar como fonte de alimentos, principalmente, gramíneas forrageiras com adição de sais minerais, apenas. Na formação destes pastos, geralmente, derrubam a mata nativa, colocam fogo nos restos vegetais, e em seguida semeiam as sementes a lanço, no início do período chuvoso. Esta prática, realizada apenas desta forma, torna-se nociva ao ambiente; especialmente no bioma Cerrado devido as suas condições edafo-climáticas, que são pobres em bases saturadas, proporcionada pela lixiviação destas no perfil do solo. O que garante a manutenção deste bioma é a reciclagem de sua matéria orgânica. Os solos restringem-se basicamente aos Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, que apesar da sua aparente homogeneidade, faz-se necessário evitar a sua degradação, e avançar em estudos de aspectos que relacionam os indicadores de qualidade do solo com o aumento do conhecimento de seus respectivos ambientes naturais (GOMES et. al., 2004). Esses autores também perceberam uma correlação positiva entre a capacidade dos solos deste bioma em reter água nas suas camadas superficiais com os teores de argila e carbono orgânico. Deste modo, faz-se necessário uma mudança neste paradigma de formação da pastagem; para se obter uma pastagem com alta capacidade de suporte, faz-se necessário manter, e até melhorar, o teor de matéria orgânica no solo, evitando-se utilizar o fogo como prática de

preparo do solo, corrigir a acidez e a fertilidade do solo, utilizar uma cultivar com alto valor nutritivo, de produtividade, e que tenha boa capacidade de adaptação ao ambiente de plantio (EMBRAPA, 2015). Em geral, cada quilograma de forragem tropical é composta por: 700 g de umidade, 220 g de fibra, 30 g de carboidrato não fibroso, 25 g de proteína, 15 g de minerais e 10 g de gordura, e que conhecer o valor nutritivo dos alimentos é essencial na decisão da melhor prática nutricional para atender as necessidades dos animais bovinos em cada fase do seu ciclo de vida (MEDEIROS et. al., 2015). Ainda segundo esses autores, a estratégia de alimentação dos animais na propriedade definirá o sucesso ou fracasso da atividade, havendo, portanto, uma tendência na consciência dos criadores de que a taxa de lucratividade e a sustentabilidade da atividade está positivamente relacionada com a nutrição do rebanho, cabendo a eles, gestores da atividade pastoril, a escolha da tecnologia que se adequará melhor, proporcionando melhor relação benefício/custo.

2.3 Reuso da água como estratégia na sustentabilidade da cadeia produtiva da carne bovina

A sustentabilidade da cadeia produtiva da carne bovina é uma meta difícil de ser alcançada; por isto é que precisamos desenvolver estudos que busquem estratégias mitigadoras dos impactos ambientais negativos que ocorrem ao longo das etapas da cadeia, como por exemplo: o lançamento dos efluentes gerados na etapa de abate e processamento de carnes nos drenos naturais, como córregos e rios (VIEIRA, 2009).

As águas residuárias brutas apesar de representar um problema ambiental, possuem características agronomicamente desejáveis, devido ao seu potencial como fertilizante, rico em nutrientes, sobretudo em nitrogênio, fósforo e potássio (AZEVEDO, 2007). Conforme Hespanhol (2002) citado por Azevedo (2007), a utilização de águas residuárias tratadas reduz substancialmente, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além dos nutrientes (e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos), a adição de águas residuárias proporciona a adição de matéria orgânica, no entanto este incremento de matéria orgânica não se confirmou em estudos realizados por Neto et. al. (2013) com adubação orgânica em Neossolo Quartzarênico, que age como condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água. Estes tipos de águas,

no geral, contem quantidades de nitrogênio em doses elevadas, tornando fundamental o estudo da presença quantitativa deste nutriente e sua disponibilização para as culturas.

Uma das estratégias é reutilizar a água residuária gerada na etapa de abate dos animais na etapa inicial da cadeia que é da produção do alimento dos animais, especialmente, da pastagem. Esta estratégia já começa a ser testada, atingindo respostas bastante interessantes, como a disponibilidade dos nutrientes presentes nestes resíduos para as culturas, bem como a preservação dos recursos hídricos que deixam de receber nos seus corpos estes poluentes (MATOS et al., 2014); possivelmente propiciam a melhoria dos indicadores químicos e biológicos do solo (MELO et al., 2011).

Lozano (2015) constatou que a fertirrigação de pastagem com água residuária de abatedouro de aves é viável; porém, recomenda que doses maiores que as utilizadas por ele, até 900 m³/ha, sejam avaliadas e correlacionadas aos indicadores do solo e da planta por maiores períodos de tempo.

De acordo com Azevedo (2007) teores excessivos deste nutriente na água, apesar de aumentarem a velocidade de crescimento vegetativo, podem retardar a maturação ou provocar produções de baixa qualidade. Estes benefícios foram, também, observados em trabalho desenvolvido por Roscoe et al (2006) quando se constatou melhorias qualitativas com a aplicação do fertilizante orgânico, nos parâmetros de solo Ca, Mg e, sobretudo, de P. O pH e a CTC efetiva elevaram-se e o Al trocável apresentou redução significativa.

2.3.1 Composição da água residuária de frigoríficos de abate de bovinos

No dimensionamento de um sistema de biofertirrigação, com uso de água residuária de frigoríficos de abate de bovinos, faz-se necessário o conhecimento da composição desta água. Os parâmetros de maior relevância na qualificação de águas residuárias e principais indicadores de poluição, são: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS), óleos e graxas, nitrogênio total (N), fósforo total (P) e pH, segundo Von Sperling (2005) e Pardi et al. (2006). Para que estas águas residuárias possam ser lançadas no ambiente deverão atender às normas prescritas pela resolução N° 430 de 16/05/2011 (CONAMA, 2011) que complementa e altera a resolução N° 357 de 17/03/05 (CONAMA, 2005), ver quadro 1.

Quadro 1. Indicadores máximo permitido para lançamentos das águas residuárias (CONAMA, 2011).

Indicadores	Concentração	
	Valor	Unidade
pH	5,0 – 9,0	-
Sólidos sedimentáveis	1	mg/L
Nitrato	10	mg/L
Nitrito	1	mg/L
Fósforo	0,15	mg/L
Nitrogênio	20	mg/L
DBO	10	mg/L

Normalmente, as águas residuárias de frigoríficos de abate de bovinos in natura apresentam concentrações desses indicadores acima desses limites, fazendo-se necessário trata-las antes de lança-las no ambiente; sem o devido tratamento torna-se um agente poluente com alto risco ambiental para os corpos hídricos, bem como para os solos (SCARASSATI et al., 2003). As águas residuárias são, geralmente, tratadas, após a retirada dos sólidos e gorduras, em lagoas de estabilização dispostas em série, resultando em um efluente apto a ser liberado, quando atingido os níveis máximos dos indicadores apresentados no quadro acima, para o corpo receptor, segundo (SILVEIRA, 1999).

Estes efluentes gerados em frigoríficos de abates de animais, normalmente, são divididos em duas linhas: verde e vermelha. Sendo a linha verde composta por fluidos que não contém sangue, oriundos de áreas como recepção, currais e de condução. Enquanto que, a linha vermelha deriva de áreas de processos que contém sangue. No entanto, os tratamentos iniciais, em ambas, são similares e apresentam os mesmos objetivos que são facilitar e promover adequados processos bioquímicos que propiciem um tratamento biológico eficaz (MORALES et al., 2009; PACHECO; YAMANAKA, 2008) citados por (CARDOSO, 2015).

A eficácia no tratamento das águas residuárias agroindustriais deve-se à evolução dos sistemas de tratamento destes efluentes na capacidade de remover carga orgânica diluída nestes corpos (NAIME & GARCIA, 2005). O uso de lagoas de estabilização tem mostrado ser um dos mais eficazes métodos de tratamento de efluentes, principalmente quando esse efluente possui o objetivo de ser aplicado na agricultura (SOUSA et al., 2006) citado por (THEBALDI et al., 2011).

Portanto, estas águas residuárias demonstram um potencial enorme como fonte de água e nutrientes para atender a demanda hídrica e nutricional das plantas domesticadas, especialmente, das pastagens. Apresenta potencial de condicionador de solos, na recuperação de áreas degradadas; fazendo-se necessário o desenvolvimento de estudos avaliativos do seu uso.

2.4. Formação da pastagem para alimentação de bovinos no bioma Cerrado

Alimentar o animal ruminante com a utilização de forragem de qualidade é a forma que propicia maior taxa de retorno, Evangelista (1995). Para a formação de uma boa pastagem faz-se necessário conhecer o solo e o clima do ambiente. A partir deste conhecimento, seleciona-se a capineira que se adequa melhor a este ambiente; de modo que proporcione uma capacidade de suporte animal satisfatória, associada a uma boa qualidade nutricional. Em ambientes de climas tropicais há uma tendência de se formar pastagens para alimentação de gado de corte com capineiras do complexo *Brachiaria*, por apresentar boa capacidade de adaptação a estes ambientes.

2.4.1 Recurso natural: solo. Manejo adequado do solo

Nesta etapa, torna-se imprescindível verificar se a área é adequada para formação de pastagem, deverá levar em consideração a declividade, textura e os parâmetros ambientais a ser impactados. Caso esteja apta, realiza-se a coleta de uma amostra, composta pelo menos de 20 pontos amostrais, utilizando-se o caminhamento em ziguezague na área.

Em cada ponto, deve-se realizar a coleta nas profundidades de: 0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 30 cm; para avaliar o comportamento dos indicadores físico, químico e biológico do solo, de posse dos resultados destas análises, determina-se se há necessidade de correção de acidez e de adubação; pois, segundo Alvarenga (2005), Zimmer et al. (1986) e Evangelista (1995) esta operação é fundamental para se evitar a degradação da pastagem, e propiciar uma longevidade à cultura.

A época ideal de plantio para implantação da pastagem é nas primeiras chuvas, a quantidade de sementes utilizadas por unidade de área e a profundidade de plantio são fatores limitantes no estabelecimento do pasto (ZIMMER et al., 1986).

2.4.1.1 Indicadores físico, químico e biológico do solo

As condições edafo-climáticas do bioma Amazônico, naturalmente apresentam limitações à implantação de pastagens, comprometendo, especialmente, a sua capacidade de suporte em longo prazo; fazendo-se necessário o uso de tecnologias, como o manejo da fertilidade, para evitar ou mitigar a degradação do solo. Trabalhos desenvolvidos por Drudi e Braga (1990) e Veiga e Serrão (1990) neste bioma tem detectado que o nutriente fosforo (P), altamente demandado pelas culturas forrageiras, é o de maior impacto na limitação da longevidade dos pastos.

Townsend et al. (2010) constataram que a correção e fertilização do solo, especialmente com relação aos nutrientes N e K, proporcionaram um incremento no acúmulo de forragem, na cobertura do solo e na altura das plantas gramínea, e reduziram o percentual de plantas invasoras em pastagem degradada de *B. brizantha* cv. Marandu. Da Cunha et al. (2010) afirma que a formação de um sistema radicular bem desenvolvido propicia às plantas maior capacidade para suportar situações de estresse, como invernos rigorosos, verões secos e o próprio pastejo. Scheffer-Basso et al. (2002) defende que esta característica agrônômica, o sistema radicular, seja incluída nos programas para seleção de genótipos superiores em qualquer espécie forrageira.

Em programas de avaliação da qualidade do solo, faz-se necessário estudar os indicadores físicos do solo de modo simultâneo; pois, Stenberg (1999) enfatiza que nenhum dos indicadores como: porosidade, distribuição do tamanho de poros, densidade do solo, resistência mecânica, condutividade hidráulica, distribuição de tamanhos de partículas e profundidade em que as raízes crescem conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos de qualidade do solo, devido às relações que ocorrem entre estes atributos do solo.

No estudo destes indicadores deverão ser levados em consideração os processos ocorrentes no ecossistema, integrar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos, segundo Doran & Parkin (1994). Alves et al. (2007) constatou melhoria na qualidade do solo com o seu preparo e adição de lodo de esgoto e adubos verdes, através da análise dos indicadores físicos: densidade e infiltração de água do solo; as diferentes fontes de matéria orgânica (MO) associada a ação mecânica (preparo do solo), bem como a ação mecânica isolada, em curto prazo, interagiu de maneira semelhante na recuperação da qualidade do solo.

Em se tratando de pastagens um dos indicadores físicos que se torna imprescindível na avaliação da qualidade do solo é a capacidade de penetração das raízes, que poderá ser mensurada através de penetrômetros, os quais proporcionam como vantagens facilidade e velocidade na obtenção dos dados (BENGHOUGH & MULLIS, 1990). Estes afirmam que resistência do solo à penetração das raízes (RP) entre 1,0 e 3,5 MPa restringem o crescimento das raízes das plantas, especialmente, domesticadas. Sendo que o valor crítico de $RP = 2$ MPa tem sido comumente utilizado como limite ao crescimento das plantas, conforme Lapen et al. (2004), especialmente para definir o limite inferior de água disponível no solo, que não comprometa o desenvolvimento dos cultivos (TORMENA et al., 1998); mas, o limite de 2,5 MPa em solos com cultivos de pastagens tem sido indicado (LEÃO et al., 2004).

Uma cultura forrageira bem suprida em N apresenta um sistema radicular mais vigoroso que uma cultura deficiente neste nutriente; pois, os mecanismos envolvidos no crescimento do sistema radicular estão intimamente relacionados com o acúmulo de seiva elaborada (BROUWER, 1962). Este parâmetro, sistema radicular, quando apresenta densidade na razão de 1 cm de raiz por 1 cm³ de solo apresenta potencial para absorver, praticamente, todo o conteúdo de nitrato contido no solo, tendo esse umidade adequada (TINKER e NYE, 2000).

A microbiota do solo desempenha vários papéis, dentre estes o de decompor a matéria orgânica quando adicionada ao solo, velocidade como ocorre está relacionada positivamente com a umidade, pH, temperatura, mas principalmente com nutrientes, e cadeias de carbono (SEVERINO, 2004); esta também, é responsável pelo fluxo de

energia no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Deste modo, esta microbiota torna-se um importante indicador de mudanças no solo (MERCANTE et al., 2008).

A estimativa da população microbiana no solo tem relação positiva com a época da coleta dos corpos de prova de solo; e os diferentes sistemas de manejo testados, integração lavoura-pecuária, apresentaram influência sobre a atividade metabólica dos microrganismos presentes no solo (ALVES et al., 2011).

A ocorrência, bem como a distribuição, de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são influenciados pelo uso do solo, e de seus fatores edáficos (Da SILVA et al., 2015). Estes fungos quando associados a espécies vegetais, proporciona a estas um aumento na sua capacidade de absorção e utilização de nutrientes pelas hifas, principalmente os de baixa mobilidade (RAMOS et al., 2012); e quando as plantas são micorrizadas, tornam-se mais tolerantes a metais pesados, a estresse hídrico e a microrganismos patogênicos (GUO et al., 2013).

Com relação aos FMAs, o gênero *Glomus* é o mais abundante nas áreas de pastagens intensiva e extensiva, e em plantio direto e convencional. O plantio direto proporciona maior abundância de esporos de FMAs, e o pH do solo afeta a ocorrência de espécies destes fungos (Da SILVA et al., 2015).

2.4.2 Indicadores químico-bromatológicos da pastagem

O planejamento estratégico de um sistema de criação de bovinos que propicie uma rentabilidade satisfatória associada a princípios ecologicamente corretos, passa pela seleção de plantas forrageiras com alta produtividade e aceitação pelos animais; estas características zootécnicas são alcançadas a partir das análises química-bromatológicas das forrageiras (BALSALOBRE, 2002). O clima do ambiente, principalmente os fatores: temperatura, luminosidade e umidade, em que as culturas forrageiras são implantadas tem um grande impacto na composição bromatológica dessas plantas, especialmente as de clima tropical (VAN SOEST, 1994).

Os indicadores químico-bromatológicos das culturas forrageiras, como: proteína bruta (PB), fibras em: detergente ácido (FDA) e detergente neutro (FDN), nutrientes

digestíveis totais e valores de digestibilidade in vitro da massa seca (DIVMS) são fundamentais na análise qualitativa destas plantas, tendo em vista que a composição destes indicadores, bem como a combinação destes, na biomassa vegetal está intimamente relacionada, de forma direta ou indireta, com o consumo volumoso de massa seca (MS) pelos animais, impactando de modo proporcional à capacidade de ganho de peso (VAN SOEST, 1994).

Doses crescentes de nitrogênio, disponibilizadas no solo, para atender a demanda nutricional da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* apresentou relação diretamente proporcional aos teores de proteína bruta e de fósforo na biomassa desta cultura (CECATO et al., 2004).

Em trabalho desenvolvido por Benett (2007) foi verificado que a fonte do nitrogênio disponibilizado no solo não apresentou relação com os indicadores químico-bromatológicos da biomassa vegetal da forrageira *B. brizantha* cv. Marandu; mas, a dose disponibilizada deste nutriente tem relação positiva com a capacidade desta planta em produzir massa seca, como também melhorar a sua composição bromatológica por proporcionar aumento dos teores de PB e NDT e, diminuição dos teores de FDN e FDA.

2.4.3 Parâmetros climáticos

Os parâmetros climáticos, bem como a correlação destes, apresenta relação com os indicadores de produção, e químico-bromatológicos das pastagens; estes parâmetros, também, influenciam na capacidade de ganho de peso dos animais, por impactar no conforto térmico destes. Os animais são capazes de atingir a sua capacidade máxima em ganho de peso quando estão em condições de conforto térmico adequado, não precisando acionar os mecanismos termorreguladores (SOUZA et al., 2005). Sobre as pastagens os fatores climáticos que apresentam maiores impactos são: a temperatura, radiação e umidade; em ambientes tropicais, as limitações proporcionadas por estes fatores podem ser contornadas pela utilização da irrigação, desde que a relação custo-benefício seja adequada (NABINGER, 1999).

O fator ambiental de maior impacto na qualidade da forrageira é a temperatura; mas, nenhum fator avaliado isoladamente tem impacto na qualidade da forragem maior que a maturidade das plantas (BUXTON & FALES, 1994). As plantas forrageiras tropicais apresentam maiores taxas de alongamento de colmo em condições de temperaturas máximas e mínimas, respectivamente, de 33 °C e 28 °C; em temperaturas abaixo de 22 °C as plantas forrageiras tropicais reduzem significativamente a sua taxa de crescimento, este fenômeno ocorre mesmo em condições adequada de radiação solar (FERRARIS et al., 1986).

A diversidade genética das forrageiras tropicais contribui para variações na estrutura das plantas, na composição química e respostas fisiológicas complexas. Permitindo ao forragicultor a seleção de cultivares com melhor adaptação a condições edafoclimáticas, proporcionando a este melhores ganhos na sua atividade produtiva (SANTOS et al., 2011).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto do manejo da biofertilização na cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre os indicadores químico-bromatológico da cultura e de qualidade do solo no bioma Cerrado.

3.2 Objetivos específicos

Estimar a necessidade de calagem e de fertilizantes: NPK para a cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Latossolo no bioma Cerrado;

Quantificar a demanda hídrica da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no bioma Cerrado em Palmas – TO;

Dimensionar a capacidade de disponibilidade de água no Latossolo no bioma Cerrado para a cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu;

Caracterizar os indicadores de qualidade do solo: físico, químico e biológico no bioma Cerrado, antes e depois do manejo da biofertilização da cultura forrageira;

Mensurar a relação do impacto do manejo da biofertilização da cultura forrageira sobre a biomassa foliar produzida e os indicadores químico-bromatológicos;

Desenvolver modelos matemáticos para expressar a relação entre os parâmetros de produtividade da cultura forrageira e os indicadores avaliados no manejo da biofertilização.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado no campus universitário do CEULP/ULBRA, Av. Joaquim Teotônio Segurado, 1501, Palmas-TO, apresenta altitude de 254 m e coordenadas geográficas: 10°16'34,16''S; 48°20'05,03''W. O clima deste ambiente é caracterizado como úmido subúmido, C2wA'a", apresentando moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média anual variando entre 1.400 e 1.700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 e 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada, esta classificação foi realizada pelo método de Thornthwaite. O solo nesta porção da superfície terrestre é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, com relevo suave - apresenta declividade inferior a 5%, deste modo o escoamento superficial comporta-se de lento a leve, com predominância no sentido oeste (ATLAS DO TOCANTINS, 2012). A área total abrangida por este experimento de campo foi de 252 m², composta por duas subáreas, em cada uma foi instalado dois blocos espaçados entre si por 1 m, sendo dois blocos dispostos na direção Norte-Sul, e os outros dois blocos dispostos na direção Leste-Oeste. Cada um destes blocos apresenta dimensões de: 18 m × 3 m, compostos por dez parcelas, cada uma das parcelas apresenta dimensões de: 1,62 m × 3,00 m, com espaçamento entre si de 0,20 m. Como pode-se observar na Figura 1.



Fonte: Google Earth.

Figura 1. Localização do experimento no campus universitário do CEULP/ULBRA.

4.2 Condução do experimento em campo

Definido o local a ser instalado o experimento, realizou-se a limpeza do mesmo, prosseguindo-se com a demarcação da área, com suas respectivas subáreas. Em seguida foram selecionados os pontos de coleta das amostras simples de solo, para compor o tamanho da amostra, ou seja, o total de amostras simples.

A técnica de amostragem adotada para esta seleção foi a sistemática; em cada subárea foram traçadas duas diagonais, nessas foram demarcados dois pontos equidistantes entre si, sendo as posições desses correspondentes aos quartis de cada diagonal. Em cada um destes pontos, a coleta foi realizada com utilização do trado holandês (Figura 2), conforme metodologia proposta por Raij (2001), nas profundidades de: 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 90 a 100 cm.



Figura 2. Coleta de amostras simples de solo com uso do trado holandês.

As amostras simples de solo coletados, em cada ponto, nas respectivas profundidades, foram subdivididos em duas porções; portanto, formando-se duas réplicas amostrais em cada profundidade. Uma das amostras, composta pelos oito pontos nas quatro profundidades, foi enviada para análise dos indicadores físico-químicos no laboratório agropecuário – Zoofértil, localizado na Alameda 05, lote 23, quadra 212 Norte – Palmas-TO; e a outra amostra foi enviada para análise dos indicadores da microbiota no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa – MG.

Na Figura 3, a seguir, pode-se observar como ficaram dispostos estes pontos para coleta de amostras simples de solo (A_1 a A_8), ilustrados pelos pontos em cor azul.

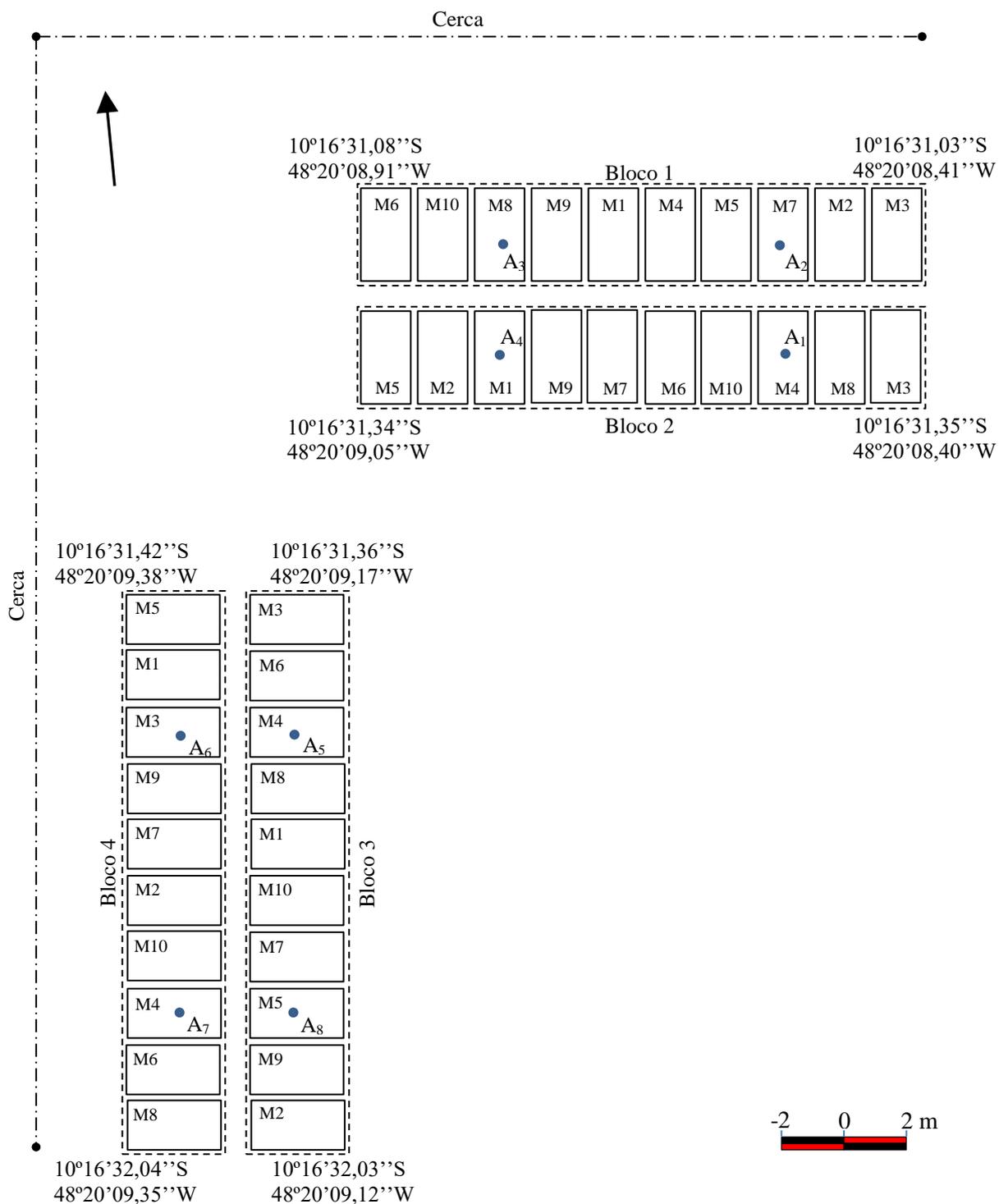


Figura 3. Planta planimétrica da área experimental, com a disposição dos pontos de coleta de solo realizados antes da instalação dos blocos.

O posicionamento geográfico das áreas em que foram instalados os blocos, sendo os blocos B₁ e B₂ dispostos na direção Leste-Oeste, enquanto que os blocos B₃ e B₄ foram dispostos na direção Norte-Sul (Figura 3). Cada bloco foi subdividido em 10 parcelas, M₁ a M₁₀, cada uma destas representa um dos manejos da biofertilização testada neste experimento, e posicionada no bloco por amostragem aleatória simples. No final da condução do experimento, que ocorreu com a realização do terceiro corte da biomassa foliar da forrageira, repetiu-se a coleta de amostras simples de solo, também, para fins de avaliar o comportamento dos impactos dos manejos da biofertilização sobre os indicadores físico, químico e biológico do solo, bem como nos indicadores químico-bromatológicos da biomassa foliar da cultura forrageira testada; mas, desta vez os pontos para coleta foram os centros das parcelas experimentais, nas mesmas profundidades, de: 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 90 a 100 cm. Nestes mesmos pontos, com o auxílio do equipamento eletrônico penetrômetro, modelo: Falker – PLG 1020, com cone de 12,3 mm na extremidade da haste, mensurou-se a resistência do solo na profundidade de 0 a 60 cm, com intervalos de 2,5 cm (Figura 4).



Figura 4. Mensuração da resistência do solo com o equipamento – Falker – PLG 1020.

4.2.1 Preparo inicial do solo na área experimental

Após a etapa de amostragem do solo; executou-se a operação de aração e gradagem simples do solo com a utilização de arado de discos tracionado por trator (Figura 5).



Figura 5. Operação de aração e gradagem tracionado por trator.

4.2.2 Operação de correção da acidez do solo

Após o recebimento dos resultados das análises dos indicadores físico-químicos do solo realizadas pelo laboratório agropecuário – Zoofértil, ver Tabelas A1 e A2 em anexos, procedeu-se o tratamento dos dados dos indicadores químicos: pH, saturação por bases e da capacidade de troca de cátions nas profundidades coletadas.

Para efeito de correção do pH levou-se em consideração apenas as profundidades de: 0 a 10 cm e 10 a 20 cm; Razuk (2002) constatou que, até a profundidade de 20 cm no solo, concentra-se mais de 80% da massa do bulbo radicular da gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Para a determinação da dose do corretivo de solo, calcário dolomítico, levou-se em consideração a recomendação de Primavesi et al. (2008), que para a formação de pastagem, no primeiro ano, com planta forrageira, pertencente ao complexo *Brachiaria*, deve-se corrigir, ou seja, elevar a saturação por bases no solo ao nível de, aproximadamente, 40%; no entanto, constatou-se na estimativa por amostragem do solo, na profundidade até 20 cm,

que a saturação em bases presente era de, aproximadamente, 19,2% em média, e uma capacidade de troca de cátions de, aproximadamente, 8,31 cmolc/dm³ em média. Fez-se necessário a aplicação de corretivo da acidez do solo, para esta correção, utilizando-se calcário dolomítico, tipo filler, com 80% de óxido de cálcio (CaO), 18% de óxido de magnésio, poder neutralizante do calcário em relação ao carbonato de cálcio (PN) e o poder real de neutralização total (PRNT) igual a 100%. Como a profundidade do solo a ser corrigido através da incorporação deste insumo foi até 20 cm; logo, o fator de profundidade utilizado foi igual a 1,0. O quantitativo deste material foi obtido através da expressão recomendada por Malavolta (1989), e apresentada a seguir:

$$N.C. = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT} \cdot p \quad (1)$$

Onde:

N.C. = dose de calcário em toneladas/ha;

CTC = capacidade de troca de cátions no solo;

V₁ = índice de saturação em bases, já existente, no solo, %;

V₂ = índice de saturação em bases, requerida pela cultura, no solo, %;

p = fator de profundidade;

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário usado.

Deste modo, conforme os quantitativos dos indicadores químicos: pH, capacidade de troca de cátions e saturação de bases, existentes no solo e os limites mínimos requeridos por esta cultura capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu para atingir o seu pleno desenvolvimento e produtividade, foi aplicada uma dose de 1,728 t/ha de calcário dolomítico, ou seja, 1.728 kg/ha.

A operação de distribuição do calcário dolomítico na área foi realizada a lanço (Figura 6a). A incorporação deste insumo foi executada com uso de rastelo, e ao mesmo tempo realizou-se o nivelamento da área (Figura 6b).



(a)

(b)

Figura 6. Distribuição do corretivo da acidez no solo, e ferramenta rastelo utilizado na incorporação corretivo e nivelamento da superfície do solo.

Tendo em vista que a condução deste experimento em campo teve início na última semana do mês de maio de 2015, com aplicação do calcário no final da primeira semana do mês de julho de 2015, nesta época do ano o município de Palmas - TO encontra-se no período seco, que normalmente começa no início do mês de maio e se prolonga até o final do mês de setembro; fez-se necessário aplicar uma lâmina d'água sobre a área experimental para que o corretivo reagisse no solo.

4.2.3 Divisão da área experimental em blocos e parcelas

A última etapa de preparo da área foi à execução da divisão da área experimental nos quatro blocos, cada bloco foi subdividido em dez parcelas, como já apresentados na figura 3. Estas parcelas estão espaçadas de 0,20 m entre si; deste modo, cada parcela ficou com dimensões de: 1,62 m por 3,00 m, com área de 4,86 m², como mostra (Figura 7).

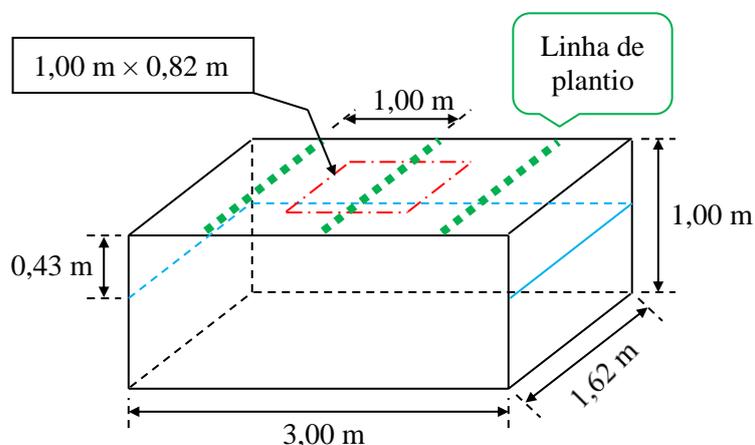


Figura 7. Perspectiva da parcela experimental instalada em campo.

Nesta figura, pode-se observar como ficou o stand de plantio, formado por linhas de plantio espaçadas entre si de 1,00 m, a posição da área central de coleta de amostras simples da biomassa vegetal e de solo, bem como de determinação de resistência do solo.

4.2.4 Estimativa da capacidade total de água no solo

Este parâmetro está diretamente relacionado com a profundidade efetiva das raízes (Z), sendo essa correspondente a 80% do volume total de raízes com pelos absorventes. Klar (1991) mencionou que esta variável nas pastagens pode variar de 30 a 100 cm, e Cunha et al (2010) em trabalho realizado em campo com a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em manejo de corte mensurou para esta variável um valor de 43,1357 cm; e dos teores de água retidos no solo entre as pressões de 1/5 a 15 atm por se tratar de um solo de textura média. De acordo com os dados observados dos pontos amostrados na área experimental, constatou-se que as frações granulométricas: argila, silte e areia, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo da área e em profundidade; mas apresentaram diferenças significativas entre si. Os valores médios mensurados para as frações argila, silte e areia, foram respectivamente de: 29,1%, 7,3% e 63,6%. Deste modo, pode-se classificar o solo nesta área como **franco argilo arenoso**, com textura média, segundo EMBRAPA (2006).

A disponibilidade total de água do solo (DTA) foi estimada a partir do parâmetro morfológico do solo, a textura; conforme faixa de valores citada por Bernardo (2006), em que para solos de textura média poderá variar de 0,8 a 1,6 mm/cm do solo. Para a estimativa da lâmina total d'água a ser aplicada para elevar o solo à capacidade de campo, neste estudo será assumido um valor de 1,2 mm/cm do solo para a DTA; deste modo, a capacidade total d'água no solo (CTA) que é obtida por:

$$CTA = DTA \times Z \quad (2)$$

Como a cultura forrageira utilizada neste experimento foi o *Braquiária brizantha* cv. Marandu foi assumido a profundidade efetiva das raízes como sendo de, aproximadamente, 43 cm, deste modo o valor da CTA adotado foi de 51,6 mm.

Segundo a divisão das culturas irrigadas proposta por Bernardo (2006), o fator de disponibilidade d'água no solo (f) para as plantas forrageiras varia de 0,3 a 0,7; e o mesmo ainda cita que é comum à adoção de 0,5 para este fator em projetos de irrigação para culturas forrageiras; deste modo, para efeito de estimação da capacidade real d'água do solo (CRA) adotou-se este valor. O valor da CRA é dado por:

$$CRA = CTA \times f \quad (3)$$

Portanto, o valor estimado da CTA foi de 51,6 mm, e valor de f adotado foi de 0,5; logo, o valor da CRA a ser utilizado neste projeto será de 25,8 mm.

4.2.5 Estimativa da demanda hídrica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

A estimação da demanda hídrica da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu foi mensurada a partir de uma série histórica, 2001 a 2009, de dados médios mensais das variáveis climatológicas, temperatura média do ar (T) e precipitação (P), e da evapotranspiração potencial (ETP) do município de Palmas – TO, apresentados por Sousa et al (2010), local onde foi instalado o experimento de campo; e dos parâmetros da cultura forrageira. A partir destas variáveis e da capacidade total d'água no solo (CTA), mensurada através da equação 2, desenvolveu-se o balanço hídrico climatológico para esta cultura pelo método de (THORNTHWAITE & MATHER, 1955) citado por (ROLIM, 1999).

4.2.6 Manejo da biofertilização da cultura forrageira

4.2.6.1 Estimativa da demanda nutricional da cultura forrageira

Para a condução da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu foi estimado a necessidade nutricional da cultura, apenas em relação aos macronutrientes primários: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), expressos nas formas de nitrogênio (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5) e óxido de potássio (K_2O). Para o cálculo da quantidade a ser disponibilizada dos elementos nutricionais requeridos pela cultura, P e K, foram levados em consideração os teores desses no solo na profundidade de 0 a 20 cm, antes de

iniciar o plantio, ver Tabelas A1 e A2 em anexos conseqüentemente, chegou-se aos valores de, aproximadamente: 113,745 kg/ha e 47,357 kg/ha, respectivamente, para P₂O₅ e K₂O, conforme limites mínimos, para o nível crítico (NC): médio, recomendados para formação de pastagens, citado por (ALCÂNTARA, 1999). Com relação ao elemento nutricional: N, não foi mensurado a existência desse no solo; por se tratar de um elemento altamente volátil. Deste modo, aplicou-se no solo o quantitativo requerido pela cultura que foi de 150,000 kg/ha N, esta dose demandada foi estimada por (FREIRE et al., 2012). As formulações de adubos comerciais usadas para atender a estas demandas foram: superfosfato simples (com 18% de P₂O₅), cloreto de potássio (com 60% de K₂O) e ureia (com 45% de N).

4.2.6.2 Estimativa da demanda d'água da cultura forrageira

No pré-plantio, ou seja, um dia antes de se iniciar a semeadura da capineira, em 22 de junho de 2015, aplicou-se uma lâmina d'água nas parcelas experimentais para elevar o nível de água no solo à capacidade de campo; esta foi calculada a partir da estimativa da lâmina d'água existente no solo, entre o ponto de murcha e a capacidade de campo. As demais lâminas aplicadas foram estimadas em função: da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), do turno de rega, este alternado de: 3 e 4 dias, e da precipitação ocorrida entre os eventos da biofertilização.

$$ET_m = ET_o \times K_c \quad (4)$$

Onde: ET_o = Evapotranspiração de referência, mm; e K_c = Coeficiente de cultivo.

Para a cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu utilizada neste experimento adotou-se um coeficiente de cultivo constante de valor igual a 0,8 para estágio de pastejo entre ciclo de pastejo, quando tratar-se de pastagem irrigada, recomendada por (ALENCAR et al., 2009). Como a ET_o foi estimada a partir da ETP, sendo esta obtida pelo método de Thornthwaite, e a localidade do experimento encontrar-se entre as latitudes 10° S e 15° S, utilizou-se um coeficiente de ajuste igual a 1,10 (KLAR, 2008).

$$ET_o = 1,10 \times ETP \quad (5)$$

Portanto, as lâminas d'água aplicadas em cada evento da biofertilização foram estimadas por:

$$I = ETm - P \quad (6)$$

Em cada evento da biofertilização, a lâmina d'água a ser aplicada, com ou sem líquido residuário, em cada parcela experimental era multiplicada pela área desta parcela gerando como produto o volume d'água, este era dividido pela capacidade do regador (10 litros), para que desta forma pudesse determinar o número de regadores a aplicar em cada parcela por evento. Somente a partir do 18º evento de aplicação da lâmina d'água requerida pela cultura, ocorrida em 19 de agosto de 2015, é que se introduziu nesta lâmina o material residuário; pois, nesta data é que a cultura apresentava, em média, uma altura de 20 cm. Ao longo do período experimental, entre pré-plantio (22/06/2015) e antecedente ao 3º corte (27/03/2016), realizou-se 64 eventos de aplicação d'água, destes 44 eventos de irrigação e 20 eventos de biofertilizações, sendo estas ocorridas em período diurno.

4.2.7 Operação de plantio da cultura forrageira

A semente da forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu foi adquirida no mercado de Palmas – TO, tendo esta apresentada um grau de pureza (P) igual a 60,3% e uma taxa de germinação (G) igual a 80,0%; logo, o valor cultural (VC) da mesma foi igual a 48,24%. Conforme Embrapa (1984) o ideal é semear de 1,5 a 2,0 kg/ha de sementes viáveis; neste experimento utilizou-se a quantia, correspondente ao ponto médio deste intervalo, de 1,75 kg/ha de sementes viáveis. A operação de plantio ocorreu em 24 de junho de 2015, com a semeadura realizada em linhas, equidistantes entre si de 1,00 m, mostrado na Figura 7. Em cada parcela foram implantadas três linhas de plantio, com 1,62 m de comprimento; estas linhas foram confeccionadas em forma de sulcos triangulares com profundidade de 4 cm, as sementes foram distribuídas nestes sulcos com espaçamentos entre si de 5 cm, e cobertas com solo levemente prensado sobre as sementes, apenas para propiciar o contato do solo úmido com estas. Logo após esta operação, realizou-se o segundo evento da biofertilização; pois, no estágio inicial, germinação e emergência, a cultura apresenta maior necessidade hídrica.

4.2.8 Caracterização do manejo da biofertilização no experimento de campo

O delineamento experimental foi realizado em blocos, B1 a B4, por 10 (dez) manejos de biofertilização, M1 a M10. Os materiais residuais utilizados neste experimento foram coletados em um Frigorífico de abate de animais bovinos localizado no município de Paraíso do Tocantins – TO, distante 87 km do local em que foi instalado o experimento de campo. Nesta empresa os resíduos, da linha verde, composto, principalmente, por: água, fezes, urina, vomito, são canalizados para uma caixa de recepção, desta caixa essa massa fluída é succionada e elevada através de um sistema de bombeamento até uma prensa, onde este fluído é separado em duas porções: líquida e sólida. A parte líquida é depositada em um sistema de biotratamento, composto por três lagoas de estabilização; e a parte sólida, esterco prensado, é utilizada como combustível no sistema de aquecimento da caldeira. A descrição do sistema de manejo da biofertilização testados em campo, encontra-se detalhada no Quadro 2.

Em visita realizada ao frigorífico, em 28 de maio 2015, foram coletados corpos de prova de materiais residuais nos três locais, objeto do estudo: caixa de recepção – contém massa fluída residuária oriunda da linha verde, 3^a lagoa de estabilização (biotratamento) – contém a porção líquida da massa fluída residuária da linha verde, e esterco prensado – parte sólida da massa fluída residuária da linha verde. Estes corpos de prova foram replicados, em três repetições, cada uma destas foi enviada para análise laboratorial, em três laboratórios distintos: Laboratório de saneamento do IFTO/Campus Palmas, Laboratório de saneamento da UFT/Campus Palmas, e Laboratório de solos – UFV. Para a determinação das quantidades de materiais residuais, e comerciais, a ser aplicado em cada manejo, de M3 a M10, foram utilizados apenas os dados dos indicadores físico-químicos mensurados pelo laboratório da UFV – Viçosa/MG, ver Tabela 1.

Quadro 2. Sistema de manejo da biofertilização testado em campo na cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Manejo da biofertilização	Descrição
M1	Aplicação de calcário dolomítico, e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano)
M2	Aplicação de calcário dolomítico, adubo NPK (comercial) e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano)
M3	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (80% comercial e 20% água residuária – 3ª lagoa de biotratamento), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M4	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (60% comercial e 40% água residuária – 3ª lagoa de biotratamento), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M5	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (40% comercial e 60% água residuária – 3ª lagoa de biotratamento), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M6	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (80% comercial e 20% água residuária – caixa de recepção), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M7	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (60% comercial e 40% água residuária – caixa de recepção), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M8	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (40% comercial e 60% água residuária – caixa de recepção), P e K (comercial complementa ao presente na água residuária), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano complementar a lâmina residuária)
M9	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (80% comercial e 20% esterco prensado), P e K (comercial complementa ao presente no esterco prensado), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano)
M10	Aplicação de calcário dolomítico, adubo: N (60% comercial e 40% esterco prensado), P e K (comercial complementa ao presente no esterco prensado), e lâmina d'água requerida (oriunda de poço artesiano)

Tabela 1. Indicadores físico-químicos dos materiais residuais, da linha verde do Frigorífico, utilizados no experimento.

Indicadores físico-químicos		Material residuário			
		3ª Lagoa biotratamento	Caixa de recepção	Esterco prensado	
Parâmetro	Unidade	Quantidade	Quantidade	Unidade	Quantidade
Condutividade elétrica	µS/cm	90	110	-	-
Sólidos totais	mg/L	1.092	1.271	-	-
Sólidos em suspensão totais		583,823	680,231	-	-
pH	-	8,2	8,05	-	8,76
Gorduras totais	%	23	46	%	12
Nitrogênio total	mg/L	149,445	172,326	mg/kg	443,789
Nitrogênio orgânico		86,541	89,441		131,442
Nitrito		0,074	0,194		3,102
Nitrato		2,423	4,213		11,413
Amônia		60,424	78,476		297,863
As		0,342	0,442		< 0,001*
Ni		0,032	0,022		< 0,001*
Cl		0,034	0,041		0,011
Cd		0,553	0,353		< 0,001*
Cu		0,452	0,541		1,432
Fe		1,921	3,734		< 0,001*
Al		0,047	0,038		< 0,001*
Mn		0,002	0,012		< 0,001*
Mg		0,703	0,945		0,667
S		2,652	2,835		1,072
Ca		5,962	10,024		4,554
P		1,584	1,982		3,212
Na	27,122	39,252	1,621		
K	14,223	21,421	5,322		
Carbono total	g/L	2,034	2,534	g/kg	5,322

Observação: Os minerais foram determinados após digestão nitroperclórica.

* Valores abaixo do limite de detecção.

Conforme a disponibilidade no solo dos nutrientes NPK, observada a partir da amostragem, ver resultados nas Tabelas A1 e A2 em anexos, do quantitativo destes mesmos nutrientes presentes nos materiais residuais, oriundos do Frigorífico, utilizados no experimento, apresentados na Tabela 1, e da demanda nutricional estimada da cultura forrageira *Brachiaria brizantha*, cv Marandu efetuou-se o dimensionamento dos

quantitativos dos insumos a ser aplicado no solo para atender a demanda desta cultura. Na Tabela 2, a seguir são apresentadas as quantidades dos insumos aplicados em cada manejo da biofertilização; de modo que todos os biomanejos apresentaram as mesmas ofertas destes nutrientes demandados pela cultura, variando-se, portanto, apenas a fonte destes nutrientes, que foram: comercial e/ou residuária. Estes quantitativos aplicados foram fracionados em 20 (vinte) porções, e distribuídos sobre o solo das parcelas experimentais; as porções dos insumos comerciais eram diluídas na água aplicada nos eventos da biofertilização, as porções dos insumos residuais, oriundos da 3ª lagoa de biotratamento ou da caixa de recepção, eram aplicadas juntamente com a lâmina d'água completar oriunda do poço artesiano.

Tabela 2. Quantitativo dos insumos, corretivo e biofertilizantes, aplicados em cada parcela para suprir a demanda da cultura forrageira.

Manejo da biofertilização	Insumos	Quantidade por parcela	Unidade
M1	Calcário dolomítico	840	kg
M2 (100% NPKcom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	307	kg
	Cloreto de Potássio	39	kg
	Uréia	162	kg
M3 (80% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	305	kg
	Cloreto de Potássio	36	kg
	Uréia	130	kg
	Água residuária: 3ª lagoa biotratamento	98	lt
M4 (60% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	303	kg
	Cloreto de Potássio	33	kg
	Uréia	97	kg
	Água residuária: 3ª lagoa biotratamento	196	lt
M5 (40% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	301	kg
	Cloreto de Potássio	30	kg
	Uréia	65	kg
	Água residuária: 3ª lagoa biotratamento	293	lt
M6 (80% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	305	kg
	Cloreto de Potássio	35	kg
	Uréia	130	kg
	Água residuária: caixa de recepção	85	lt
M7 (60% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	303	kg
	Cloreto de Potássio	32	kg
	Uréia	97	kg
	Água residuária: caixa de recepção	170	lt
M8 (40% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	301	kg
	Cloreto de Potássio	28	kg
	Uréia	65	kg
	Água residuária: caixa de recepção	254	lt
M9 (80% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	305	kg
	Cloreto de Potássio	39	kg
	Uréia	130	kg
	Esterco prensado	33	kg
M10 (60% Ncom.)	Calcário dolomítico	840	kg
	Supersimples	303	kg
	Cloreto de Potássio	39	kg
	Uréia	97	kg
	Esterco prensado	66	kg

4.3 Caracterização da biomassa foliar da forrageira utilizada no experimento

O dimensionamento da composição químico-bromatológica da forrageira biofertilizada a partir da utilização de materiais residuais torna-se imprescindível na avaliação do impacto deste material no desempenho agrônomo da cultura, bem como nos indicadores, físico, químico e biológico, de qualidade do solo.

O primeiro corte da forrageira foi realizado no dia 30 de novembro de 2015, após 160 dias da semeadura; apesar da cultura ter sido biofertilizada, a emergência das plântulas demorou em torno de um mês para acontecer, é provável que este tenha sido influenciado plantio ter ocorrido no período seco, ou seja, sem ocorrência de precipitações. O segundo corte foi realizado no dia 18 de janeiro de 2016, 49 dias após a ocorrência do primeiro corte, e o terceiro corte foi realizado no dia 29/03/2016, 71 dias após o segundo corte. Estes cortes foram realizados com o auxílio de uma tesoura de poda, as amostras simples da biomassa vegetal utilizada para as análises químico-bromatológicas eram coletadas no centro das parcelas, com dimensões 1,00 m por 0,82 m, para evitar o efeito bordadura (Figura 7). Essas amostras simples foram pesadas em uma balança analítica para obtenção da massa verde (MV) e enviados ao Laboratório de Química do CEULP/ULBRA para realização do procedimento de obtenção da massa seca em estufa.

Estas amostras simples foram devidamente identificadas, e acondicionadas em estufas a uma temperatura de 65 °C, com ventilação forçada por um período de 72 horas, para perda de umidade. Após o desligamento da estufa, deixou-se os corpos de prova resfriando a temperatura ambiente (25 °C ± 5 °C), efetuou a operação de pesagem novamente, este procedimento foi repetido até que sua massa permanecesse constante, obtendo-se a massa seca ao ar (MAS). Em seguida, com o auxílio de um moinho tipo Willey procedeu-se a moagem das amostras simples da massa vegetal pré-seca. Cada amostra simples foi replicada em duas porções, uma porção de cada amostra simples foi enviada para o Laboratório da Zoofértil em Palmas – TO para análises químico-bromatológicas. Neste laboratório somente foram realizadas as análises da biomassa vegetal colhida no 1º corte, nos demais cortes estas análises foram realizadas no Laboratório Terra Análises para Agropecuária Ltda – EPP, Goiânia/GO.

As outras porções, de cada amostra simples, foram colocadas na estufa a uma temperatura de 105 °C, até o peso das mesmas permanecer constantes, para a mensuração da massa seca em estufa (MSE). Após a mensuração da MSE, em cada amostra simples, estas foram colocadas na mufla a uma temperatura de 550 °C, para estimação do teor de cinzas.

A estimação dos indicadores de umidade (U), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM) e fósforo (P) da biomassa foliar, que também, são fundamentais para se avaliar o impacto da biofertilização com utilização de águas residuárias; foram realizadas conforme metodologias seguidas pela *Association of Official Analytical Chemists* (1990), e reconhecidas pelo Ministério da Agricultura.

Para a mensuração dos teores de minerais e nitrogênio as amostras simples vegetais foram inicialmente submetidas à digestão nitricoperclórico (TEDESCO et al., 1985). Para esta operação, utilizou-se 1 g de cada amostra simples vegetal misturada a 5 mL de uma solução composta por ácido nítrico e ácido perclórico (3:1 v:v). Essa mistura foi incubada por um período de duas horas a uma temperatura de 200 °C.

O método Kjeldahl foi utilizado para quantificar o teor de N, e para a mensuração dos teores de P, K e Na utilizou-se a espectrofotometria e fotometria de emissão de chama. As mensurações dos teores dos demais minerais foram estimadas através da espectrofotometria por emissão de plasma, conforme procedimento descrito pela (EMBRAPA, 1999).

4.4 Análise da microbiota do solo antes e depois do manejo da biofertilização

4.4.1 Mensuração, por estimação, de microrganismos viáveis no solo

Para a estimação dos microrganismos no solo, utilizou-se dez gramas de cada amostra simples de solo, esta porção de solo foi adicionada no recipiente Erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina (cloreto de sódio, 0,85 % m/v) (SABINO, 2007). Essa mistura foi agitada por um período de uma hora a 200 rpm. Em seguida esse material foi filtrado em papel filtro. A suspensão obtida foi armazenada a 4 °C. Uma série de diluições (de 10^{-1} a 10^{-7}) a partir de 1 mL da suspensão foi realizada. Retirou-se um volume de

100 μ L de cada uma destas diluições, adicionando-as sobre meio de cultura sólido específico para cada microrganismo e espalhando-a com auxílio da alça de Drysgaki. Esse procedimento foi realizado em triplicatas e as placas foram incubadas a 25 °C.

Na mensuração de bactérias fixadoras de nitrogênio, utilizou-se meio de cultura ágar nutriente (para 1 L: 15 g de ágar, 1,5 g de extrato de carne, 5 g de cloreto de sódio e 5 g de peptona), conforme procedimento descrito por (SABINO, 2007). Após esterilização a 121 °C por 20 min foi adicionado 0,3 mL de nistatina, em que o pH foi aferido para 7.0. As placas foram incubadas por um período de 3 dias.

O procedimento meio Martin (para 1 L: 15 g de ágar, 1 g de fosfato dibásico de potássio, 1 g de sulfato de magnésio, 5 g de peptona e 10 g de glicose) contendo rosa-bengala (0,1 % m/v) foi utilizada para contagem de fungos filamentosos (MARTIN, 1950). Nesse meio adicionou-se, também, 1 mL de estreptomicina (0,03 g/100 mL), sendo o pH deste meio aferido para 5,8. As placas foram incubadas por um período de 7 dias.

A contagem das colônias de actinomicetos ocorreu em meio seletivo contendo glicerol (para 1 L: 15 g de ágar, 0,3 g de caseína hidrolisada, 10 g de glicerol, 2 g nitrato de potássio, 2 g de cloreto de sódio, 2 g de fosfato dibásico de potássio, 0,05 g de sulfato de magnésio heptahidratado, 0,02 g de carbonato de cálcio, 0,01 g de sulfato ferroso heptahidratado), proposto por (RODRIGUES, 2007). As placas foram incubadas por um período de 7 dias.

Os resultados das mensurações microbianas foram expressos em escala logarítmica da unidade formadoras de colônia (UFC) por grama de solo amostrado.

4.4.2 Caracterização da diversidade microbiana do solo por perfil de DGGE

A mensuração, por estimacão, da diversidade de bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foi realizada através da técnica de gradiente de desnaturação em gel de eletroforese (DGGE). Esses grupos microbianos selecionados para essa análise devem-se à grande diversidade de espécies e a contribuição destes para fertilidade de solo.

O gene *nifH* e o 18S rDNA foram inicialmente amplificados pela técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR) a partir do DNA total para análise de BFN e dos FMAs, respectivamente.

O DNA total das amostras do solo foi extraído utilizando-se o Kit-MO BIO (Ultraclean™ soil DNA isolation), conforme instruções do fabricante. Para o desenvolvimento deste procedimento, adicionou-se 0,5 g de solo em tubos plásticos (tipo Eppendorff) contendo grânulos de polipropileno (Bead solution tubes). Após várias etapas de adição de soluções e centrifugações, conforme protocolo do fabricante, a suspensão contendo o DNA total foi armazenada a uma temperatura de -20 °C.

4.4.3 Perfil de DGGE da comunidade de bactéria, fixadora de nitrogênio, do solo

Para a amplificação do gene *nifH* foram utilizados os oligonucleotídeos iniciadores (*primers*) 19F (5`GCIWTYTAYGGIAARGGIGG 3`) e 407R (5`AAICCRCCRAIACIACRTC 3`), utilizado por Ueda et al. (1995), que resultou em um fragmento de 390 pb, seguindo do *Nested* PCR com os *primers* 19F-GC (com adição do grampo GC) e o primer 278R (5`GCGCAGCCCIACICCGGYTC 3`) que produziu um fragmento de 260 pb (DIREITO & TEIXEIRA, 2002). A mistura do PCR foi realizada num volume final de 50 µL, contendo por reação 1 µL (20,0 ng) de DNA total, 0,2 µM de cada *primers* (19F e 407R ou 19f-C e 278R), 200 µM de desoxidionucleotídeos trifosfatados (dNTP), 2 mM cloreto de magnésio (MgCl₂), 0,5 mg ml⁻¹ de soro bovino albumina e 1,25 U GO Taq DNA polymerase (Invitrogen, Life Technologies) em 20 mM Tris-HCl, pH 8,4, e 50 mM cloreto de potássio (KCl). O programa utilizado no termociclador (Eppendorf) como caracterizado por (DIREITO & TEIXEIRA, 2002). Os controles negativos consistiram de 1 µL de água MilliQ, em substituição à amostra de DNA, para que desta forma possa-se constatar a presença de possíveis contaminantes.

O resultado do procedimento *Nested*-PCR foi analisado por DGGE (Modelo DCode™ Systems - BIO-RAD California). Uma amostra de 20 µL do produto do *Nested* PCR foi aplicado em gel de poliacrilamida 8 % (w/v) em tampão TAE 1 X. Este gel foi preparado com gradiente desnaturante variando de 45 a 70 % (onde 100 % de desnaturação significa a concentração de 7M de uréia e 40 % de formamida). O gel foi submetido à

eletroforese vertical por 12 h a 60 V à temperatura de 60 °C, e posteriormente corado por 40 min com SYBR Gold (1x) (Molecular Probes, Leiden, The Netherlands) e fotografado sobre luz ultra-violeta no fotodocumentador Molecular *Imaging* (Loccus biotecnologic L-Pix Chemi).

Nas análises utilizou-se como marcadores externos, o DNA extraído de culturas puras de bactérias diazotróficas: *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 14), *Bradyrhizobium elkanii* (BR96), *Bradyrhizobium japonicum* (BR111), *Rhizobium tropici*, *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia brasiliensis* (BR11340), *Burkholderia sabiae* (BR3405), *Paenibacillus validus*, *Stenotrophomonas maltrophila*, *Bacillus cereus* (ATCC 3) e *Acinetobacter calcoaceticus*, este procedimento foi usado por da Luz et al. (2014).

O software Bionumerics (Versão 5.10), foi utilizado para normalização, conversão e comparação das imagens em matrizes de presença/ausência e intensidade de bandas.

4.4.4 Perfil de DGGE da comunidade de fungos micorrízicos arbuscular no solo

As amplificações do PCR foram procedidas em um termociclador (Mastercycler epgradient, Eppendorf), desenvolvendo-se as seguintes etapas: um primeiro ciclo de 1 min a 94 °C, 1 min a 66 °C e 1 min e 30 s a 72 °C, seguido de mais 30 ciclos de 30 s a 94 °C, 1 min a 66 °C e 1 min e 30 s a 72 °C e para finalizar com a extensão final de 10 min a 72 °C. Para a confirmação da presença do produto amplificado, 5 µL dos produtos das reações de PCR foram submetidas à eletroforese em gel de agarose (0,8% p/v), corado com brometo de etídio, visualizado e fotografados sobre luz ultra-violeta no fotodocumentador Molecular *Imaging* (Loccus Biotecnologic L-Pix Chemi).

A composição da mistura do PCR foi constituída de 20,0 ng de DNA total, 0,2 µM de cada oligonucleotídeo, 200 µM de dNTP, 2 mM MgCl₂, 0,5 mg ml⁻¹ de BSA e 1,25 U GO Taq DNA polimerase (Promega, Madison, USA) em um volume de reação de 50 µL. Os controles negativos consistiram de 1 µL de água MilliQ, em substituição à amostra de DNA.

Os *primers* utilizados para amplificação dos fragmentos correspondentes ao 18S rDNA na primeira reação de PCR foram: AM1(5'- GTTTCCCGTAAGGCGCCGAA-3')

(HELGASON et al., 1998), em combinação com o *primer* universal para eucariotos NS31 (5'-TTGGAGGGCAAGTCTGGTGCC-3'), conforme (SIMON et al., 1992).

O produto dessa amplificação foram fragmentos de DNA de aproximadamente 580 pb. Com a finalidade de se obter um fragmento de DNA menor para realização do DGGE e melhor observação das bandas no gel, foi realizada uma segunda rodada de reações de PCR (*Nested* PCR) onde foram utilizados os *primers* NS31-GC (com grampo GC), utilizado por Kowalchuk et al. (2002) e Glo1 (5'-GCCTGCTTTAAACTCTA), por Cornejo et al. (2004), empregando-se a mesma reação de mistura anterior. Para a confirmação da presença dos produtos, 5 µL da reação de PCR foram submetidos a eletroforese em gel de agarose (1,5% p/v). Esse gel foi corado com brometo de etídio e visualizados e fotografados sobre luz ultra-violeta no fotodocumentador Molecular Imaging (Loccus Biotechnologic L-Pix Chemi).

A análise dos fragmentos de DNA obtidos pela técnica de *Nested*-PCR foi realizada por DGGE (Modelo *DCodeTM Systems* - BIO-RAD California). Uma amostra de 20 µL do produto do *Nested* PCR de 150 a 200 ng de DNA, foi aplicado em gel de poliacrilamida 8% (p/v) em tampão TAE 1 X. Esse gel foi preparado com gradiente desnaturante variando de 35 a 50% (onde 100% de desnaturação tem como significado a concentração de 7M de uréia e 40% de formamida). O gel foi submetido à eletroforese vertical por 20 h a 60 V à temperatura de 60 °C, posteriormente corado por 40 min com *SYBR Gold* (1x) (Molecular Probes, Leiden, The Netherlands) e fotografado sobre luz ultra-violeta no fotodocumentador *Molecular Imaging* (Loccus Biotechnologic L-Pix Chemi). Nessas análises foram utilizados como marcadores externos o DNA extraído de culturas puras de *Glomus clarum*, *Acaulospora koskei* (SCT406A), *Acaulospora tuberculata* (SCT250B), *Gigaspora albida* (PRN201A), *Gigaspora decipiens* (SCT304A) e *Scutellospora heterogama* (PNB102A) obtidas da Coleção Internacional de Culturas de Glomeromycota da Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC.

4.5 Análise estatística dos dados dos indicadores de qualidade do solo e da biomassa foliar

O experimento foi conduzido por um delineamento em blocos inteiramente casualizado com desdobramento fatorial (10 manejos de biofertilização por 3 épocas de cortes da biomassa vegetal). As quantificações dos indicadores: físico, químico e biológico do solo, bem como dos indicadores químico-bromatológicos da biomassa foliar foram comparados utilizando a análise estatística inferencial seguida do teste de Student, ambos a 5 % de significância.

As estimativas dos parâmetros avaliados foram realizadas a um nível de 95% de confiabilidade. Baseado nos limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Pimentel-Gomes (2000) para avaliar dispersão de dados, pode-se considerar a variação **baixa**, quando $CV < 10\%$, **média**, quando CV for de 10 a 20%, **alta**, quando CV for de 20 a 30%, e **muito alta**, quando $CV > 30\%$.

Modelos matemáticos, bidimensionais e multidimensionais, foram obtidos a partir do ajustamento dos pontos oriundo das correlações das variáveis, com maior coeficiente de explicação e significância. Os gráficos para apresentar as relações entre as variáveis foram confeccionados a partir dos softwares: Excel, Surfer, Sigma PLOT, Minitab 17, entre outros.

Os perfis de DGGE obtidos foram analisados e comparados no software *Bionumerics* (Versão 5.1), onde foram alinhados de acordo com os marcadores externos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros mensurados antes da operação de preparo do solo na área experimental

5.1.1 Composição dos materiais residuários do frigorífico de abate de bovinos

Os dados dos indicadores físico-químicos dos materiais residuais, da linha verde do frigorífico, utilizados no experimento, encontram-se na Tabela 1; os valores mensurados destes indicadores foram semelhantes aos obtidos nos efluentes de abatedouros de bovinos (GOMES, 2010; LOUVET et al., 2013; MALDANER, 2008; MASSE et al., 2000; PACHECO e YAMANAKA, 2008).

Estes materiais apresentaram uma composição altamente diversificada, com teores dos macronutrientes primários, nitrogênio (N) e potássio (K), e do macronutriente secundário cálcio (Ca) bastante expressivos; mostrando ser esses materiais de grande valia como fonte destes nutrientes para atender a demanda nutricional das plantas domesticadas, e cultivadas; especialmente, as gramíneas forrageiras tropicais. O teor do macronutriente N foi utilizado para estimar a quantidade dos compostos residuários, oriundo: da 3ª lagoa de estabilização (biotratamento), da caixa de recepção e do esterco prensado a ser aplicado nos sistemas de manejo da biofertilização avaliados no experimento instalado em campo com a cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, ver Tabela 2.

Dentre estes compostos residuários, o oriundo da 3ª lagoa de estabilização está quase apto para ser lançado no corpo hídrico, conforme os limites físico-químicos estipulados na resolução N° 430 de 16/05/2011 (CONAMA, 2011); exceto em relação ao indicador químico N, pois este apresentou um teor superior a 7 (sete) vezes o limite máximo permitido. Como, as gramíneas forrageiras por apresentarem taxas de crescimento foliar acelerado, necessitam de grande quantidade, justamente, deste nutriente; dentre os macronutrientes, o N é o que mais altera a composição da planta, por estar intimamente relacionado ao seu metabolismo, tanto pela quantidade (REICH et al., 2003), como pela forma disponível à planta na solução do solo (RAHAYU et al., 2005). Desde modo, torna-se possível a utilização destes compostos residuais no atendimento da demanda destas plantas. Em solos com capacidade de aeração adequada, este nutriente mineral encontra-se predominantemente na forma de nitrato, proporcionado pela ação, especialmente, das bactérias. Mas, em solos com média a alta capacidade de drenagem, como é o caso dos

solos, Latossolos e Neossolos, predominantes no bioma Cerrado, provoca a lixiviação deste ânion nitrato (De BONA, 2008).

Com relação ao teor do nutriente Sódio (Na) presente nestes compostos residuais utilizados no experimento, oriundo: da 3ª lagoa de estabilização, da caixa de recepção e do esterco prensado; estes apresentaram, respectivamente, as concentrações: 27,122 mg/L, 39,252 mg/L e 3,212 mg/kg; abaixo do limite de 40 mg/L, informado por Von Sperling (2005), que quando o resíduo é lançado no solo poderá provocar salinização ou sodificação do solo e do lençol freático (GLOAGUEM et al., 2010).

Os compostos residuais fluídos utilizados apresentaram condutividade elétrica (CE) de 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, oriundos da 3ª Lagoa de estabilização e da caixa de recepção; como estes valores encontram-se abaixo do limite de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estes são classificados como nível baixo – C1 de salinização do solo, conforme (BERNARDO, 2006).

Estes compostos residuários utilizados no experimento apresentaram pH entre 8,00 e 8,80, ou seja, acima de 7, o que os classifica como básicos; provavelmente, quando aplicados no solo, contribuirão positivamente com o calcário aplicado no solo para elevar o pH da solução aquosa do solo; o que contribui para o aumento da capacidade de troca de cátions no solo (CTC), favorecendo o desenvolvimento da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

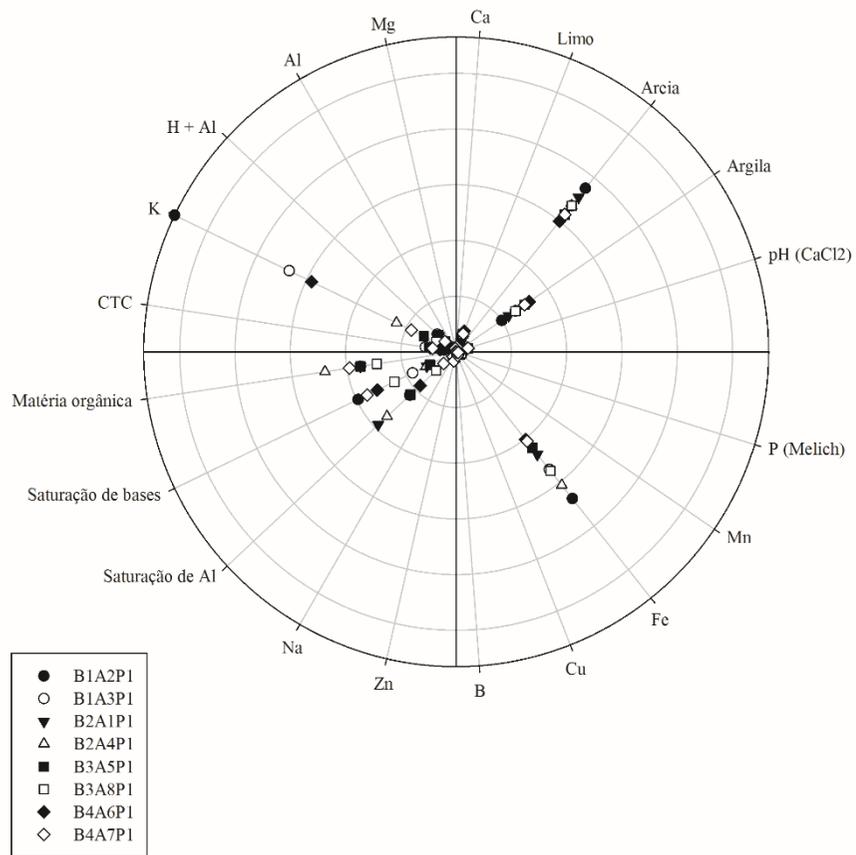
5.1.2 Análise do solo antes do preparo para o plantio

5.1.2.1 Caracterização dos indicadores físico-químico do solo

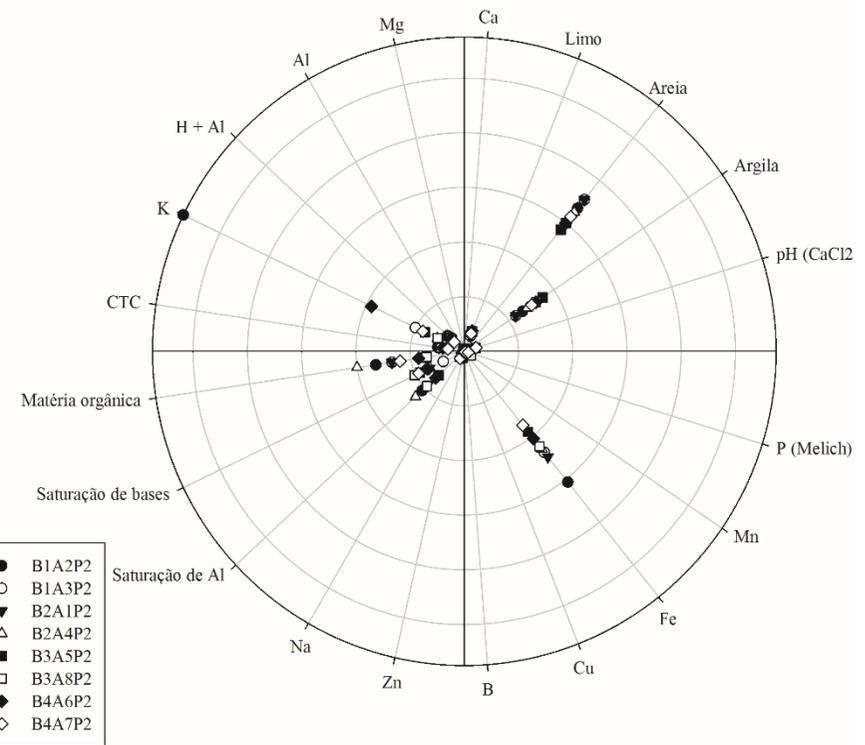
A série apresentada na Tabela 3 e nas Figuras 8a e 8b, a seguir, mostra o comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, especialmente e ao longo do perfil, obtidos por estimativa.

Tabela 3. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo na área experimental, CEULP/ULBRA, antes do preparo para o plantio da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos	Profundidade do solo, cm									
	0 - 10		10 - 20		20 - 30		90 - 100			
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)		
pH (CaCl ₂)	4,25 ± 0,17 a	4,7	4,28 ± 0,11 a	3,0	4,40 ± 0,13 ab	3,6	5,23 ± 0,10 b	2,2		
Argila	%	26,63 ± 3,31 a	14,9	28,63 ± 3,68 a	15,4	30,00 ± 2,00 a	8,0	31,25 ± 2,63 a	10,1	
Areia		66,63 ± 4,00 a	7,2	64,25 ± 4,35 a	8,1	62,50 ± 2,41 a	4,61	61,13 ± 3,01 a	5,9	
Limo		6,75 ± 0,74 a	13,1	7,13 ± 0,70 a	11,7	7,50 ± 0,45 a	7,1	7,63 ± 0,43 a	6,8	
Ca	cmolc/dm ³	0,98 ± 0,32 a	39,4	0,73 ± 0,14 a	23,0	0,58 ± 0,12 a	25,9	0,66 ± 0,12 a	21,3	
Mg		0,64 ± 0,22 a	41,9	0,48 ± 0,10 a	24,5	0,43 ± 0,09 a	24,4	0,49 ± 0,09 a	23,1	
Al		0,36 ± 0,19 a	64,2	0,24 ± 0,14 a	70,9	0,23 ± 0,15 a	81,4	0,11 ± 0,09 a	100,1	
H + Al		6,56 ± 2,09 a	38,1	7,08 ± 0,95 a	16,1	5,79 ± 1,08 a	22,4	2,38 ± 0,25 b	12,5	
K		0,10 ± 0,08 a	97,8	0,08 ± 0,07 a	117,3	0,11 ± 0,19 a	200,2	0,03 ± 0,02 a	76,7	
CTC		8,27 ± 1,93 a	27,9	8,35 ± 0,97 a	14,0	6,90 ± 1,13 a	19,5	3,56 ± 0,35 b	11,8	
Matéria orgânica		g/dm ³	36,88 ± 4,57 a	14,8	24,63 ± 7,62 b	37,0	21,00 ± 5,06 b	28,8	10,25 ± 1,99 c	23,2
Saturação de bases		%	22,92 ± 9,68 ab	50,5	15,48 ± 3,01 a	23,2	16,45 ± 4,15 a	30,2	33,15 ± 3,83 b	13,8
Saturação de Al	18,97 ± 11,15 a		70,3	13,77 ± 7,72 a	67,1	16,99 ± 11,52 a	81,1	7,94 ± 6,55 a	98,6	
Na	mg/dm ³	2,13 ± 0,30 a	16,6	2,25 ± 0,39 a	20,6	2,25 ± 0,39 a	20,6	2,13 ± 0,30 a	16,6	
Zn		2,05 ± 0,73 a	42,5	1,30 ± 0,67 a	61,8	1,19 ± 0,83 a	84,0	1,46 ± 0,67 a	54,9	
B		0,23 ± 0,03 a	16,4	0,22 ± 0,04 a	21,4	0,22 ± 0,04 a	23,5	0,21 ± 0,03 a	20,2	
Cu		0,54 ± 0,42 a	94,3	0,31 ± 0,12 a	46,6	0,39 ± 0,22 a	68,2	0,44 ± 0,27 a	73,2	
Fe		51,25 ± 8,17 a	19,1	54,18 ± 6,82 a	18,1	37,94 ± 6,43 a	20,3	28,51 ± 1,51 b	6,4	
Mn		0,95 ± 0,48 a	59,8	1,00 ± 0,72 a	86,5	1,14 ± 0,61 a	64,1	0,41 ± 0,19 a	54,1	
K		38,50 ± 31,51 a	97,9	29,75 ± 29,77 a	119,7	43,50 ± 73,19 a	201,3	12,13 ± 7,84 a	77,30	
P (Melich)		1,14 ± 0,52 a	54,8	1,03 ± 0,27 a	31,6	0,83 ± 0,22 a	32,2	0,99 ± 0,44 a	52,9	

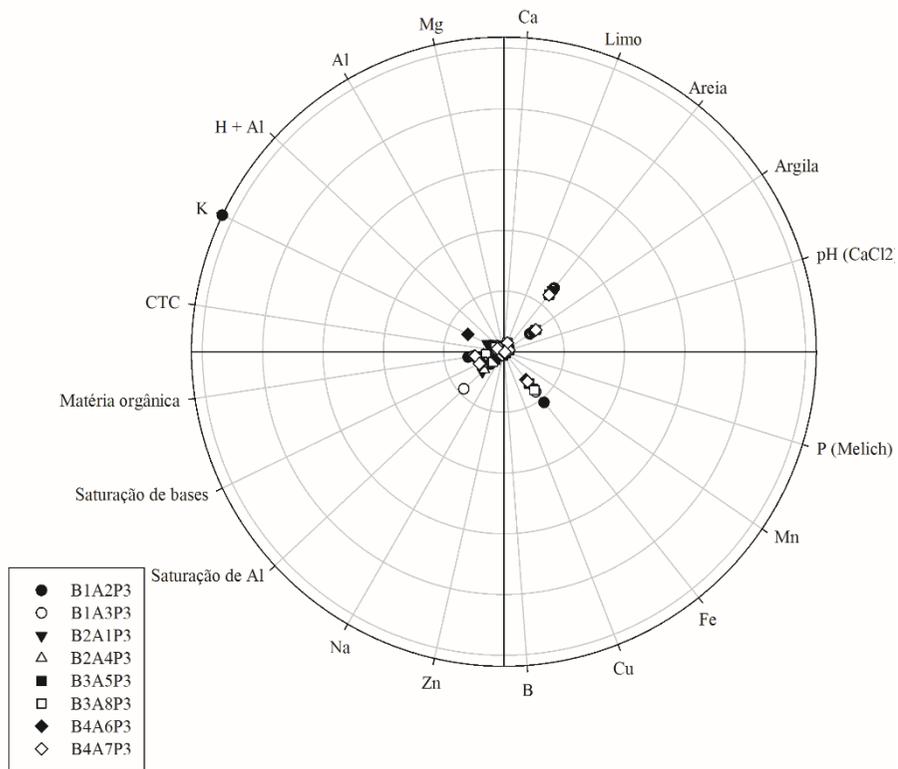


0 a 10 cm

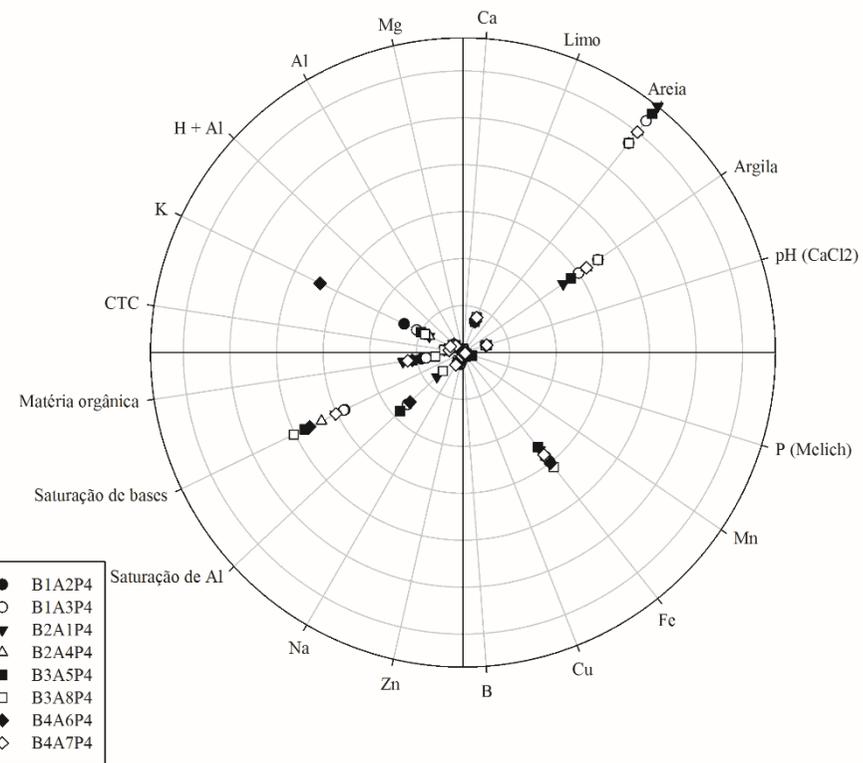


10 a 20 cm

Figura 8a. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, nas profundidades de: 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, antes do preparo para o plantio da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



20 a 30 cm



90 a 100 cm

Figura 8b. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, nas profundidades de: 20 a 30 cm e 90 a 100 cm, antes do preparo para o plantio da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Analisando o comportamento dos dados dos indicadores físico-químicos do solo na Tabela 3 e Figuras 8a e 8b, pode-se afirmar que quase todos apresentam de média ($10\% < CV < 20\%$) a muito alta ($CV > 30\%$) dispersão ao longo do espaço, e do perfil do solo, com exceção dos indicadores físicos pH e proporção de areia que apresentam baixa dispersão ($CV < 10\%$). Ainda com relação ao indicador pH, ao longo da seção longitudinal, ou seja, do perfil do solo na profundidade de 0 a 30 cm não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$). Mas, este indicador na camada de 90 a 100 cm apresentou diferença significativa quando comparado às camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade; Ronquim (2010) constatou que os solos do bioma Cerrado apresentam acidez leve, podendo variar em função da época, da posição geográfica e da profundidade da coleta das amostras simples do solo. Portanto, esta variável (pH) apresenta uma relação diretamente proporcional com a profundidade do solo, isto é, tende a aumentar com o aprofundamento deste.

Ainda com relação ao comportamento dos indicadores físico-químicos do solo na profundidade 20 a 30 cm, apresentado na Figura 8b, há uma falsa impressão de que nesta profundidade a concentração dos indicadores físico-químicos é menor que nas outras profundidades avaliadas; mas, este fato deve-se a uma altíssima variabilidade, $CV = 201,3\%$, no teor do nutriente potássio (K) ocorrido nesta profundidade.

Verifica-se que a soma da concentração dos íons, H + Al, tende a decrescer; enquanto que, a saturação das bases tende a aumentar com o aprofundamento do solo (Figura 9). Possivelmente, este fenômeno deve-se a convergência de fatores naturais como o parâmetro morfológico textura, que segundo a classificação da EMBRAPA é de franco-argilo-arenosa, devido a um alto percentual, $> 60\%$, de areia ao longo do seu perfil, até a profundidade de 100 cm, associado a uma razoável concentração, de até 34% , de argila; e o parâmetro climático precipitação comumente apresenta volume infiltrado maior que a camada superficial do solo é capaz de armazenar, correspondente a zona efetiva das raízes, promovendo o favorecimento da lixiviação das bases no perfil do solo, contribuindo deste modo para o aumento da concentração dos íons, H e Al, na porção agricultável do solo.

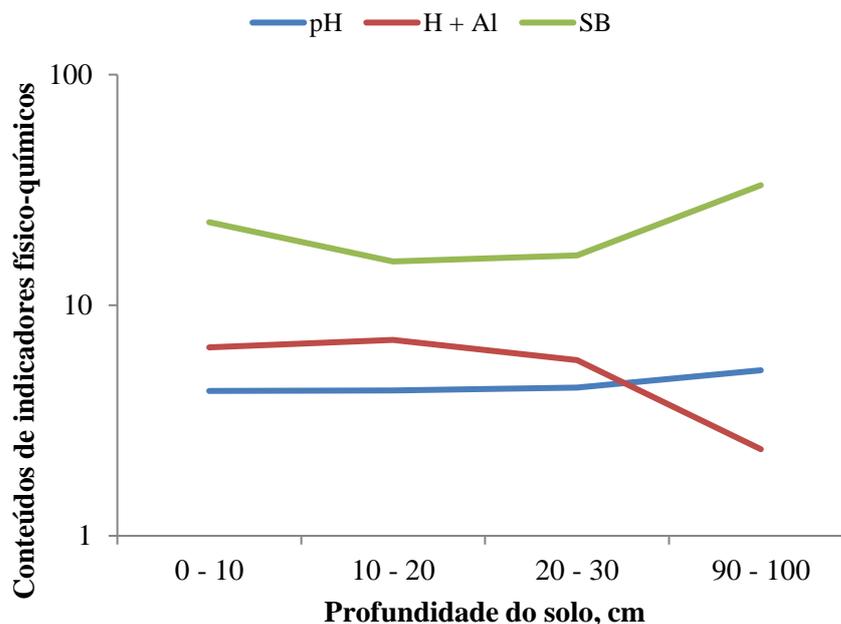


Figura 9. Comportamento dos indicadores químicos, pH, H + Al (cmolc/dm³) e saturação de bases (%) no perfil do solo.

O modo com que estes indicadores se concentram, e movimentam, no solo em condições naturais neste ambiente, limita o seu uso para a exploração de atividades agropastoris; para contornar esta limitação, faz-se necessário uso de corretivos e fertilizantes para elevar o pH, bem como a saturação de bases aos níveis desejais ao pleno potencial produtivo das culturas domesticadas. Minimizando com isto, a necessidade de incorporar novas porções de solos, com vegetação natural, aos sistemas produtivos.

5.1.2.2 Análise da diversidade microbiana do solo

5.1.2.2.1 Contagem de microrganismos viáveis

Em todos os pontos de coleta foi observado contagem de células microbianas viáveis, ver Tabela 4 e Figura 10. Essa contagem, ou seja, densidade de microrganismos por massa de solo diminui em função da profundidade que pode ser devido à limitação de nutrientes e oxigênio (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006); a concentração destes organismos é mais expressiva na profundidade de até 20 cm, a partir desta profundidade tende a ocorrer uma redução significativa, especialmente de fungos. Vale Júnior (2011) também constatou que a concentração de microrganismos é mais alta na superfície do solo.

Considerando a mesma profundidade não foi observada diferença significativa na contagem de células microbianas entre os pontos de coletas ($p < 0,05$). Mostrando que, na área selecionada para instalação do experimento, há certa semelhança em relação presença de células microbianas. Essa semelhança se justifica devido ao tamanho e a topografia da área experimental. A área total do experimento, 252 m², composta por duas subáreas, com dimensões de 7 m por 18 m cada uma. Em cada subárea, os pontos de coleta foram espaçados entre si, de 3,5 m, numa dimensão, e de 9,0 m, noutra dimensão. A superfície da área experimental apresentou declive inferior a 5%, ou seja, relevo suave, o que contribui para uma distribuição mais homogênea das células e dos esporos microbianos.

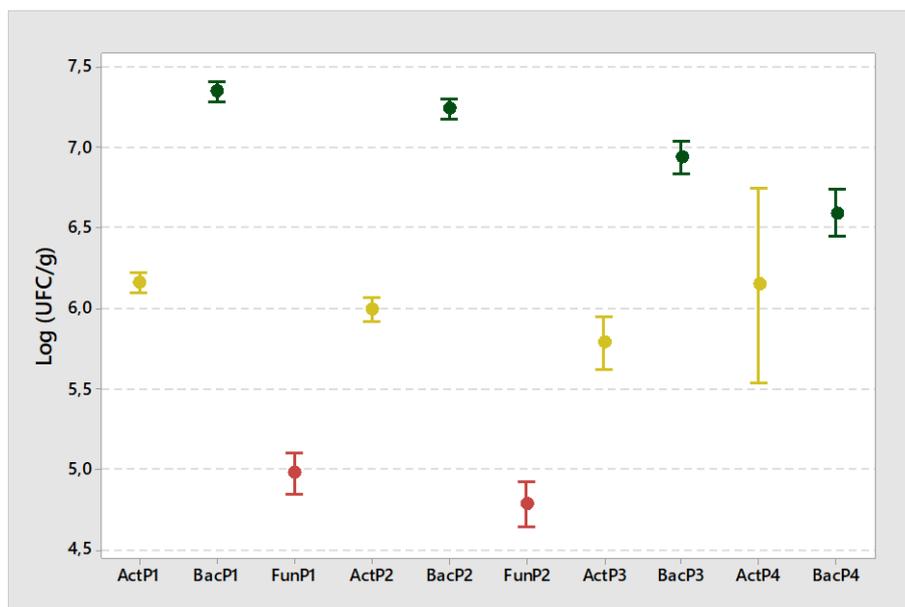
Independentemente do local de coleta e da profundidade analisada, a quantidade de células bacterianas viáveis foram superiores à de fungos (Tabela 4). Este fato deve-se, possivelmente, às bactérias ocuparem diversos nichos ecológicos com espécies aeróbicas, anaeróbicas obrigatórias e facultativas e fixadoras de nitrogênio (DUNBAR et al., 2002, ZEHR et al., 2003).

Somente nos pontos de coleta A1 e A3 foi observado colônia de actinomicetos na profundidade de 90-100 cm (Tabela 4). Entretanto, esse grupo de procarioto tem uma distribuição ampla em toda a área experimental. Demonstrando que nesta área experimental há microrganismos com potencial para fixação de nitrogênio. Silva (2017) constatou presença de células viáveis de actinomicetos na profundidade de até 30 cm em solo do bioma Cerrado.

Tabela 4. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo antes do plantio do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu e utilização da biofertilização com efluente do abate de bovino.

Pontos de coleta	Profundidade (cm)	Actinomicetos	Bactérias totais	Fungos
		Log (UFC g ⁻¹)		
A1	0 – 10	6,19 ± 0,01	7,39 ± 0,01	5,25 ± 0,01
	10 – 20	6,06 ± 0,01	7,31 ± 0,01	5,10 ± 0,03
	20 – 30	5,97 ± 0,01	7,21 ± 0,02	- ^a
	90 – 100	5,40 ± 0,04	6,70 ± 0,02	- ^a
A2	0 – 10	6,19 ± 0,01	7,37 ± 0,01	4,97 ± 0,02
	10 – 20	6,02 ± 0,01	7,27 ± 0,02	4,80 ± 0,03
	20 – 30	5,97 ± 0,01	6,91 ± 0,01	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,64 ± 0,01	- ^a
A3	0 – 10	6,17 ± 0,01	7,32 ± 0,02	5,10 ± 0,02
	10 – 20	6,06 ± 0,01	7,27 ± 0,01	4,91 ± 0,01
	20 – 30	5,99 ± 0,01	6,97 ± 0,01	- ^a
	90 – 100	5,41 ± 0,04	6,52 ± 0,03	- ^a
A4	0 – 10	6,25 ± 0,01	7,42 ± 0,01	4,81 ± 0,03
	10 – 20	6,13 ± 0,01	7,28 ± 0,01	4,66 ± 0,04
	20 – 30	5,94 ± 0,01	6,94 ± 0,02	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,51 ± 0,03	- ^a
A5	0 – 10	6,18 ± 0,01	7,37 ± 0,01	5,02 ± 0,03
	10 – 20	5,98 ± 0,01	7,26 ± 0,01	4,62 ± 0,03
	20 – 30	5,67 ± 0,01	6,94 ± 0,01	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,55 ± 0,03	- ^a
A6	0 – 10	6,18 ± 0,01	7,45 ± 0,01	4,87 ± 0,02
	10 – 20	5,93 ± 0,02	7,29 ± 0,02	4,63 ± 0,03
	20 – 30	5,66 ± 0,02	6,88 ± 0,03	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,53 ± 0,03	- ^a
A7	0 – 10	6,16 ± 0,01	7,22 ± 0,01	4,79 ± 0,02
	10 – 20	5,87 ± 0,02	7,16 ± 0,01	4,67 ± 0,04
	20 – 30	5,54 ± 0,02	6,89 ± 0,01	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,54 ± 0,03	- ^a
A8	0 – 10	5,99 ± 0,01	7,25 ± 0,01	5,00 ± 0,02
	10 – 20	5,89 ± 0,01	7,10 ± 0,02	4,89 ± 0,02
	20 – 30	5,56 ± 0,02	6,79 ± 0,01	- ^a
	90 – 100	- ^a	6,45 ± 0,02	- ^a

a- valores abaixo de 25 colônias. UFC – Unidade formadora de colônia. B1P1 – ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm), B2P2 – ponto de coleta 2 e profundidade 2 (10-20 cm), B3P3 – ponto de coleta 3 e profundidade 3 (20-30 cm) e B4P4 – ponto de coleta 4 e profundidade 4 (90-100 cm).



Act = Actinomicetos; Bac = Bactérias totais; Fun = Fungos.

Figura 10. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo antes do plantio do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu e utilização da biofertilização com efluente do abate de bovino.

As colônias de fungos foram identificadas apenas nas profundidades de 0 – 10 cm e 10 - 20 cm. A ausência de células viáveis desse microrganismo em profundidade abaixo dos 20 cm pode ter como causa: a limitação de nutrientes, associada à escassez de oxigênio. Outros autores têm mostrados que células fúngicas viáveis são encontradas em maior quantidade na rizosfera onde tem maior disponibilidade de nutriente e água (SMITH et al., 2010; NEERAJ, 2011; E. SMITH, FACELLI, POPE & F. A. SMITH, 2010). Na rizosfera são vistas espécies fúngicas saprofíticas, parasitas e principalmente mutualistas (MADIGAN et al., 2010; FALEIRO & ANDRADE, 2011).

5.1.2.2.2 Caracterização da diversidade microbiana no solo por perfil de DGGE

O perfil de DGGE revelou uma grande quantidade e intensidade de bandas do gene *nifH* antes da biofertilização (Figura 11). Mostra a existência de elevada riqueza e abundância de bactérias fixadoras de nitrogênio na área experimental. Essas espécies bacterianas estão presentes em todos os pontos de coletas e em todas as profundidades avaliadas.

O dendograma de UPGMA não agrupou os pontos de coletas e as profundidades em função da similaridade das bandas do gene *nifH* (Figura 11). Isso mostrou uma distribuição heterogênea dos grupos microbianos presentes no solo desta área experimental e evidencia a riqueza de espécies com potencial para fixação de nitrogênio.

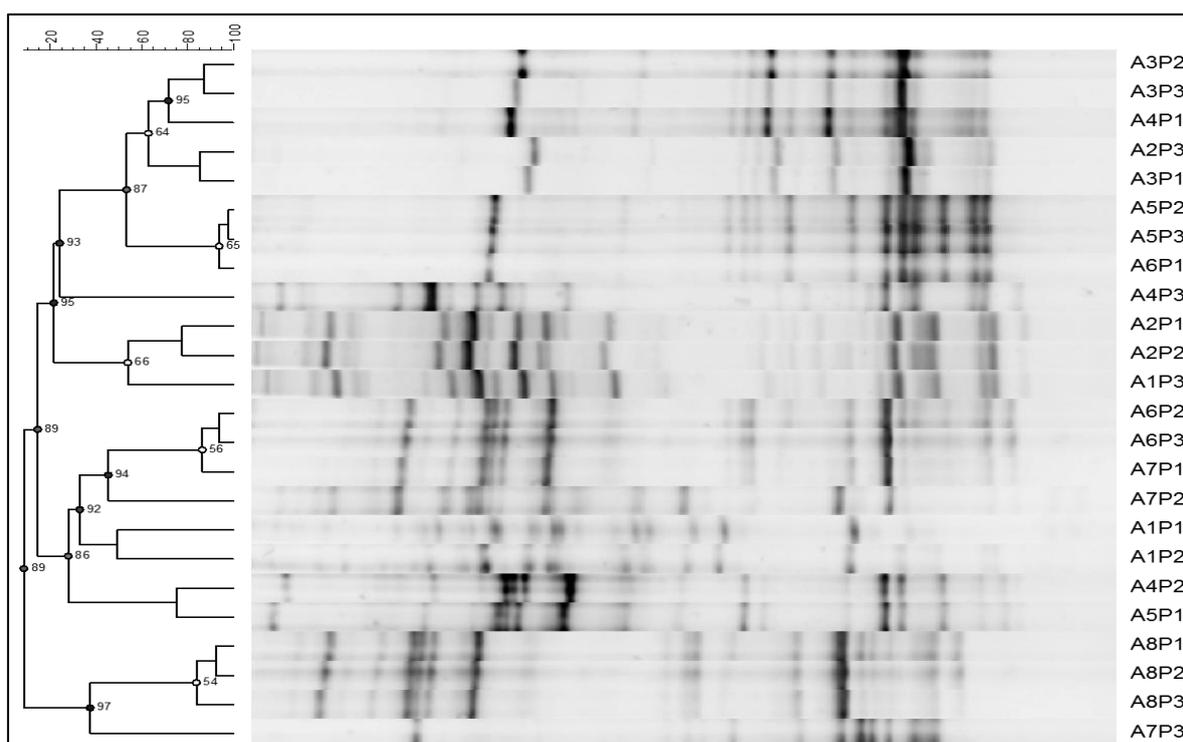


Figura 11. Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene *nifH* obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas antes da aplicação dos manejos de biofertilização com água residuária do abate de bovino. A₁P₁ – ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm), A₁P₂ – ponto de coleta 1 e profundidade 2 (10-20 cm), A₁P₃ – ponto de coleta 1 e profundidade 3 (20-30 cm), A₂ - ponto de coleta 2, A₃– ponto de coleta 3 e, A₄ - ponto de coleta 4 e assim até A₈.

Semelhante ao observado na contagem de células viáveis, comparando os perfis de DGGE, a diversidade de BFNs foi maior que a de FMAs, ver Tabela 4 e figuras 10 e 11. Isso pode ser explicado devido às bactérias ter crescimento unicelular e os FMAs crescimento multicelular, assim na amostragem há uma maior probabilidade de selecionar uma maior quantidade de espécies de BFNs que de FMAs. Essa possibilidade pode ser confirmada pelo dendograma de UPGMA. No dendograma do gene *nifH* relevou-se uma distribuição heterogênea da BFNs no solo (Figura 11); enquanto, o dendograma dos FMAs mostra a formação de agrupamentos em função do ponto de coleta (Figura 12).

Identificou-se uma similaridade de 50% nos agrupamentos formados pelos organismos caracterizados nos pontos de coleta A4, A2 e A1, mostrando que especialmente na porção do solo em que foi instalado os blocos experimentais 1 e 2 a diversidade de espécies microbiantas é menor que na porção do solo em que foi instalado os blocos experimentais 3 e 4. Enquanto que nos demais pontos de coleta os agrupamentos se deram mais em função da profundidade de coleta. Nota-se ainda, a existência de uma alta similaridade dos microrganismos presentes nas faixas de profundidades do solo avaliadas, ou seja, o mesmo grupo de FMAs está presente nas três profundidades analisadas. Dessa forma, estudar o comportamento, através do perfil de DGGE, desse grupo microbiano após a biofertilização é um bom parâmetro para diagnosticar a eficácia da utilização de água residuária como alternativa biotecnológica de irrigação, o que proporcionará uma redução na demanda por água dos corpos hídricos naturais.

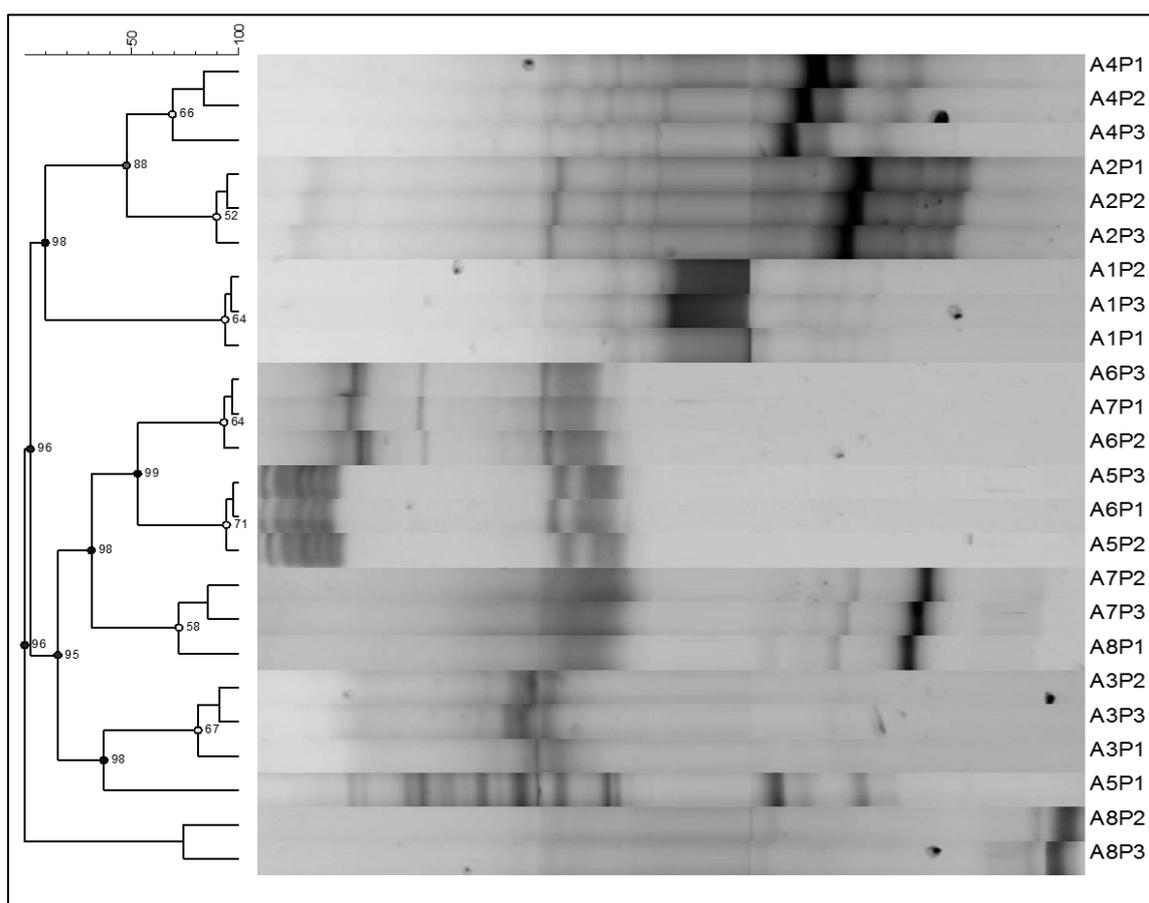


Figura 12. Dendrograma de UPGMA e perfil de bandas de gene 18S rDNA obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas antes da aplicação dos manejos de biofertilização com água residuária do abate de bovino. A₁P₁ – ponto de coleta 1 e profundidade 1 (0-10 cm), A₁P₂ – ponto de coleta 1 e profundidade 2 (10-20 cm), A₁P₃ – ponto de coleta 1 e profundidade 3 (20-30 cm), A₂ - ponto de coleta 2, A₃– ponto de coleta 3 e, A₄ - ponto de coleta 4 e assim até A₈.

Diferente da contagem de células viáveis, o perfil de DGGE mostrou a presença de FMAs nas profundidades de 20 a 30 cm (P3). Esse fato pode ser explicado devido, grande parte dos FMAs serem biotróficos (FOLLI-PEREIRA et al., 2012). Tal fato também confirma a maior sensibilidade da técnica de DGGE em relação à contagem de células viáveis, conforme mostrado por outros autores (LIANG et al., 2008, VAN ELSAS & BOERSMA, 2011).

5.2 Parâmetros mensurados após plantio da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e do manejo da biofertilização

5.2.1 Análise dos indicadores de qualidade do solo

5.2.1.1 Caracterização dos indicadores físico-químico do solo

Os dados dos indicadores físico-químico das amostras simples, coletadas após a realização do manejo da biofertilização, estão apresentados nas Tabelas 5 a 14, e nas Figuras 13 a 19.

Tabela 5. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, após o manejo da biofertilização (M1) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,73 ± 0,35 a	4,7	4,53 ± 0,20 a	2,8	4,43 ± 0,24 a	3,4	
Argila	%	26,00 ± 6,09 a	14,7	30,50 ± 7,52 a	15,5	36,00 ± 7,46 a	13,0	
Areia		50,75 ± 12,00 a	14,9	48,75 ± 15,12 a	19,5	39,00 ± 11,84 a	19,1	
Limo		23,25 ± 6,15 a	16,6	20,75 ± 7,62 a	23,1	25,00 ± 5,03 a	12,6	
Ca	cmolc/dm ³	1,60 ± 0,87 a	34,2	0,85 ± 0,59 a	43,5	0,58 ± 0,46 a	50,0	
Mg		0,85 ± 0,42 a	31,1	0,43 ± 0,27 a	40,2	0,28 ± 0,24 a	54,5	
Al		0,10 ± 0,23 a	141,4	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,10 ± 0,23 a	141,4	
H + Al		4,78 ± 0,42 a	5,5	5,25 ± 1,20 a	14,4	4,70 ± 1,88 a	25,2	
K		0,05 ± 0,03 a	32,9	0,03 ± 0,01 a	21,6	0,03 ± 0,01 a	16,1	
CTC		7,25 ± 1,57 a	13,6	6,53 ± 1,52 a	14,7	5,55 ± 1,97 a	22,3	
Mat. Org.		g/dm ³	25,25 ± 7,62 a	19,0	25,25 ± 7,62 a	19,0	22,25 ± 2,39 a	6,7
Sat. base		%	33,73 ± 11,35 a	21,1	19,80 ± 11,31 a	35,9	16,15 ± 11,09 a	43,1
Sat. Al	4,03 ± 7,57 a		118,2	8,18 ± 6,21 a	47,7	11,50 ± 24,41 a	133,4	
Na	mg/dm ³	1,50 ± 0,92 a	38,5	3,00 ± 0,00 b	0,0	1,50 ± 0,92 a	38,5	
Zn		1,63 ± 3,62 a	140,2	0,55 ± 0,60 a	68,8	0,28 ± 0,38 a	85,9	
B		0,18 ± 0,15 a	54,7	0,15 ± 0,09 a	38,5	0,13 ± 0,08 a	40,0	
Cu		0,13 ± 0,08 a	40,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,15 ± 0,16 a	66,7	
Fe		36,75 ± 10,42 a	17,8	28,75 ± 11,35 a	24,8	23,00 ± 10,15 a	27,7	
Mn		3,25 ± 3,53 a	68,2	1,75 ± 0,80 a	28,6	1,25 ± 0,80 a	40,0	
K		19,00 ± 9,89 a	32,7	13,50 ± 4,77 a	22,2	11,50 ± 3,05 a	16,7	
P (Melich I)		1,50 ± 0,92 a	38,5	1,25 ± 0,80 a	40,0	1,25 ± 0,80 a	40,0	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 6. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M2) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,58 ± 0,56 a	7,7	4,48 ± 0,57 a	8,0	4,48 ± 0,46 a	6,4	
Argila	%	26,50 ± 4,00 a	9,5	29,00 ± 2,60 a	5,6	33,75 ± 8,75 a	16,3	
Areia		53,25 ± 3,28 a	3,9	47,00 ± 0,00 b	0,0	43,75 ± 9,76 ab	14,0	
Limo		20,25 ± 0,80 a	2,5	24,00 ± 2,60 b	6,8	22,50 ± 5,28 ab	14,7	
Ca		cmolc/dm ³	1,38 ± 1,33 a	61,0	0,85 ± 0,72 a	53,0	0,65 ± 0,69 a	67,1
Mg	0,60 ± 0,58 a		60,9	0,48 ± 0,69 a	91,6	0,28 ± 0,35 a	80,6	
Al	0,13 ± 0,20 a		100,7	0,15 ± 0,21 a	86,1	0,08 ± 0,08 a	66,7	
H + Al	5,10 ± 3,37 a		41,5	4,90 ± 3,21 a	41,1	4,40 ± 2,65 a	37,9	
K	0,07 ± 0,07 a		64,8	0,07 ± 0,07 a	63,2	0,05 ± 0,07 a	88,9	
CTC	7,13 ± 1,64 a		14,5	6,30 ± 1,97 a	19,6	5,35 ± 1,70 a	19,9	
Mat. Org.	g/dm ³		26,00 ± 3,18 a	7,7	25,00 ± 3,67 a	9,2	25,00 ± 3,67 a	9,2
Sat. base	%		30,58 ± 33,31 a	68,5	24,55 ± 31,99 a	81,9	20,50 ± 29,63 a	90,8
Sat. Al			9,18 ± 18,01 a	123,4	14,05 ± 21,64 a	96,8	10,43 ± 11,33 a	68,3
Na	mg/dm ³		1,50 ± 0,92 a	38,5	2,25 ± 0,80 a	22,2	1,50 ± 1,59 a	66,7
Zn		0,25 ± 0,38 a	95,2	0,25 ± 0,09 a	23,1	0,28 ± 0,20 a	45,8	
B		0,18 ± 0,15 a	54,7	0,20 ± 0,18 a	57,7	0,15 ± 0,09 a	38,5	
Cu		0,10 ± 0,00 a	0,0	0,10 ± 0,00	0,0 a	0,13 ± 0,08 a	40,0	
Fe		27,00 ± 6,23 a	14,5	22,50 ± 4,21 a	11,8	20,00 ± 6,23 a	19,6	
Mn		2,00 ± 2,25 a	70,7	1,75 ± 2,39 a	85,7	1,75 ± 2,39 a	85,7	
K		25,50 ± 26,42 a	65,1	25,50 ± 25,64 a	63,2	20,50 ± 29,21 a	89,5	
P (Melich I)		1,75 ± 1,52 a	54,7	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,50 ± 0,92 a	38,5	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 7. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M3) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,33 ± 0,20 a	2,9	4,38 ± 0,33 a	4,7	4,35 ± 0,21 a	3,0	
Argila	%	31,75 ± 11,28 a	22,3	32,25 ± 10,66 a	20,8	35,25 ± 5,57 a	9,9	
Areia		46,75 ± 12,07 a	16,2	43,75 ± 9,76 a	14,0	40,00 ± 7,35 a	11,5	
Limo		21,50 ± 5,44 a	15,9	24,00 ± 3,90 a	10,2	24,75 ± 3,28 a	8,3	
Ca		cmolc/dm ³	0,65 ± 0,40 a	38,7	0,58 ± 0,56 a	60,9	0,43 ± 0,08 a	11,8
Mg	0,30 ± 0,18 a		38,5	0,28 ± 0,35 a	80,6	0,18 ± 0,08 a	28,6	
Al	0,15 ± 0,21 a		86,1	0,15 ± 0,16 a	66,7	0,55 ± 1,34 a	153,2	
H + Al	4,73 ± 3,11 a		41,4	4,85 ± 2,27 a	29,4	4,35 ± 2,79 a	40,4	
K	0,03 ± 0,01 a		14,9	0,03 ± 0,01 a	14,8	0,03 ± 0,01 a	15,7	
CTC	5,68 ± 3,25 a		36,0	5,70 ± 2,31 a	25,5	4,95 ± 2,90 a	36,8	
Mat. Org.	g/dm ³		22,50 ± 5,28 a	14,7	24,25 ± 7,51 a	19,5	23,25 ± 4,57 a	12,4
Sat. base	%		18,50 ± 10,26 a	34,9	15,58 ± 14,02 a	56,6	13,68 ± 6,03 a	27,7
Sat. Al			14,08 ± 17,35 a	77,5	16,80 ± 17,97 a	67,2	30,08 ± 53,50 a	111,8
Na	mg/dm ³		2,75 ± 0,80 a	18,2	1,75 ± 0,80 a	28,6	1,75 ± 0,80 a	28,6
Zn		0,68 ± 0,88 a	82,4	0,53 ± 0,40 a	47,6	0,38 ± 0,49 a	82,6	
B		0,18 ± 0,15 a	54,7	0,13 ± 0,08 a	40,0	0,25 ± 0,09 a	23,1	
Cu		0,10 ± 0,00 a	0,0	0,18 ± 0,15 a	54,7	0,10 ± 0,00 a	0,0	
Fe		25,75 ± 11,72 a	28,6	22,75 ± 8,85 a	24,4	18,00 ± 7,46 a	26,1	
Mn		2,25 ± 3,01 a	84,1	1,50 ± 0,92 a	38,5	1,00 ± 0,00 a	0,0	
K		13,00 ± 3,18 a	15,4	12,50 ± 3,05 a	15,3	10,00 ± 2,60 a	16,3	
P (Melich I)		1,75 ± 1,52 a	54,7	1,25 ± 0,80 a	40,0	1,75 ± 1,52 a	54,7	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 8. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M4) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,70 ± 0,57 a	7,6	4,45 ± 0,28 a	3,9	4,33 ± 0,08 a	1,2	
Argila	%	28,50 ± 4,00 a	8,8	32,00 ± 3,90 a	7,7	36,50 ± 4,59 a	7,9	
Areia		51,25 ± 5,86 a	7,2	43,50 ± 10,75 a	15,5	40,00 ± 7,35 a	11,5	
Limo		20,25 ± 2,00 a	6,2	24,50 ± 7,06 a	18,1	23,50 ± 2,76 a	7,4	
Ca		1,58 ± 1,44 a	57,3	0,80 ± 0,54 a	42,1	0,48 ± 0,08 a	10,5	
Mg	cmolc/dm ³	0,70 ± 0,57 a	50,8	0,33 ± 0,20 a	38,7	0,18 ± 0,08 a	28,6	
Al		0,05 ± 0,16 a	200,0	0,10 ± 0,13 a	81,6	0,13 ± 0,08 a	40,0	
H + Al		4,60 ± 2,45 a	33,5	5,43 ± 1,57 a	18,1	5,25 ± 0,94 a	11,3	
K		0,03 ± 0,02 ab	38,8	0,03 ± 0,00 a	0,0	0,02 ± 0,00 b	10,1	
CTC		6,90 ± 1,36 a	12,4	6,55 ± 1,11 a	10,6	5,90 ± 0,90 a	9,6	
Mat. Org.		g/dm ³	23,00 ± 0,00 a	0,0	25,00 ± 6,37 ab	16,0	19,00 ± 3,18 b	10,5
Sat. base		%	34,00 ± 27,61 a	51,0	17,90 ± 11,74 a	41,2	11,53 ± 2,66 a	14,5
Sat. Al			5,88 ± 18,70 a	200,0	9,30 ± 16,59 a	112,1	15,35 ± 6,76 a	27,7
Na		mg/dm ³	1,75 ± 1,52 a	54,7	2,75 ± 0,80 a	18,2	1,75 ± 1,52 a	54,7
Zn			0,60 ± 0,66 a	69,4	0,40 ± 0,65 a	102,1	0,28 ± 0,46 a	104,4
B	0,20 ± 0,18 a		57,7	0,20 ± 0,13 a	40,8	0,18 ± 0,15 a	54,7	
Cu	0,10 ± 0,00 a		0,0	0,13 ± 0,08 a	40,0	0,38 ± 0,88 a	146,7	
Fe	30,50 ± 11,36 a		23,4	30,25 ± 10,18 a	21,1	21,75 ± 4,57 a	13,2	
Mn	2,25 ± 1,52 a		42,6	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,75 ± 1,52 a	54,7	
K	12,50 ± 7,96 a		40,0	10,00 ± 0,00 a	0,0	9,50 ± 1,59 a	10,5	
P (Melich I)	2,00 ± 2,25 a		70,7	1,50 ± 0,92 a	38,5	1,00 ± 0,00 a	0,0	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 9. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M5) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,33 ± 0,35 a	5,1	4,43 ± 0,42 a	5,9	4,38 ± 0,33 a	4,7	
Argila	%	30,00 ± 16,12 a	33,8	27,75 ± 11,13 a	25,2	29,75 ± 11,28 a	23,8	
Areia		49,00 ± 18,42 a	23,6	49,50 ± 15,07 a	19,1	46,25 ± 14,49 a	19,7	
Limo		21,00 ± 2,91 a	8,7	22,75 ± 4,75 a	13,1	24,00 ± 3,90 a	10,2	
Ca		0,70 ± 0,75 a	67,0	0,75 ± 0,64 a	53,9	0,60 ± 0,45 a	47,1	
Mg	cmolc/dm ³	0,30 ± 0,32 a	66,7	0,33 ± 0,30 a	58,2	0,25 ± 0,16 a	40,0	
Al		0,23 ± 0,35 a	98,5	0,23 ± 0,35 a	98,5	0,15 ± 0,21 a	86,1	
H + Al		5,58 ± 3,11 a	35,1	4,43 ± 2,15 a	30,5	4,33 ± 2,04 a	29,6	
K		0,03 ± 0,01 a	28,7	0,03 ± 0,02 a	38,8	0,03 ± 0,01 a	19,5	
CTC		6,58 ± 2,65 a	25,3	5,53 ± 1,89 a	21,5	5,18 ± 1,96 a	23,8	
Mat. Org.		g/dm ³	27,25 ± 13,02 a	30,0	26,25 ± 7,28 a	17,4	25,00 ± 6,37 a	16,0
Sat. base		%	16,78 ± 18,93 a	70,9	21,03 ± 18,60 a	55,6	17,65 ± 9,92 a	35,3
Sat. Al			19,48 ± 33,20 a	107,1	20,63 ± 33,20 a	101,1	14,93 ± 21,03 a	88,6
Na		mg/dm ³	1,75 ± 1,52 a	54,7	2,25 ± 0,80 a	22,2	2,00 ± 1,30 a	40,8
Zn			0,50 ± 0,13 a	16,3	0,33 ± 0,51 a	98,5	0,48 ± 0,57 a	75,7
B	0,20 ± 0,13 a		40,8	0,23 ± 0,15 a	42,6	0,18 ± 0,08 a	28,6	
Cu	0,13 ± 0,08 a		40,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,40 ± 0,95 a	150,0	
Fe	26,25 ± 12,69 a		30,4	25,75 ± 8,15 a	19,9	21,50 ± 6,43 a	18,8	
Mn	1,75 ± 1,52 a		54,7	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,50 ± 0,92 a	38,5	
K	11,50 ± 5,44 a		29,7	12,50 ± 7,96 a	40,0	12,50 ± 4,00 a	20,1	
P (Melich I)	1,75 ± 2,39 a		85,7	2,00 ± 2,25 a	70,7	1,75 ± 0,80 a	28,6	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 10. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M6) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,58 ± 0,46 a	6,3	4,40 ± 0,23 a	3,2	4,40 ± 0,13 a	1,9	
Argila	%	26,50 ± 9,94 a	23,6	27,50 ± 5,44 a	12,4	33,75 ± 11,72 a	21,8	
Areia		50,25 ± 17,64 a	22,1	51,50 ± 9,23 a	11,3	42,75 ± 17,30 a	25,4	
Limo		23,25 ± 7,94 a	21,5	21,00 ± 4,31 a	12,9	23,50 ± 5,88 a	15,7	
Ca		0,90 ± 0,62 a	43,5	0,58 ± 0,35 a	38,6	0,53 ± 0,40 a	47,6	
Mg	cmolc/dm ³	0,48 ± 0,48 a	62,9	0,23 ± 0,20 a	55,9	0,25 ± 0,28 a	69,3	
Al		0,08 ± 0,15 a	127,7	0,15 ± 0,16 a	66,7	0,15 ± 0,16 a	66,7	
H + Al		4,03 ± 2,57 a	40,1	4,35 ± 2,79 a	40,4	4,13 ± 1,45 a	22,2	
K		0,14 ± 0,34 a	152,5	0,03 ± 0,01 a	18,6	0,03 ± 0,01 a	17,6	
CTC		5,53 ± 2,29 a	26,0	5,15 ± 2,59 a	31,6	4,90 ± 1,50 a	19,2	
Mat. Org.		g/dm ³	23,00 ± 0,00 a	0,0	23,25 ± 4,57 a	12,4	19,75 ± 4,57 a	14,5
Sat. base		%	29,13 ± 19,35 a	41,7	17,88 ± 14,40 a	50,6	16,50 ± 11,99 a	45,7
Sat. Al			5,50 ± 11,94 a	136,5	17,48 ± 24,88 a	89,5	15,23 ± 2,82 a	11,6
Na		mg/dm ³	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,50 ± 0,92 a	38,5	2,00 ± 1,30 a	40,8
Zn			0,43 ± 1,03 a	152,9	0,53 ± 0,69 a	82,8	0,43 ± 0,61 a	90,9
B	0,15 ± 0,09 a		38,5	0,18 ± 0,15 a	54,7	0,23 ± 0,15 a	42,6	
Cu	0,10 ± 0,00 a		0,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	
Fe	25,50 ± 8,37 a		20,6	23,25 ± 4,57 a	12,4	20,00 ± 2,60 a	8,2	
Mn	2,00 ± 1,30 a		40,8	1,25 ± 0,80 a	40,0	1,25 ± 0,80 a	40,0	
K	54,75 ± 132,95 a		152,6	12,00 ± 3,67 a	19,2	10,50 ± 3,05 a	18,2	
P (Melich I)	2,25 ± 2,00 a		55,9	1,75 ± 0,80 a	28,6	1,75 ± 1,52 a	54,7	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 11. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M7) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,55 ± 0,62 a	8,5	4,43 ± 0,35 a	5,0	4,43 ± 0,51 a	7,2	
Argila	%	27,50 ± 10,52 a	24,0	27,75 ± 7,28 a	16,5	30,25 ± 13,08 a	27,2	
Areia		52,25 ± 9,04 a	10,9	49,50 ± 13,28 a	16,9	48,50 ± 15,07 a	19,5	
Limo		20,25 ± 1,52 a	4,7	22,75 ± 6,80 a	18,8	21,25 ± 5,72 a	16,9	
Ca		0,93 ± 0,88 a	60,1	0,88 ± 0,83 a	59,3	0,68 ± 0,77 a	71,9	
Mg	cmolc/dm ³	0,45 ± 0,42 a	58,8	0,35 ± 0,28 a	49,5	0,33 ± 0,51 a	98,5	
Al		0,13 ± 0,20 a	100,7	0,20 ± 0,29 a	91,3	0,13 ± 0,20 a	100,7	
H + Al		4,40 ± 2,71 a	38,7	5,20 ± 2,09 a	25,2	5,40 ± 1,65 a	19,2	
K		0,03 ± 0,01 a	24,6	0,03 ± 0,01 a	28,7	0,03 ± 0,01 a	22,6	
CTC		5,78 ± 1,43 a	15,6	6,43 ± 1,16 a	11,3	6,40 ± 0,55 a	5,4	
Mat. Org.		g/dm ³	25,25 ± 10,59 a	26,3	25,00 ± 3,67 a	9,2	27,25 ± 9,76 a	22,5
Sat. base		%	26,58 ± 30,95 a	73,2	20,30 ± 19,74 a	61,1	16,40 ± 21,54 a	82,6
Sat. Al			11,78 ± 21,97 a	117,2	18,50 ± 29,55 a	100,4	15,00 ± 21,16 a	88,7
Na		mg/dm ³	2,00 ± 1,84 a	57,7	2,00 ± 1,30 a	40,8	2,00 ± 1,30 a	40,8
Zn			0,40 ± 0,41 a	64,5	0,43 ± 0,54 a	80,1	0,43 ± 0,35 a	52,2
B	0,20 ± 0,13 a		40,8	0,15 ± 0,09 a	38,5	0,20 ± 0,13 a	40,8	
Cu	0,10 ± 0,00 a		0,0	0,13 ± 0,08 a	40,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	
Fe	26,00 ± 4,11 a		9,9	25,75 ± 4,93 a	12,0	24,75 ± 9,76 a	24,8	
Mn	1,75 ± 1,52 a		54,7	2,00 ± 1,30 a	40,8	1,75 ± 1,52 a	54,7	
K	13,50 ± 5,44 a		25,3	11,50 ± 5,44 a	29,7	11,00 ± 4,11 a	23,5	
P (Melich I)	2,25 ± 1,52 a		42,6	2,00 ± 1,30 a	40,8	1,75 ± 0,80 a	28,6	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 12. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M8) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,65 ± 0,67 a	9,0	4,55 ± 0,21 a	2,8	4,48 ± 0,15 a	2,1	
Argila	%	23,25 ± 3,76 a	10,2	26,75 ± 8,26 ab	19,4	34,75 ± 6,92 b	12,5	
Areia		57,50 ± 3,05 a	3,3	51,25 ± 16,61 ab	20,4	37,75 ± 10,26 b	17,1	
Limo		19,25 ± 0,80 a	2,6	22,00 ± 8,52 ab	24,3	27,50 ± 4,21 b	9,6	
Ca		1,33 ± 1,53 a	72,5	0,98 ± 0,79 a	51,2	0,58 ± 0,35 a	38,6	
Mg	cmolc/dm ³	0,70 ± 0,76 a	68,0	0,48 ± 0,35 a	46,7	0,28 ± 0,08 a	18,2	
Al		0,10 ± 0,23 a	141,4	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,08 ± 0,08 a	66,7	
H + Al		4,60 ± 2,56 a	34,9	4,43 ± 1,84 a	26,2	4,85 ± 1,08 a	13,9	
K		0,04 ± 0,02 a	37,6	0,03 ± 0,01 a	23,3	0,04 ± 0,02 a	34,0	
CTC		6,65 ± 1,88 a	17,8	5,88 ± 2,53 a	27,1	5,73 ± 1,35 a	14,8	
Mat. Org.		g/dm ³	25,25 ± 7,62 a	19,0	22,25 ± 7,28 a	20,6	23,25 ± 4,57 a	12,4
Sat. base		%	30,80 ± 30,16 a	61,5	24,60 ± 12,01 a	30,7	15,33 ± 4,89 a	20,1
Sat. Al			10,05 ± 24,17 a	151,1	7,53 ± 5,79 a	48,3	8,00 ± 9,45 a	74,2
Na		mg/dm ³	2,25 ± 1,52 a	42,6	2,00 ± 1,30 a	40,8	1,75 ± 1,52 a	54,7
Zn			0,55 ± 1,03 a	117,4	0,58 ± 0,91 a	99,8	0,43 ± 0,75 a	111,0
B	0,25 ± 0,09 a		23,1	0,10 ± 0,00 b	0,0	0,25 ± 0,09 a	23,1	
Cu	0,10 ± 0,00 a		0,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,13 ± 0,08 a	40,0	
Fe	30,75 ± 4,57 a		9,3	24,75 ± 14,20 a	36,0	19,00 ± 11,98 a	39,6	
Mn	2,75 ± 2,72 a		62,1	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,50 ± 0,92 a	38,5	
K	15,50 ± 9,50 a		38,5	12,50 ± 4,77 a	24,0	14,00 ± 7,80 a	35,0	
P (Melich I)	2,00 ± 1,30 a		40,8	1,75 ± 1,52 a	54,7	1,75 ± 1,52 a	54,7	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

Tabela 13. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M9) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

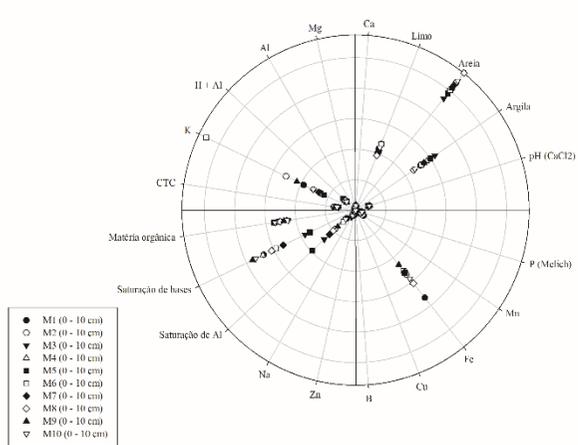
Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl ₂)		4,90 ± 1,11 a	14,2	4,73 ± 1,16 a	15,4	4,63 ± 0,73 a	9,9	
Argila	%	27,50 ± 9,23 a	21,1	30,50 ± 9,14 a	18,8	34,75 ± 4,57 a	8,3	
Areia		51,00 ± 11,25 a	13,9	46,75 ± 12,07 a	16,2	38,75 ± 8,75 a	14,2	
Limo		21,50 ± 3,05 a	8,9	22,75 ± 5,09 a	14,1	26,50 ± 5,28 a	12,5	
Ca		1,73 ± 2,67 a	97,2	1,28 ± 2,40 a	118,1	0,83 ± 1,35 a	103,0	
Mg	cmolc/dm ³	1,08 ± 2,06 a	120,4	0,75 ± 1,58 a	132,7	0,48 ± 0,88 a	115,8	
Al		0,10 ± 0,23 a	141,4	0,13 ± 0,20 a	100,7	0,10 ± 0,13 a	81,6	
H + Al		3,80 ± 2,22 a	36,7	3,20 ± 1,50 a	29,4	3,60 ± 1,85 a	32,2	
K		0,06 ± 0,09 a	106,1	0,02 ± 0,01 a	21,3	0,03 ± 0,01 a	23,1	
CTC		6,63 ± 2,71 a	25,7	5,23 ± 4,10 a	49,3	4,90 ± 2,81 a	36,0	
Mat. Org.		g/dm ³	24,00 ± 3,18 a	8,3	24,00 ± 3,18 a	8,3	20,50 ± 5,28 a	16,2
Sat. base		%	37,83 ± 45,79 a	76,1	31,00 ± 39,18 a	79,4	24,58 ± 27,82 a	71,1
Sat. Al			8,00 ± 19,79 a	155,5	15,38 ± 25,41 a	103,8	12,93 ± 15,80 a	76,8
Na		mg/dm ³	2,50 ± 0,92 a	23,1	2,00 ± 1,30 a	40,8	2,00 ± 1,30 a	40,8
Zn			0,58 ± 0,60 a	65,7	0,48 ± 0,42 a	55,4	0,48 ± 0,57 a	75,7
B	0,18 ± 0,15 a		54,7	0,23 ± 0,15 a	42,6	0,23 ± 0,08 a	22,2	
Cu	0,10 ± 0,00 a		0,0	0,13 ± 0,08 a	40,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	
Fe	23,00 ± 11,33 a		30,9	21,25 ± 11,13 a	32,9	19,00 ± 14,17 a	46,9	
Mn	2,00 ± 1,30 a		40,8	2,00 ± 2,25 a	70,7	1,75 ± 2,39 a	85,7	
K	21,50 ± 36,69 a		107,2	9,00 ± 3,18 a	22,2	10,50 ± 4,00 a	24,0	
P (Melich I)	2,00 ± 1,30 a		40,8	2,00 ± 1,84 a	57,7	2,25 ± 1,52 a	42,6	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

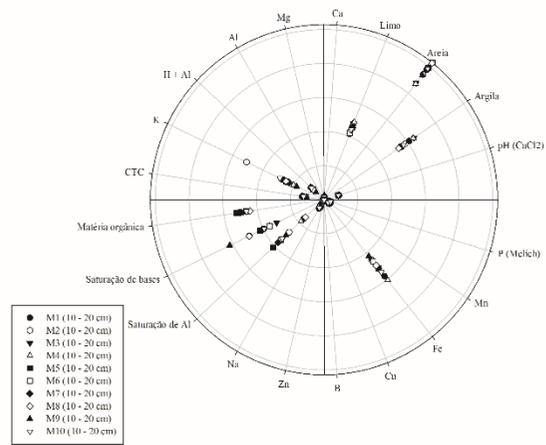
Tabela 14. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo após o manejo da biofertilização (M10) da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Profundidade do solo, cm						
		0 - 10		10 - 20		20 - 30		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	
pH (CaCl₂)		4,78 ± 0,54 a	7,1	4,45 ± 0,42 a	5,9	4,38 ± 0,15 a	2,2	
Argila	%	23,75 ± 6,01 a	15,9	28,50 ± 4,77 ab	10,5	34,00 ± 3,90 b	7,2	
Areia		54,25 ± 3,98 a	4,6	49,25 ± 7,16 a	9,1	36,00 ± 0,00 b	0,0	
Limo		22,00 ± 4,50 a	12,9	22,25 ± 3,28 a	9,3	30,00 ± 3,90 b	8,2	
Ca	cmolc/dm ³	1,50 ± 0,79 a	33,1	0,80 ± 0,75 a	58,6	0,48 ± 0,24 a	31,6	
Mg		0,65 ± 0,54 a	52,5	0,30 ± 0,23 a	47,1	0,28 ± 0,24 a	54,5	
Al		0,08 ± 0,15 a	127,7	0,18 ± 0,15 a	54,7	0,10 ± 0,00 a	0,0	
H + Al		4,00 ± 2,16 a	34,0	5,03 ± 2,10 a	26,3	4,80 ± 1,06 a	13,8	
K		0,04 ± 0,01 a	21,5	0,04 ± 0,01 a	20,1	0,06 ± 0,07 a	70,9	
CTC		6,18 ± 1,40 a	14,2	6,13 ± 1,15 a	11,8	5,60 ± 0,65 a	7,3	
Mat. Org.		g/dm ³	27,00 ± 0,00 a	0,0	23,25 ± 4,57 a	12,4	21,50 ± 7,41 a	21,6
Sat. base		%	36,63 ± 25,99 a	44,6	19,68 ± 20,09 a	64,2	14,75 ± 10,17 a	43,3
Sat. Al	4,40 ± 8,81 a		125,9	16,90 ± 21,13 a	78,6	11,65 ± 4,53 a	24,5	
Na	mg/dm ³	2,00 ± 1,30 a	40,8	2,75 ± 0,80 a	18,2	1,50 ± 0,92 a	38,5	
Zn		0,73 ± 0,85 a	73,3	0,60 ± 0,85 a	89,2	0,55 ± 0,87 a	99,0	
B		0,18 ± 0,15 a	54,7	0,18 ± 0,15 a	54,7	0,23 ± 0,08 a	22,2	
Cu		0,13 ± 0,08 a	40,0	0,10 ± 0,00 a	0,0	0,50 ± 1,17 a	147,0	
Fe		28,75 ± 13,15 a	28,7	27,25 ± 10,18 a	23,5	26,50 ± 16,04 a	38,0	
Mn		2,00 ± 1,30 a	40,8	1,50 ± 0,92 a	38,5	7,75 ± 21,48 a	174,2	
K		15,50 ± 5,44 a	22,0	14,50 ± 4,77 a	20,7	23,50 ± 26,55 a	71,0	
P (Melich I)		2,25 ± 0,80 a	22,2	2,00 ± 1,30 a	40,8	2,25 ± 0,80 a	22,2	

CV = Coeficiente de variância, %; Sat. Base = Saturação de bases; Sat. Al = Saturação de Alumínio

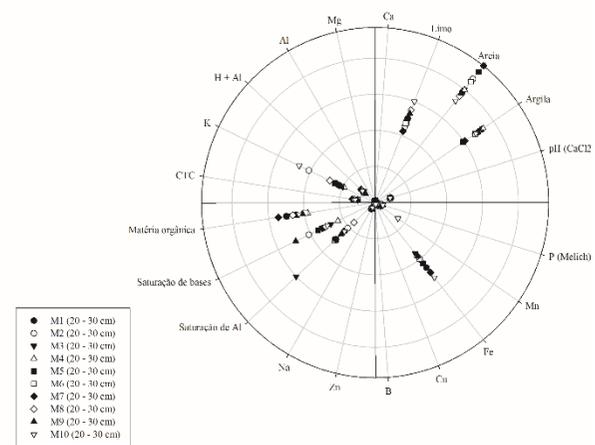


0 – 10 cm



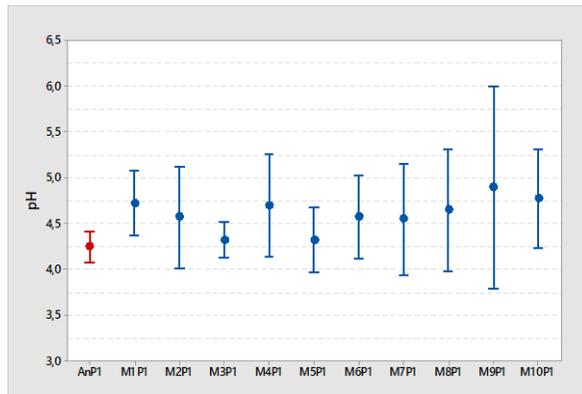
Profundidade do solo

10 – 20 cm

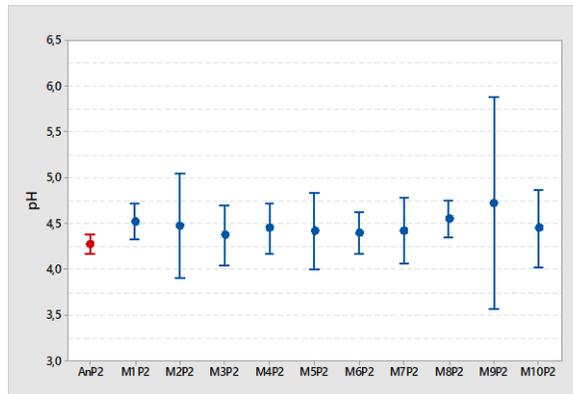


20 – 30 cm

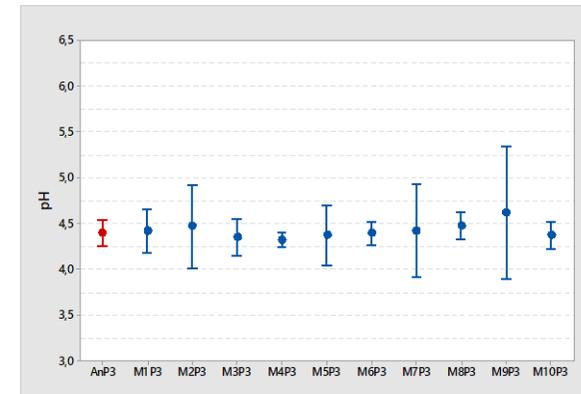
Figura 13. Comportamento dos indicadores físico-químicos do solo, após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.



0 – 10 cm



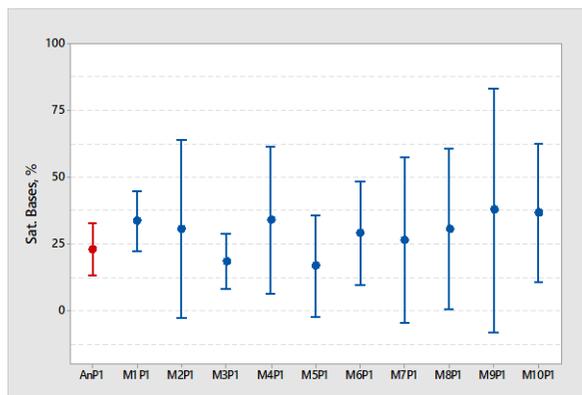
10 – 20 cm



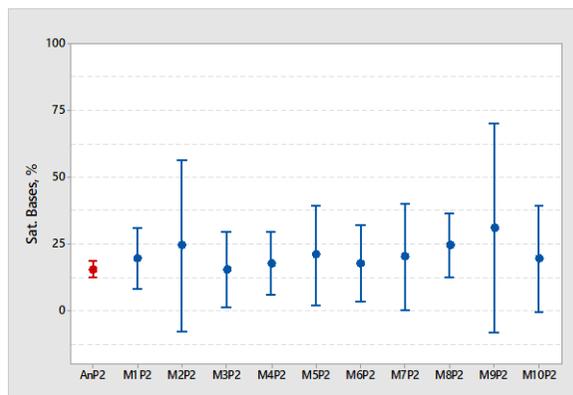
20 – 30 cm

An = Antes do preparo do solo para o plantio da capineira

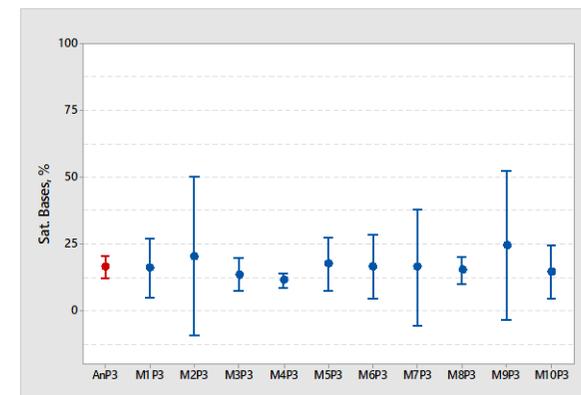
Figura 14. Comportamento do indicador físico do solo: pH, antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.



0 – 10 cm

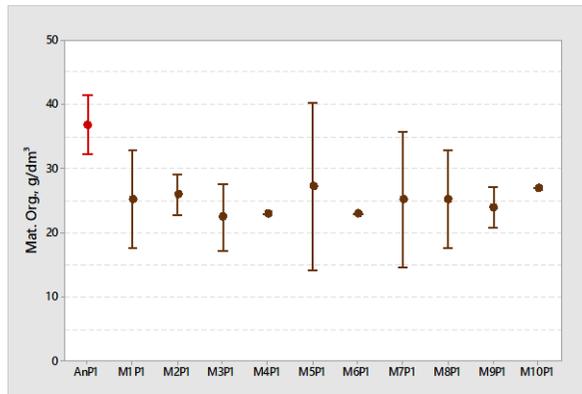


10 – 20 cm

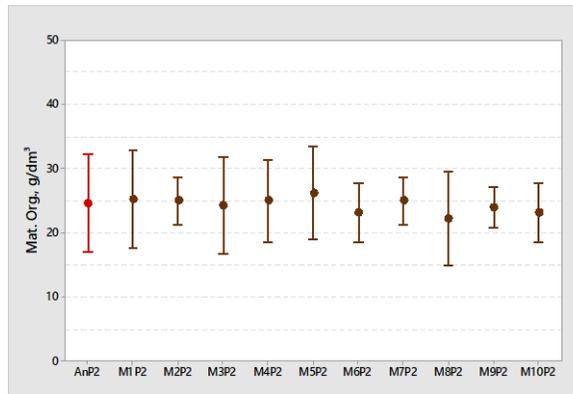


20 – 30 cm

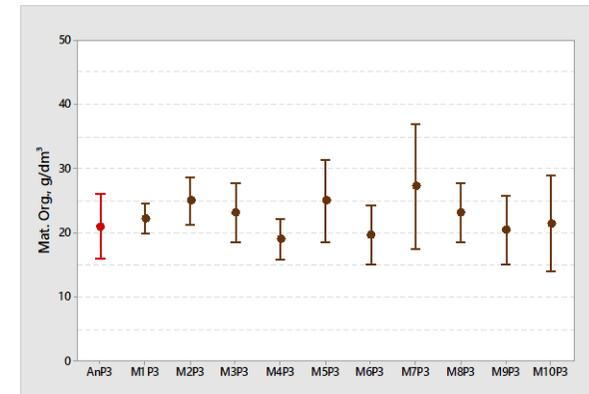
Figura 15. Comportamento do indicador químico: Saturação de Bases, %, antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.



0 – 10 cm

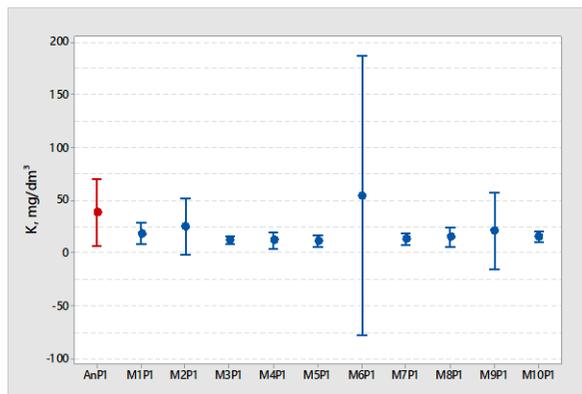


10 – 20 cm

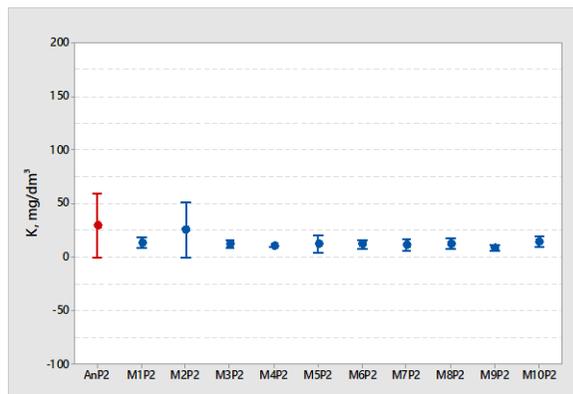


20 – 30 cm

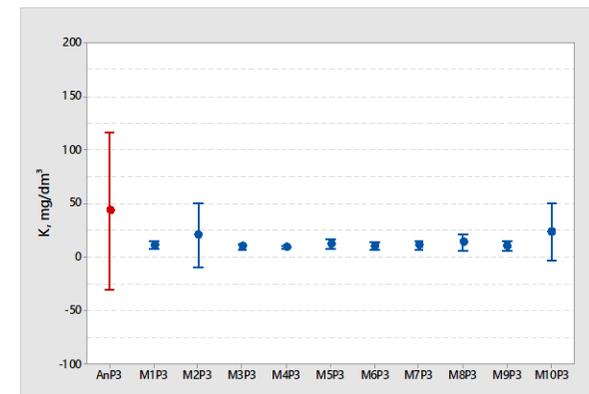
Figura 16. Comportamento do indicador químico do solo: Matéria Orgânica (g/dm^3), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.



0 – 10 cm

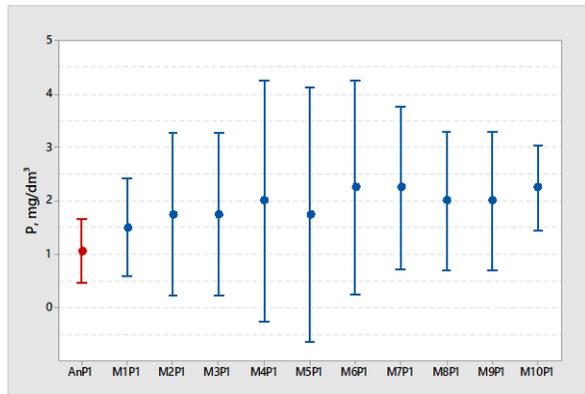


10 – 20 cm

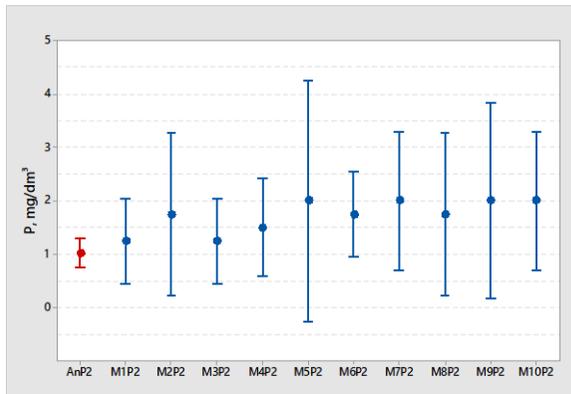


20 – 30 cm

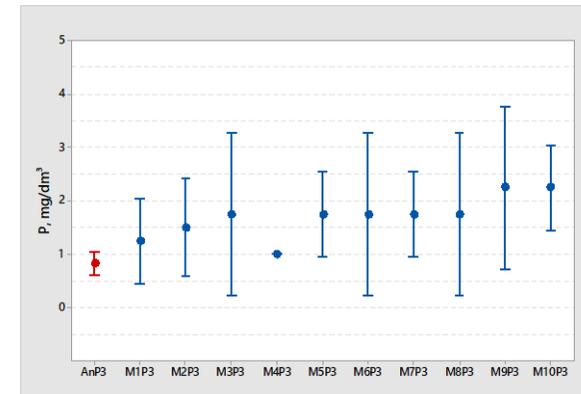
Figura 17. Comportamento do indicador químico do solo: Potássio (mg/dm^3), antes e após o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.



0 – 10 cm



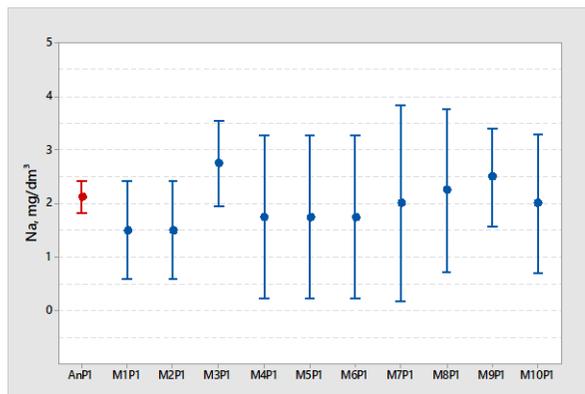
10 – 20 cm



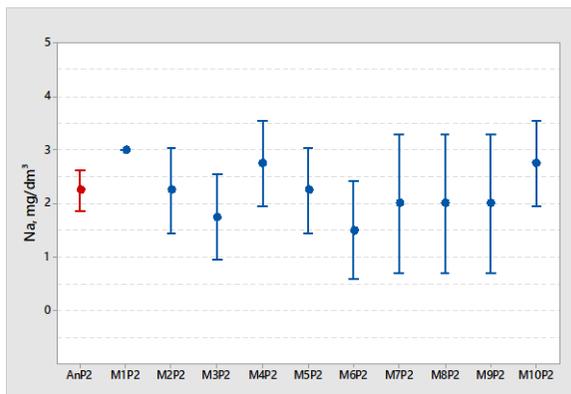
20 – 30 cm

Figura 18. Comportamento do indicador químico do solo: Fósforo (mg/dm^3), antes e após o manejo da biofertilização da capineira

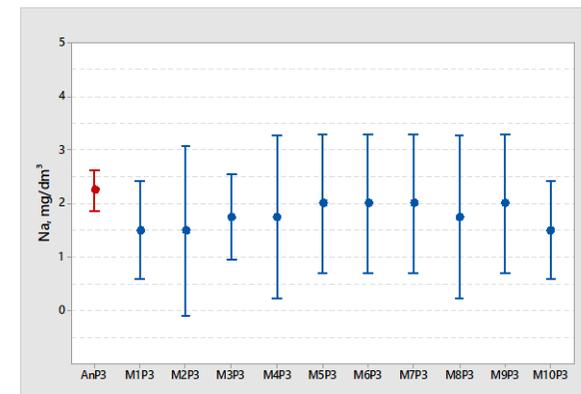
Brachiaria brizantha cv Marandu.



0 – 10 cm



10 – 20 cm



20 – 30 cm

Figura 19. Comportamento do indicador químico do solo: Sódio (mg/dm^3), antes e após o manejo da biofertilização da capineira

Brachiaria brizantha cv Marandu.

Analisando os dados dos indicadores físico-químicos apresentados nas Tabelas 5 a 14 e Figuras 13 a 19, podemos perceber que, em geral, não apresentaram diferenças significativas nos seus teores ao longo da profundidade, em todos os manejos da biofertilização; com exceção das proporções granulométricas finas do solo, que apresentou tendência de iluviação, provavelmente este fenômeno tenha ocorrido devido à capacidade de infiltração d'água deste solo, Carvalho et al. (2015) constatou que a velocidade de infiltração básica d'água neste solo é de $13,6 \text{ cm/h} \pm 0,2 \text{ cm/h}$, classificada como muito alta, segundo (BERNARDO, 2006).

Podemos perceber que estes indicadores na solução aquosa do solo apresentaram uma maior dispersão com os manejos da biofertilização quando comparado aos seus valores médios antes do preparo do solo para o plantio; como a coleta das amostras simples antes do plantio foi realizada no período seco, com lâmina de água disponível no solo bastante reduzida; logo, a solução do solo encontrava-se muito concentrada, ou seja, com compostos químicos pouco dispersos. Enquanto que, a coleta das amostras simples para avaliar o impacto do manejo da biofertilização ocorreu logo após a realização do terceiro corte da biomassa foliar; portanto, com a umidade do solo próxima da capacidade de campo, o que favoreceu a uma maior dispersão dos compostos químicos na solução aquosa do solo. Esta dispersão, possivelmente, é potencializada pela desuniformidade do espaço poroso do solo, especialmente, da porção relativa aos microporos.

Verifica-se, também, que os teores destes indicadores químicos no solo após a realização do manejo da biofertilização, de modo geral, não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, aos teores observados antes do preparo do solo para o plantio; mas, é perceptível uma leve tendência no declínio nos teores destes indicadores com o manejo da capineira. Isto vem a demonstrar que o dimensionamento da demanda nutricional da cultura forrageira, em que se levou em consideração a disponibilidade de nutrientes existentes neste solo, foi adequado. Confirmando que, em um sistema de produção agropastoril para se manter a qualidade do solo, sem provocar erosão química, faz-se necessário anualmente se corrigir a acidez e elevar a disponibilidade de nutrientes no solo, de modo a atender a demanda das plantas, e ao mesmo tempo manter ou até mesmo melhorar os níveis destes indicadores, sem comprometer a microbiota do solo.

Conforme Koura et al. (2002) devido à dinâmica do solo ser muito lenta faz-se necessário vários anos de irrigação com águas residuárias para que as mudanças nas características químicas do solo tornam-se perceptíveis. No entanto, nossos resultados mostram o potencial de uso de água residuário e/ou esterco da linha verde como fonte de nutrientes e água para a capineira *B. brizantha* cv Marandu que é importante para a alimentação do gado.

5.2.1.1.1 Caracterização do indicador físico resistência do solo

A sequência de Figuras 20 a 24 apresentam o comportamento da resistência do solo à penetração das raízes da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da profundidade do solo.

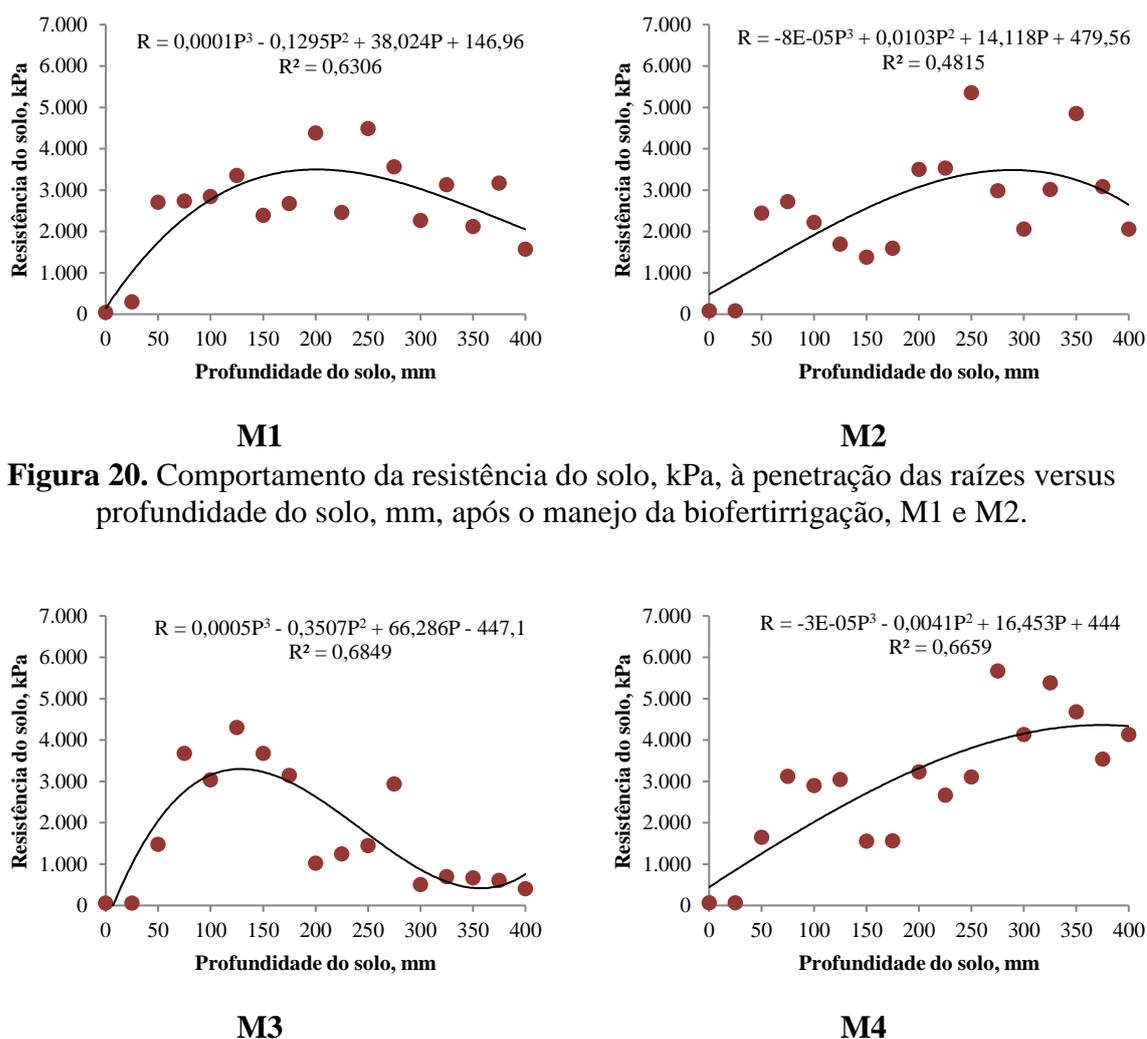
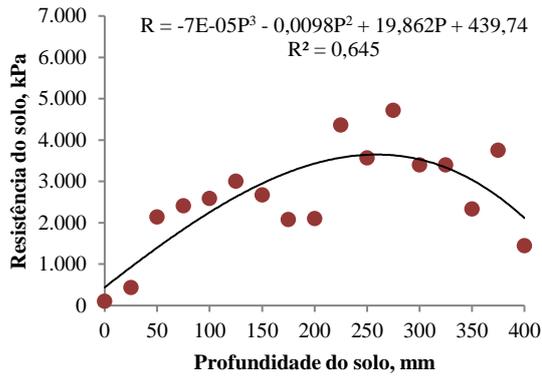
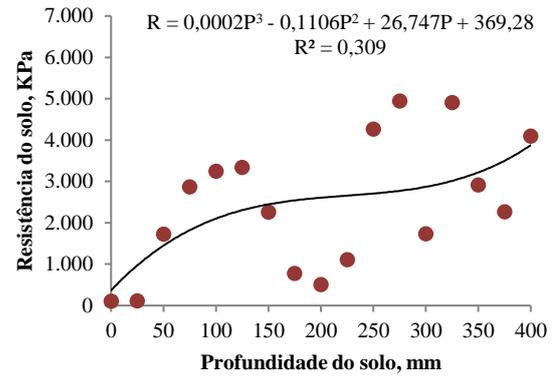


Figura 20. Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M1 e M2.

Figura 21. Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M3 e M4.

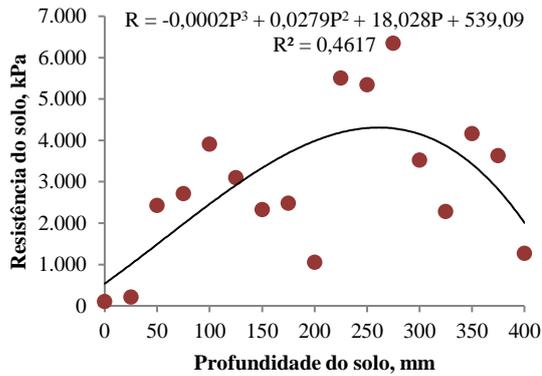


M5

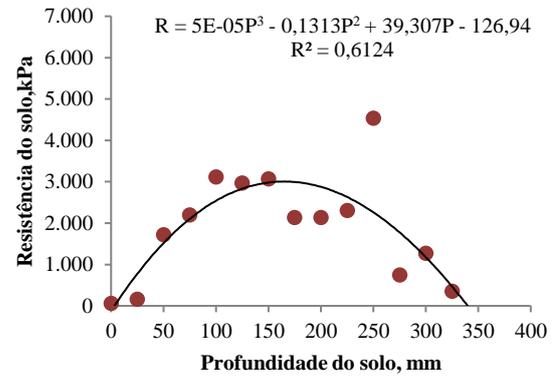


M6

Figura 22. Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M5 e M6.

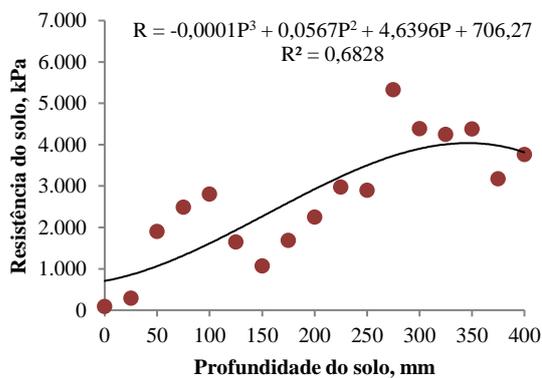


M7

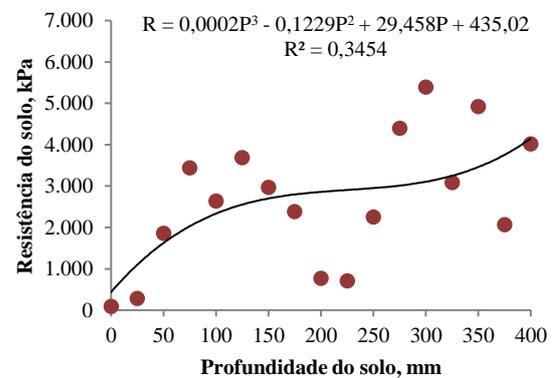


M8

Figura 23. Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M7 e M8.



M9



M10

Figura 24. Comportamento da resistência do solo, kPa, à penetração das raízes versus profundidade do solo, mm, após o manejo da biofertilização, M9 e M10.

A partir da análise dos dados apresentados nestas figuras, pode-se perceber que em todos os manejos da biofertilização as raízes desta cultura apresentaram uma alta variabilidade no comportamento de sua capacidade de penetração. Possivelmente, a capacidade de penetração das raízes no solo não depende exclusivamente da profundidade; pois, como pode ser observado o coeficiente de explicação (R^2) dos modelos matemáticos obtidos variaram de 0,309 a 0,6849, expressando uma interdependência positiva entre estas variáveis; mas, não perfeita, indicando que há outras variáveis que tenham relação de influência nesta capacidade de penetração das raízes. Prever o aprofundamento das raízes é fundamental para o planejamento da correção da acidez e fertilidade do solo, bem como do planejamento da lâmina d'água a ser disponibilizada para a cultura; pois, este comportamento irá influenciar na capacidade de desenvolvimento da parte aérea da cultura, com reflexos positivo na sua capacidade de produção de biomassa. É provável que tenha ocorrido uma tendência do sistema radicular da cultura aumentar a sua capacidade de penetração no solo com o incremento das doses dos compostos residuais do Frigorífico de abate de bovinos na água aplicada, contribuída pela redução da resistência do solo. Como se pode observar nas estimativas da penetração das raízes desta cultura nas tensões de resistência do solo: 1,5 MPa, desenvolvimento adequado, e 2,5 MPa, limita o crescimento das raízes das pastagens, segundo (LEÃO et al., 2004). Ver Tabela 15, a seguir.

Tabela 15. Capacidade de penetração das raízes da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu versus manejo da biofertilização.

Manejo da Biofertilização	Profundidade do solo, cm	
	1,5 MPa	2,5 MPa
M1	4,1	8,9
M2	7,1	14,5
M3	3,6	6,4
M4	6,6	13,4
M5	5,6	11,6
M6	5,3	14,1
M7	5,1	10,5
M8	4,9	9,7
M9	8,9	16,1
M10	4,4	11,5

A partir destes dados estimados de aprofundamento das raízes da capineira em função das doses de nitrogênio (N), oriundo dos compostos de resíduos do Frigorífico de abate de bovinos, aplicado no solo das parcelas experimentais foi possível obter modelos matemáticos capazes de expressar a relação entre a dose aplicada de N oriundo de compostos residuais do frigorífico versus a profundidade das raízes (Figuras 25 a 27).

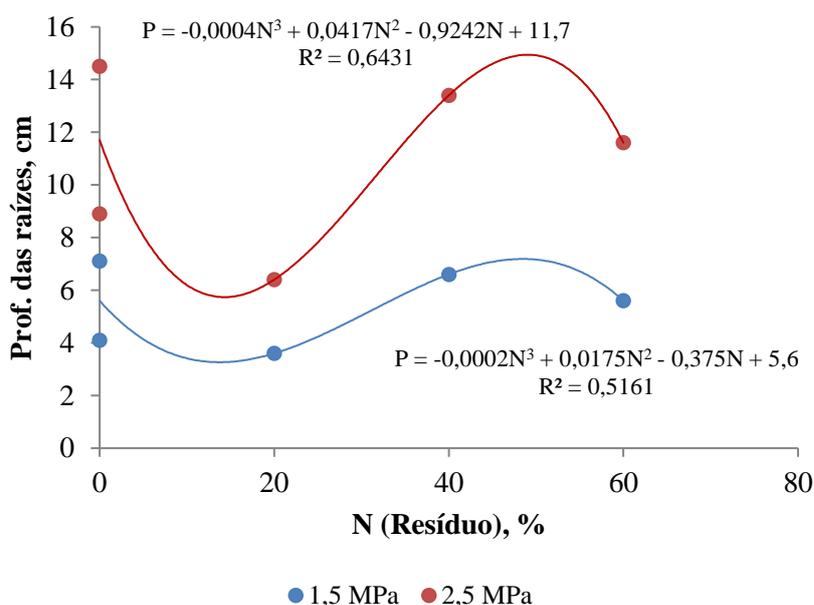


Figura 25. Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo da 3ª lagoa de estabilização.

Analisando o comportamento da penetração das raízes em função da dose de N, oriundo da água da 3ª lagoa de estabilização, aplicado nas parcelas experimentais, figura 25, percebe-se que há correlação positiva até a aplicação da dose de 50% do N demandado pela cultura; a partir desta dose, possivelmente, a cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu poderá apresentar inibição no aprofundamento de suas raízes.

Enquanto que, na aplicação de doses de N, oriundo da água da caixa de recepção, ou seja, sem nenhuma forma de tratamento (Figura 26) a penetração das raízes desta cultura responde positivamente a um incremento de até 17,5% do nitrogênio desta fonte; a partir desta dose a resposta será nula ou negativa. Provavelmente, este comportamento se deve ao teor elevado de gordura presente neste fluído residual, o que possivelmente

provoca uma obstrução da porosidade do solo, reduzindo a capacidade de infiltração d'água, e circulação de ar.

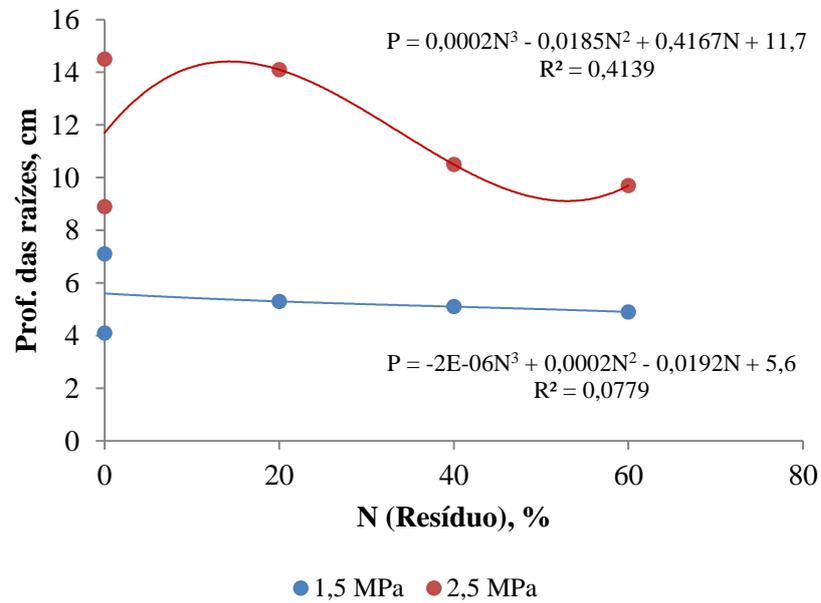


Figura 26. Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo da caixa de recepção (sem tratamento).

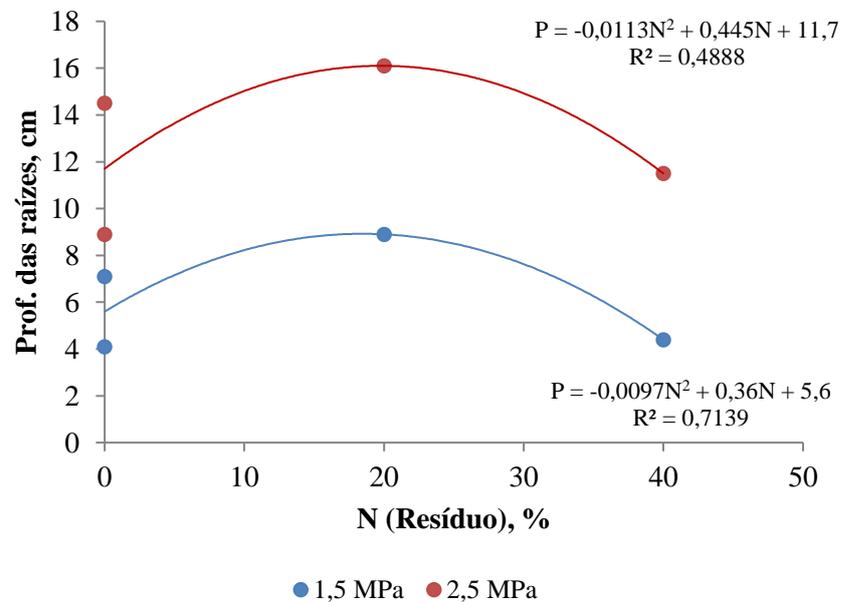


Figura 27. Comportamento da penetração das raízes no solo versus dose de nitrogênio (N) oriundo do esterco prensado.

A aplicação de N, oriundo do esterco prensado (Figura 27), apresentou também correlação positiva até uma dose de 20% da quantia demandada pela cultura; a partir desta dose o crescimento vertical das raízes apresentou correlação negativa. Este material quando distribuído sobre o solo, forma-se uma camada, que provavelmente, funciona como uma esponja absorvendo a água aplicada, dificultando a sua penetração no solo, comprometendo a elevação da umidade à capacidade de campo ao longo do perfil da zona radicular esperada pela cultura.

5.2.1.2 Análise da diversidade microbiana do solo após o manejo da biofertilização

5.2.1.2.1 Contagem de microrganismos viáveis

Os valores apresentados na Tabela 16 correspondem ao intervalo da média aritmética do número de colônias de microrganismos viáveis observados em corpos de prova de solo coletados nos centros das parcelas nos quatro blocos experimentais, em cada manejo da biofertilização, ao nível de 95% de confiança. Esses valores foram comparados pela análise estatística inferencial, seguida do teste de Student a 5% probabilidade.

Após a biofertilização, independente da profundidade foi observado um aumento na média de células microbianas viáveis, quando comparada com as médias observadas nos pontos amostrados antes de se iniciar o experimento, ver dados apresentados na Tabela 4. Entretanto, quando se realiza uma comparação entre os manejos que não receberam água residuária com aqueles que receberam, observa-se uma redução na contagem de actinomicetos e fungos e um aumento de células bacterianas. Essas mudanças no número de células microbianas viáveis podem ser devido às características químicas dos efluentes ter alterado a composição química do solo.

Tabela 16. Contagem em placa de microrganismos viáveis do solo após o plantio do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu e utilização da biofertilização com efluente do abate de bovino.

Manejo da Biofertilização	Profundidade (cm)	Actinomicetos	Bactérias totais	Fungos
		Log (UFC g ⁻¹)		
M1	0 – 10	7,42 ± 0,03	8,52 ± 0,09	6,74 ± 0,01
	10 – 20	6,91 ± 0,03	8,36 ± 0,07	5,42 ± 0,01
	20 – 30	6,15 ± 0,04	7,25 ± 0,04	3,15 ± 0,01
M2	0 – 10	7,39 ± 0,02	8,25 ± 0,02	6,11 ± 0,03
	10 – 20	7,01 ± 0,01	7,74 ± 0,07	5,75 ± 0,07
	20 – 30	6,38 ± 0,02	7,08 ± 0,01	3,53 ± 0,01
M3	0 – 10	5,42 ± 0,03	11,19 ± 0,09	5,93 ± 0,04
	10 – 20	5,23 ± 0,06	10,89 ± 0,05	5,74 ± 0,02
	20 – 30	5,96 ± 0,03	8,26 ± 0,06	- ^a
M4	0 – 10	4,78 ± 0,01	12,14 ± 0,02	6,14 ± 0,04
	10 – 20	4,37 ± 0,03	11,37 ± 0,03	5,94 ± 0,03
	20 – 30	5,55 ± 0,07	8,27 ± 0,02	- ^a
M5	0 – 10	4,51 ± 0,09	12,85 ± 0,03	6,38 ± 0,01
	10 – 20	3,55 ± 0,06	12,05 ± 0,03	6,39 ± 0,02
	20 – 30	5,46 ± 0,03	8,26 ± 0,02	- ^a
M6	0 – 10	3,24 ± 0,09	12,54 ± 0,03	5,43 ± 0,01
	10 – 20	2,31 ± 0,06	11,36 ± 0,03	5,09 ± 0,02
	20 – 30	5,04 ± 0,03	7,74 ± 0,02	- ^a
M7	0 – 10	2,85 ± 0,09	14,11 ± 0,03	5,74 ± 0,01
	10 – 20	1,26 ± 0,06	13,13 ± 0,03	5,49 ± 0,02
	20 – 30	4,85 ± 0,03	7,86 ± 0,02	- ^a
M8	0 – 10	2,78 ± 0,09	15,06 ± 0,03	6,21 ± 0,01
	10 – 20	1,61 ± 0,06	13,85 ± 0,03	5,87 ± 0,02
	20 – 30	5,32 ± 0,03	8,27 ± 0,02	- ^a
M9	0 – 10	4,12 ± 0,09	13,01 ± 0,03	6,33 ± 0,01
	10 – 20	3,79 ± 0,06	12,40 ± 0,03	5,83 ± 0,02
	20 – 30	5,55 ± 0,03	8,01 ± 0,02	- ^a
M10	0 – 10	3,57 ± 0,09	13,05 ± 0,03	6,54 ± 0,01
	10 – 20	3,21 ± 0,06	12,66 ± 0,03	6,17 ± 0,02
	20 – 30	5,64 ± 0,03	8,34 ± 0,02	- ^a

a- valores abaixo de 25 colônias. UFC – Unidade formadora de colônia. M1P1 – Manejo da biofertilização 1 e profundidade 1 (0-10 cm).

Semelhante ao observado antes do preparo do solo para o plantio, a contagem de células viáveis diminuiu em função da profundidade e a contagem de células bacterianas

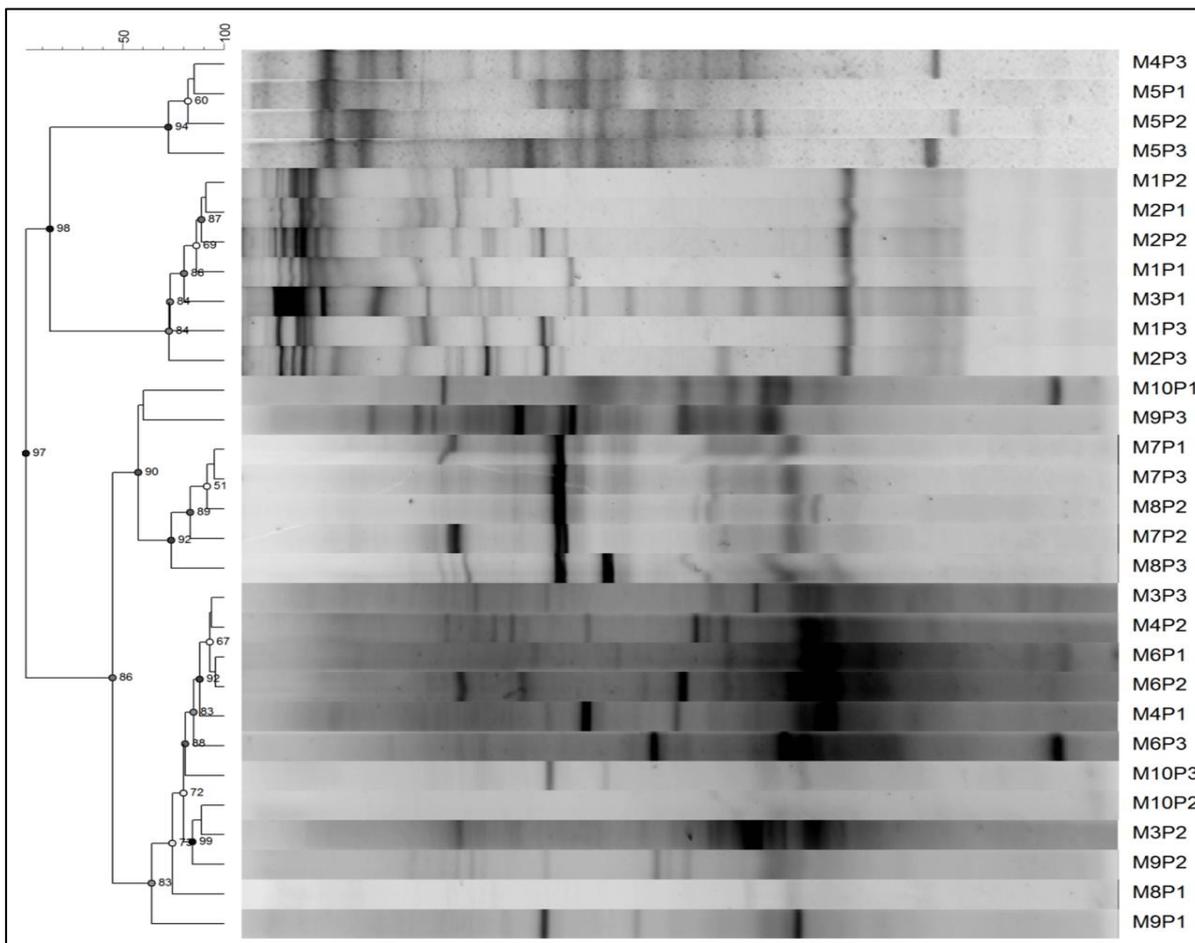
foi superior à de fungos (Tabelas 4 e 16). Além disso, nos manejos sem adição dos efluentes foram observadas células fúngicas viáveis na profundidade de 20-30 cm que não estavam presentes antes da biofertilização (Tabelas 4 e 16). Isso mostra que a disponibilidade de nutriente e água possibilitou a germinação de células dormentes, e que os nutrientes oriundos das composições do efluente do frigorífico de abate de bovinos, provavelmente, não teve uma infiltração significativa no solo, de modo a influenciar no comportamento da biomassa ao longo do perfil do solo.

5.2.1.2.2 Caracterização da diversidade microbiana no solo por perfil de DGGE

Após a aplicação dos diferentes biomanejos foi observado alterações no perfil de DGGE das comunidades de BFNs e FMAs quando comparado com os perfis antes da aplicação dos mesmos. Observou-se uma redução da quantidade de grupos, e ao mesmo tempo um aumento da intensidade das bandas o que mostra uma redução na riqueza de espécies, porém um aumento na quantidade das comunidades microbianas existentes antes da biofertilização. Assim, essas alterações pode ser melhor explicada pela diferença do período de colheita das amostras e pela umidificação do solo, pois os manejos ajudaram a proliferação da comunidade microbiana indígena. O monitoramento da população, principalmente BFNs e FMAs, e a atividade microbiana do solo são indicadores da qualidade do solo devido serem sensíveis as interferências ambientais e antrópicas (DICK et al., 1996; BARROS et al., 2010).

O manejo 1 que não recebeu nenhum tipo de fertilizante compartilha do perfil de bandas de BFNs apenas com os biomanejos 2 e 3, sendo maior semelhança com o primeiro (Figura 28). Nos biomanejos 7 e 8 que os efluentes do abatedouro tinham a mesma origem, coletado na caixa de recepção, apresentam perfis de bandas semelhantes. Esses resultados demonstram a influência da composição química do efluente sobre a BFNs (Figura 28). Além disso, mostram que as alterações sobre a BFNs se devem não apenas a adição de fontes de NPK mais também pela correção de acidez do solo. Segundo Rufini et al. (2011) diversos fatores bióticos e abióticos, incluindo acidez do solo, afeta a população de BFNs e diminuí a eficiência da associação simbióticas entre BFNs e plantas. Portanto, a avaliação da comunidade de BFNs por DGGE mostrou ser um bom parâmetro para se estudar as alterações causadas pela aplicação de diferentes manejos no solo.

O dendograma de UPMG das BFNs mostra a formação de agrupamentos em função da profundidade e dos diferentes tipos de manejos (Figura 28). Isso mostra que a diversidade microbiana foi afetada pelas aplicações dos manejos em todas as profundidades do solo estudadas. A infiltração dos efluentes no solo pode ter acarretado alterações observadas nas características físico-química do solo.



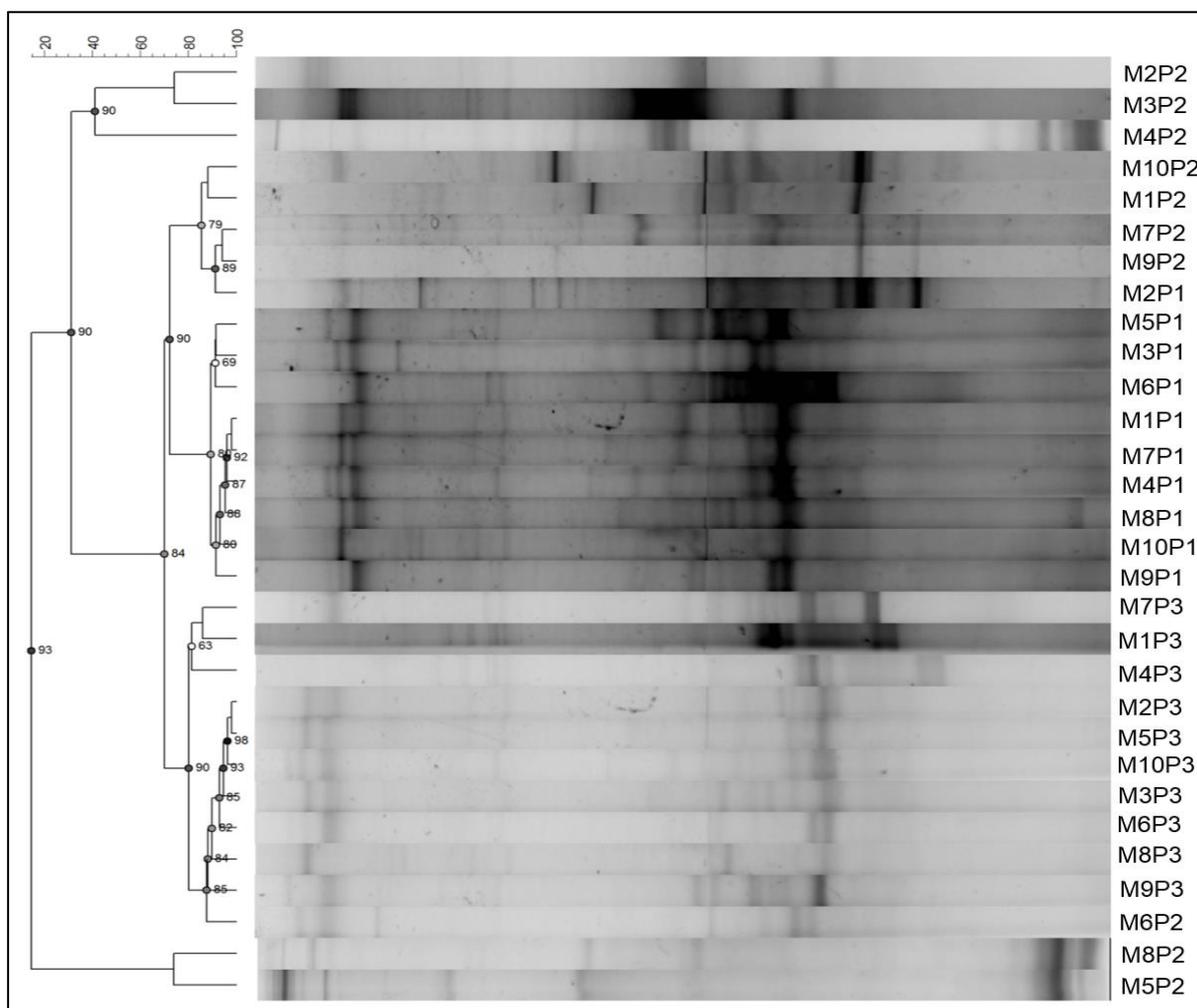


Figura 29. Dendograma de UPGMA e perfil de bandas de gene 18S rDNA obtidas pelo DGGE das amostras de solo coletadas após a aplicação dos biomanejos (M1 a M10) de biofertilização com água residuária do abate de bovino.

As alterações nos perfis de bandas dos FMAs antes e após aplicação dos manejos foram observados na superfície (Figura 29). Nas outras profundidades a comunidade desse manteve inalteradas. Isso pode ser devido a limitação de oxigênio e nutriente nas camadas mais profundas. Os FMAs são observados principalmente na região da rizosfera (VERMA et al., 2008; SMITH et al. 2010). O oxigênio é um dos principais fatores que afeta a população microbiana, sendo utilizado para classificação dos microorganismos em função do metabolismo energético em aeróbios, anaeróbios e variações (MADIGAN et al., 2010; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O dendograma de UPGMA agrupou os perfis de FMAs após em função das profundidades (Figura 29). As profundidades de 0-10 e 20-30 cm, P1 e P3

respectivamente, formaram um agrupamento no interior do gel e outra em profundidade nas partes superior e inferior do gel. Tais agrupamentos mostra que a adição dos efluentes tiveram baixa influência sobre a comunidade de FMAs. Além disso, na maior profundidade estudada foi observada baixo número e intensidade de bandas. Assim, a diversidade e abundância de FMAs nessa profundidade se manteve baixas mesma após a aplicação dos efluentes no solo que se deve a limitação de nutrientes e oxigênio.

O tempo de aplicação dos manejos no solo foi de aproximadamente sete meses que mostrou se adequado para estudos das alterações microbianas no solo. Segundo diversos autores tem mostrado que a comunidade microbiana do solo sofre alterações rápido em relação as condições ambientais (FALEIRO & ANDRADE, 2011; BARROS et al., 2010; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Semelhante ao observado nos perfis de BFNs, a análise da comunidade de FMAs por DGGE mostrou-se ser um bom parâmetro para investigar o potencial de uso de efluente oriundo de abatedouro de bovino na irrigação de cultura agrícola em especial forrageiras, antes (Figuras 11 e 12) e depois (Figuras 28 e 29). Entretanto, a análise das BFNs mostrou mais sensível que as de FMAs que se deve principalmente a dois fatores. As bactérias e os fungos são respectivamente microrganismos unicelular e multicelulares. Assim, nas amostras há maior possibilidade de ter maior diversidade de bactéria que de fungos.

Segundo fator e talvez o mais importante se deve ao tempo de germinação e ou crescimento. As BFNs podem ser de vida livre ou es estabelecer associação simbiótica com outros seres vivos. Assim, elas podem crescer e se multiplicarem no solo sem necessariamente estarem associadas a outro ser. Entretanto, os FMAs dependem de estarem associados as raízes de plantas para crescimento e reprodução (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Além disso, a reprodução sexuada de FMAs depende ainda da germinação de esporos (MADIGAN et al., 2010; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Nesse contexto, para verificar as alterações sobre a comunidade de FMAs após a aplicação dos manejos de biofertilização depende de um tempo maior que as BFNs.

5.2.2 Caracterização da biomassa foliar da forrageira

Os dados da biomassa foliar da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mensurados no primeiro corte, realizado aos 160 dias do plantio, encontram-se apresentados na Tabela 17 e Figura 30.

Tabela 17. Biomassa foliar da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu versus manejo da biofertilização, mensurada no 1º corte – realizado aos 160 dias do plantio.

Manejo da Biofertilização	Biomassa foliar, kg/ha					
	Massa orgânica		Massa mineral		Massa Seca	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV
M1	345,7 ± 638,8 ab	116,1	25,5 ± 51,9 ab	127,7	371,3 ± 690,7 ab	116,9
M2	237,1 ± 273,0 a	72,35	13,2 ± 17,8 ab	84,5	250,3 ± 288,1 a	72,3
M3	72,9 ± 86,2 a	74,3	3,9 ± 5,2 a	84,2	76,8 ± 91,4 a	74,8
M4	318,3 ± 384,9 a	76,0	27,1 ± 35,7 ab	82,9	345,4 ± 420,5 a	76,5
M5	348,2 ± 239,1 a	43,1	22,1 ± 19,1 ab	54,1	370,4 ± 251,1 a	42,6
M6	263,4 ± 125,3 a	29,9	22,4 ± 12,7 b	35,6	285,8 ± 126,1 a	27,73
M7	181,6 ± 314,8 a	109,0	12,4 ± 21,4 ab	108,6	193,9 ± 336,2 a	108,9
M8	190,0 ± 296,4 a	98,1	12,3 ± 26,9 ab	138,0	202,2 ± 323,1 a	100,4
M9	871,9 ± 993,5 ab	71,6	64,1 ± 79,2 ab	77,7	936,0 ± 1.072,1 ab	72,0
M10	1.351,5 ± 575,3 b	17,1	62,7 ± 87,3 ab	56,0	1.414,2 ± 570,7 b	16,2

CV = Coeficiente de variância, %

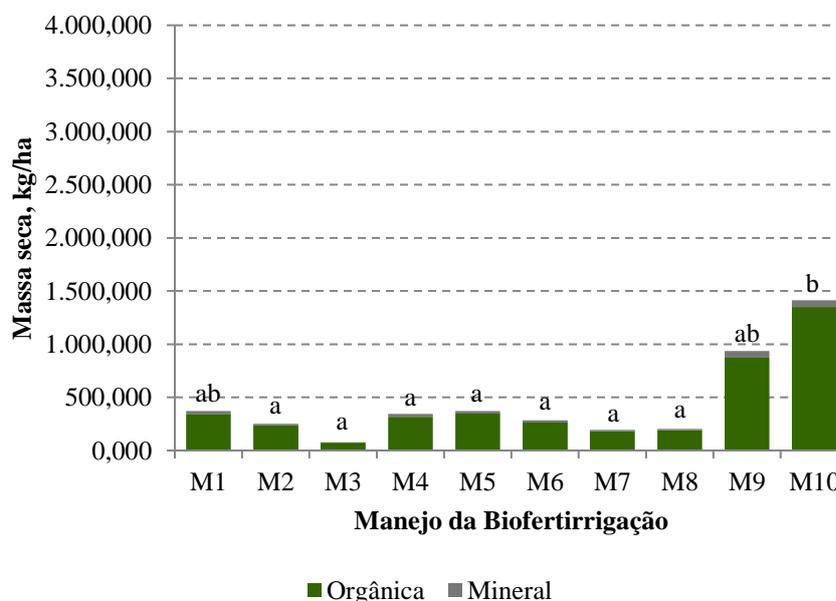


Figura 30. Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 1º corte – realizado aos 160 dias do plantio.

Analisando os dados da biomassa foliar da cultura *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu coletado nas parcelas experimentais, 160 dias após a operação de semeadura, pode-se verificar, de modo geral, em todos os manejos a produtividade da capineira apresentou de alta (CV de 20 a 30%) a muito alta (CV > 30%) variabilidade, e uma baixa produtividade desta capineira, especialmente nos manejos com utilização de águas residuárias; mostrando que esta cultura não responde bem à utilização de águas residuárias nas suas fases iniciais de desenvolvimento. Os manejos, M1 a M9, não diferenciaram entre si; mas, o manejo M10 apresentou diferença significativa, com $p < 0,05$, aos manejos M2 a M8, na produtividade de massa seca, em kg/ha. Esta baixa produtividade, independente do manejo, deve-se à cultura não ter ainda, neste estágio, completado o seu pleno desenvolvimento, como pode ser observado nas Figuras 31a e 31b na maioria das parcelas experimentais as plantas ainda tinham coberto muito pouco da superfície do solo, com exceção dos manejos M9 e M10. Como nestes manejos foi utilizado, como fonte residual, o esterco prensado, a camada de resíduo colocado sobre a superfície do solo, provavelmente proporcionou uma redução da temperatura do solo, melhorou as condições de umidade na camada superficial e contribuiu para a troca de cátions, tendo como consequência positiva este desempenho da cultura.

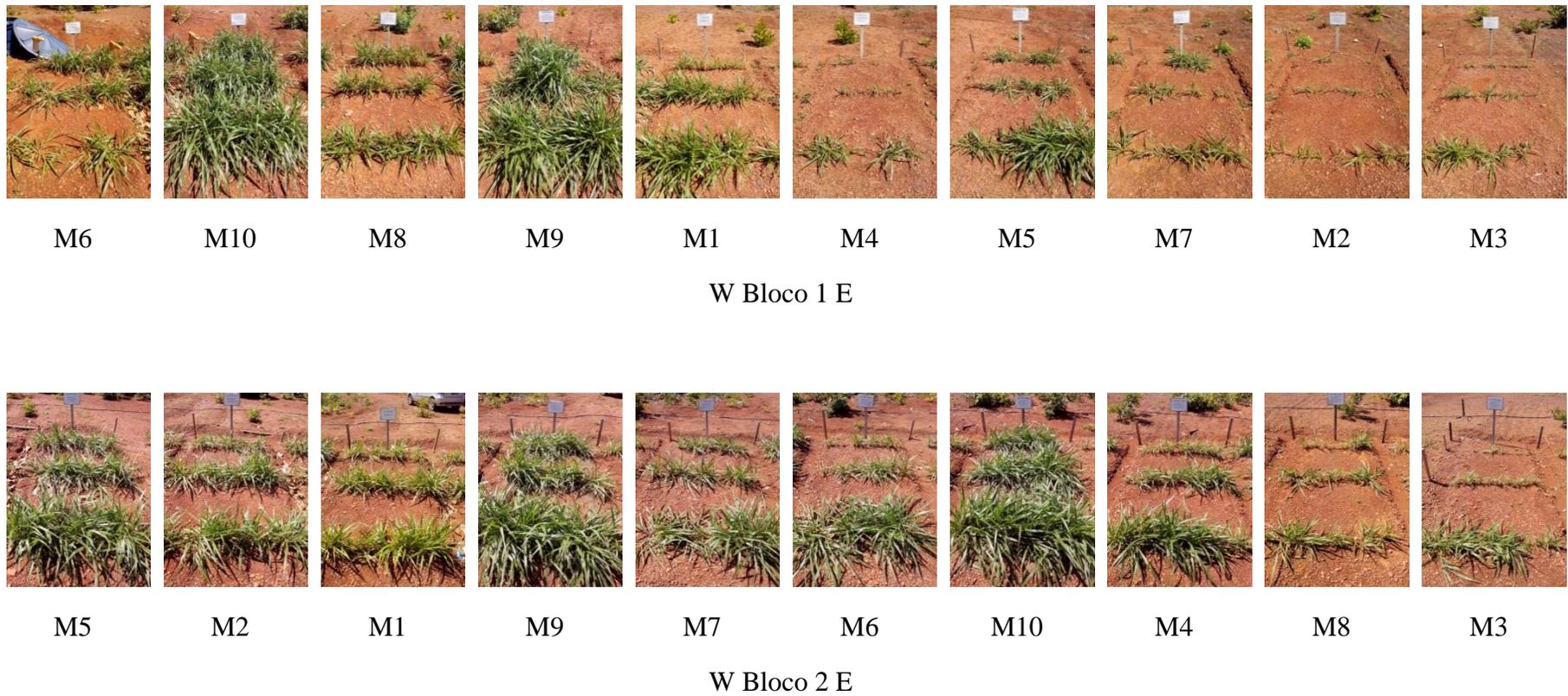


Figura 31a. Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 1º corte, ocorrida há 160 dias após a operação de semeadura.



M3

M6

M4

M8

M1

M10

M7

M5

M9

M2

N Bloco 3 S



M5

M1

M3

M9

M7

M2

M10

M4

M6

M8

N Bloco 4 S

Figura 31b. Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 1º corte, ocorrida há 160 dias após a operação de semeadura.

A produtividade de biomassa foliar desta cultura, mensurados no segundo corte, realizado aos 209 dias do plantio, e há 49 dias após a realização do primeiro corte, encontram-se apresentados na Tabela 18 e Figura 32.

Tabela 18. Biomassa foliar da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu versus manejo da biofertilização, mensurada no 2º corte – realizado aos 209 dias do plantio.

Manejo da Biofertilização	Biomassa foliar, kg/ha					
	Massa orgânica		Massa mineral		Massa Seca	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV
M1	592,1 ± 689,2 ab	73,2	38,6 ± 37,7 a	61,3	630,7 ± 725,4 a	72,3
M2	780,1 ± 975,0 ab	78,6	40,3 ± 52,3 a	81,6	820,4 ± 1.023,4 ab	78,4
M3	432,9 ± 264,2 a	38,4	38,1 ± 28,8 a	47,4	471,0 ± 292,9 a	39,1
M4	1.834,4 ± 2.209,8 abc	75,7	80,0 ± 68,6 a	53,9	1.914,4 ± 2.271,9 abc	74,6
M5	2.258,1 ± 1.725,1 abc	48,0	129,5 ± 105,8 a	51,4	2.387,6 ± 1.822,4 abc	48,0
M6	1.468,0 ± 916,0 abc	39,2	107,9 ± 70,7 a	41,2	1.575,9 ± 982,6 abc	39,2
M7	720,9 ± 1.019,5 ab	88,9	66,0 ± 90,0 a	85,7	787,0 ± 1.068,2 ab	85,3
M8	1.103,0 ± 1.074,6 ab	6,2	77,1 ± 75,0 a	61,2	1.180,0 ± 1.141,9 ab	60,8
M9	3.411,9 ± 1.997,8 bc	36,8	174,7 ± 136,9 a	49,3	3.586,6 ± 2.103,8 bc	36,9
M10	3.562,8 ± 1.197,1 bc	21,1	156,2 ± 127,3 a	51,2	3.718,9 ± 1.290,5 c	21,8

CV = Coeficiente de variância, %

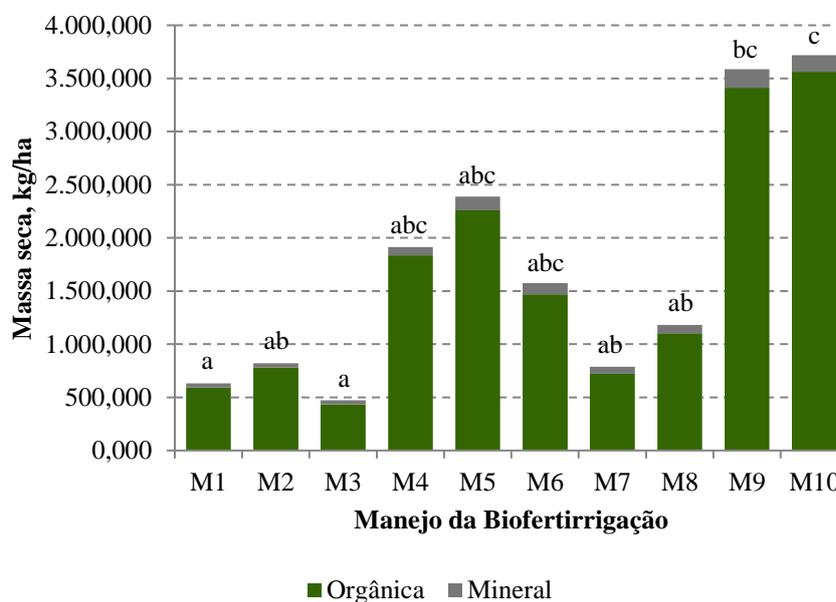


Figura 32. Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 2º corte – realizado aos 209 dias do plantio.

Analisando os dados, apresentados na Tabela 18 e Figura 32, da biomassa foliar da cultura *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu coletado nas parcelas experimentais, há 209 dias

após a operação de semeadura, e aos 49 dias após a realização do 1º corte, pode-se verificar, de modo geral, em todos os manejos que a produtividade da capineira apresentou de alta (CV de 20 a 30%) a muito alta (CV > 30%) variabilidade, fazendo com que estas produtividades, em geral, não apresentassem diferenças significativas, com $p < 0,05$, quanto ao manejo da biofertilização; mas, é perceptível o efeito do uso da água residuária oriunda da 3ª lagoa de estabilização, nos manejos M4 e M5, bem como do esterco prensado, nos manejos M9 e M10, e na utilização da água residuária sem tratamento, manejo M6 – com dose de 20% de N. Mostrando que, neste estágio do desenvolvimento a cultura já responde satisfatoriamente à aplicação da biofertilização.

Observando as Figuras 33a e 33b a seguir, percebe-se que nas parcelas em que foram utilizadas composições residuais no manejo da água aplicada a capineira apresentou melhor desenvolvimento, quando comparado aos manejos, M1 e M2, sem utilização destas composições.



M6

M10

M8

M9

M1

M4

M5

M7

M2

M3

W Bloco 1 E



M5

M2

M1

M9

M7

M6

M10

M4

M8

M3

W Bloco 2 E

Figura 33a. Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 2º corte, ocorrida há 209 dias após a operação de semeadura.



M3

M6

M4

M8

M1

M10

M7

M5

M9

M2

N Bloco 3 S



M5

M1

M3

M9

M7

M2

M10

M4

M6

M8

N Bloco 4 S

Figura 33b. Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 2º corte, ocorrida há 209 dias após a operação de semeadura.

Na Tabela 19 e Figura 34 estão apresentados os dados da produtividade de biomassa foliar da capineira, mensurados no terceiro corte, realizado aos 280 dias do plantio, e há 71 dias após a realização do segundo corte.

Tabela 19. Biomassa foliar da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu versus manejo da biofertilização, mensurada no 3º corte – realizado aos 280 dias do plantio.

Manejo da Biofertilização	Biomassa foliar, kg/ha					
	Massa orgânica		Massa mineral		Massa Seca	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV
M1	620,4 ± 545,0 a	55,2	53,9 ± 54,7 a	63,8	674,3 ± 598,1 a	55,7
M2	926,9 ± 920,9 a	62,4	93,7 ± 96,0 a	64,4	1.020,6 ± 1.015,4 a	62,5
M3	762,0 ± 817,1 a	43,1	60,7 ± 82,9 a	54,8	822,8 ± 899,8 a	43,9
M4	1.779,1 ± 2.643,3 a	59,7	134,7 ± 166,6 a	49,7	1.913,8 ± 2.809,1 a	59,0
M5	2.077,7 ± 1.522,7 a	46,1	158,3 ± 133,7 a	53,1	2.236,0 ± 1.649,6 a	46,4
M6	1.428,0 ± 931,5 a	41,0	102,6 ± 43,9 a	26,9	1.530,6 ± 955,0 a	39,2
M7	1.789,5 ± 651,3 a	22,9	146,0 ± 85,0 a	36,6	1.935,5 ± 727,2 a	23,6
M8	1.335,5 ± 454,9 a	21,4	112,2 ± 29,6 a	16,6	1.447,7 ± 471,1 a	20,5
M9	1.892,8 ± 1.740,4 a	36,9	103,5 ± 31,1 a	12,1	1.996,3 ± 1.731,6 a	34,8
M10	1.572,4 ± 560,7 a	22,4	88,2 ± 82,1 a	58,5	1.660,6 ± 639,5 a	24,2

CV = Coeficiente de variância, %

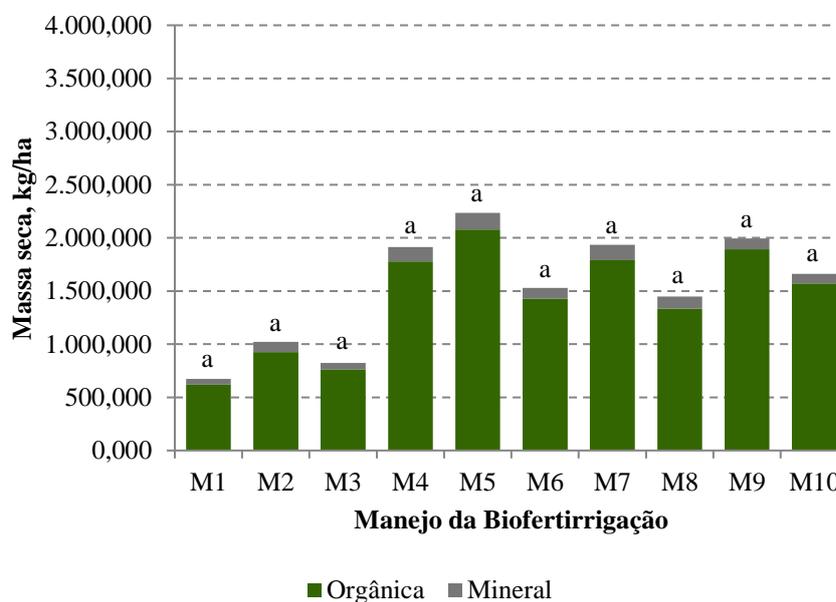


Figura 34. Biomassa foliar da capineira versus manejo da biofertilização, mensurada no 3º corte – realizado aos 280 dias do plantio.

Após a análise dos dados, apresentados na Tabela 19 e Figura 34, da biomassa foliar da cultura *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu coletada nas parcelas experimentais, há

280 dias após a operação de semeadura, e aos 71 dias após a realização do 2º corte, pode-se verificar, de modo geral, em todos os manejos que a produtividade da capineira apresentou de alta (CV de 20 a 30%) a muito alta (CV > 30%) variabilidade, fazendo com que estas produtividades, em geral, não apresentassem diferenças significativas, com $p < 0,05$, quanto ao manejo da biofertilização; mas, é perceptível o impacto diretamente proporcional do uso da água residuária oriunda da 3ª lagoa de estabilização, enquanto que as composições residuais, oriunda da caixa de recepção (sem tratamento) e do esterco prensado, apresentaram impactos crescentes na produtividade da biomassa foliar da capineira até, respectivamente, as doses de 40% de N e 20% de N; a partir, destas doses ocorreu uma tendência de decréscimo na produtividade da biomassa foliar, não confirmada estatisticamente. Possivelmente, como já mencionado deve-se, respectivamente, ao teor de gordura e a espessa camada orgânica formada sobre o solo.

Observando as Figuras 35a e 35b a seguir, percebe-se que nas parcelas em que foram utilizadas composições residuais no manejo da água aplica a capineira apresentou melhor desenvolvimento, quando comparado aos manejos, M1 e M2, sem utilização destas composições; pois, em geral nas parcelas que foram utilizadas águas residuárias a capineira praticamente cobriu todo o solo da parcela experimental.



M6

M10

M8

M9

M1

M4

M5

M7

M2

M3

W Bloco 1 E



M5

M2

M1

M9

M7

M6

M10

M4

M8

M3

W Bloco 2 E

Figura 35a. Ilustração dos blocos experimentais, 1 e 2, no momento da realização do 3º corte, ocorrida há 280 dias após a operação de semeadura.



M3

M6

M4

M8

M1

M10

M7

M5

M9

M2

N Bloco 3 S



M5

M1

M3

M9

M7

M2

M10

M4

M6

M8

N Bloco 4 S

Figura 35b. Ilustração dos blocos experimentais, 3 e 4, no momento da realização do 3º corte, ocorrida há 280 dias após a operação de semeadura.

A partir dos dados de produtividade, em kg/ha, de massa seca mensurada em cada manejo da biofertilização foram construídos modelos matemáticos que expressassem esta produtividade em função das doses de nitrogênio, de fontes: comercial e residuária de frigorífico de abate de bovino combinadas entre si, disponibilizado no solo para atender a demanda da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Na Tabela 20, a seguir, estão expressas as equações multivariadas resultantes destas combinações.

Tabela 20. Modelos matemáticos multivariados da produtividade de massa seca (MS), kg/ha, versus nitrogênio comercial (N_{com}), kg/ha, e nitrogênio resíduo (N_{bio}), kg/ha.

Fonte do resíduo	Corte da biomassa	Modelo matemático multivariado	R ²
3ª lagoa estabilização	1º	$MS = 371,2700 - 1,3659 \cdot N_{com} + 0,7302 \cdot N_{bio}$	0,4696
	2º	$MS = 630,7132 - 1,0274 \cdot N_{com} + 19,4560 \cdot N_{bio}$	0,8107
	3º	$MS = 674,2513 - 0,7564 \cdot N_{com} + 16,5475 \cdot N_{bio}$	0,8564
Caixa de recepção	1º	$MS = 371,2700 - 0,6853 \cdot N_{com} - 1,4724 \cdot N_{bio}$	0,8672
	2º	$MS = 630,7132 + 2,7773 \cdot N_{com} + 3,7441 \cdot N_{bio}$	0,3002
	3º	$MS = 674,2513 + 3,7095 \cdot N_{com} + 9,3305 \cdot N_{bio}$	0,7042
Esterco prensado	1º	$MS = 371,2700 - 0,5759 \cdot N_{com} + 18,8220 \cdot N_{bio}$	0,9917
	2º	$MS = 630,7132 + 4,1910 \cdot N_{com} + 52,2001 \cdot N_{bio}$	0,8655
	3º	$MS = 674,2513 + 3,7661 \cdot N_{com} + 14,4319 \cdot N_{bio}$	0,7343

Estes modelos têm como domínio a soma N_{com} (fonte comercial), com N_{bio} (fonte composições residuárias de frigoríficos de abate de bovino) igual a 150 kg/ha. Conforme a análise da resistência à penetração das raízes, a quantia limite máxima a ser utilizada de N oriundo: da água residuária da 3ª lagoa (biotratada), da água da caixa de recepção (sem tratamento) e do esterco prensado para atender a demanda requerida pela cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é de, respectivamente, 50%, 17,5% e 20% daquela quantia, ou seja, 75,00, 26,25 e 30,00 kg/ha.

Considerando que no momento em que ocorreu o terceiro corte, foi quando a cultura encontrava-se bem desenvolvida; logo, o modelo matemático neste estágio são os que melhor representam esta cultura em seu pleno vigor. A partir, desta premissa, utilizaram-se os modelos matemáticos obtidos no terceiro corte para determinar a taxa marginal da produtividade estimada para cada kg de N_{bio} acrescida, reduz-se um kg de N_{com} no montante demandado de 150 kg/ha do nitrogênio; o resultado obtido foi: 16,547

kg de MS, 9,331 kg de MS e 14,432 kg de MS, respectivamente, para as fontes de N: água residuária da 3ª lagoa de estabilização, água residuária da caixa de recepção e esterco prensado. Isto nos permite concluir que o uso da água residuária biotratada além de proporcionar maior ganho de produtividade por unidade de área plantada, como apresenta maior possibilidade de utilização em volume; logo, esta fonte desempenhará um serviço ambiental importante na mitigação da pressão por demanda da água nos corpos hídricos naturais.

Ainda, de acordo com os modelos matemáticos multivariados obtidos, observa-se que para o terceiro corte da biomassa foliar desta cultura, a correlação entre as variáveis, produtividade de massa seca, e quantias de N aplicadas oriundas de fontes: comercial e composições residuárias é explicada por no mínimo 70,32% (R^2), e no máximo 29,68% deve-se a outros fatores intervenientes no processo. Verifica-se, também, através do modelo matemático obtido para estimar a produtividade de MS em função de uma das fontes de N ser água biotratada (3ª lagoa de estabilização) que quando se utiliza esta fonte, o nitrogênio comercial utilizado passa a se comportar de forma negativa, o que nos leva a acreditar que a microbiota do solo passa a desenvolver um papel ecológico para a planta diretamente proporcional ao N oriundo da água residual e inversamente proporcional ao N comercial.

Estas produtividades de biomassa foliar, em kg/ha, no terceiro corte foram obtidas para um período de crescimento vegetativo da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu de 71 dias. Deste modo, considerando que este período corresponde a, aproximadamente, 0,1945 partes de um ano; logo, se for mantida as mesmas condições de manejo biofertilizado nesta cultura ao ano estas produtividades poderão ser multiplicadas por 5,14 vezes.

5.2.2.1 Análise bromatológica da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu

Os indicadores químico-bromatológicos da capineira mensurados nos três cortes, realizados em épocas distintas de desenvolvimento da planta, em cada manejo da biofertilização utilizado neste estudo, estão apresentados na Tabela 21 a seguir.

Tabela 21. Comportamento dos indicadores químico-bromatológicos versus manejo da biofertilização na capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas de corte.

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Macronutrientes	N	g/kg	M1	32,00 ± 14,53 ABCDa	28,5	22,38 ± 8,50 ABa	23,9	15,75 ± 2,39 Aa	9,5
			M2	35,00 ± 7,23 AB Da	13,0	25,13 ± 7,22 ABa	18,1	15,25 ± 1,52 Ab	6,3
			M3	35,75 ± 2,72 ABa	4,8	27,80 ± 4,28 Ab	9,7	15,50 ± 6,35 Ac	4,6
			M4	32,38 ± 6,79 ABCDa	13,2	24,00 ± 9,46 ABab	24,8	14,67 ± 1,44 Ab	3,9
			M5	30,75 ± 6,01 ABCDa	12,3	22,50 ± 5,88 ABab	16,4	16,00 ± 1,84 Ab	7,2
			M6	33,50 ± 3,62 ABa	6,8	23,00 ± 5,95 ABb	16,3	16,00 ± 1,30 Ab	5,1
			M7	33,75 ± 6,15 AB Da	11,4	25,38 ± 7,50 ABa	18,6	15,50 ± 1,59 Ab	6,5
			M8	32,75 ± 5,26 AB Da	10,1	25,75 ± 8,65 ABa	21,1	15,25 ± 0,80 Ab	3,3
			M9	25,13 ± 1,64 CDa	4,1	18,88 ± 1,00 Bb	3,3	14,67 ± 3,80 Ab	10,4
			M10	24,00 ± 5,70 Da	14,9	20,75 ± 2,47 ABa	7,5	14,50 ± 0,92 Ab	4,0
	P	g/kg	M1	1,00 ± 0,13 Aa	8,2	1,08 ± 0,15 Aa	8,9	1,25 ± 0,16 Aa	8,0
			M2	1,15 ± 0,30 ABCa	16,7	1,28 ± 0,20 ABa	9,9	1,55 ± 0,66 Aa	26,6
			M3	1,18 ± 0,15 ABa	8,2	1,40 ± 0,13 BCab	5,8	1,40 ± 0,00 Ab	0,0
			M4	1,20 ± 0,29 ABCa	15,2	1,23 ± 0,20 ABa	10,3	1,53 ± 0,76 Aa	19,9
			M5	1,35 ± 0,16 ABCa	7,4	1,13 ± 0,08 Aa	4,4	1,55 ± 0,71 Aa	28,6
			M6	1,23 ± 0,24 ABCa	12,2	1,20 ± 0,13 ABa	6,8	1,45 ± 0,40 Aa	17,4
			M7	1,10 ± 0,23 ABCa	12,9	1,48 ± 0,35 ABCa	15,0	1,75 ± 0,60 Aa	21,6
			M8	1,25 ± 0,38 ABCa	19,0	1,38 ± 0,08 ABa	3,6	1,45 ± 0,60 Aa	26,1
			M9	1,58 ± 0,20 Ca	8,0	1,73 ± 0,48 BCa	17,3	2,07 ± 1,15 Aa	22,4
			M10	1,60 ± 0,29 BCa	11,4	1,78 ± 0,27 Cab	9,6	2,00 ± 0,00 Ab	0,0

CV – Coeficiente de variação, %;

Letra maiúscula no lado direito do intervalo de confiança da média, com $p < 0,05$, é utilizada para comparar o efeito do manejo da biofertilização no indicador químico-bromatológico em cada época de corte da biomassa foliar;

Letra minúscula no lado direito do intervalo de confiança da média, com $p < 0,05$, é utilizada para comparar o efeito da época de corte da biomassa foliar no indicador químico-bromatológico em cada manejo da biofertilização;

Letras iguais indica que não há diferença significativa entre os tratamentos, enquanto que letras diferentes significa que há diferenças entre os tratamentos.

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Macronutrientes	K	g/kg	M1	15,05 ± 4,76 ABa	19,9	19,05 ± 4,12 ABa	13,6	17,40 ± 4,21 Aa	15,2
			M2	15,18 ± 2,84 ABa	11,8	18,10 ± 2,91 ABa	10,1	21,00 ± 14,90 Aa	44,6
			M3	16,73 ± 0,35 Aa	1,3	21,00 ± 1,32 Ab	4,0	22,00 ± 45,74 Aab	23,1
			M4	17,55 ± 2,97 ABa	10,6	17,30 ± 5,32 ABCa	19,3	16,27 ± 5,75 Aa	14,2
			M5	19,70 ± 2,67 ABa	8,5	17,65 ± 3,25 ABa	11,6	17,50 ± 10,42 Aa	37,4
			M6	17,20 ± 5,43 ABa	19,8	19,70 ± 3,59 ABa	11,4	17,80 ± 5,34 Aa	18,9
			M7	15,30 ± 3,89 ABa	16,0	20,00 ± 0,45 Ab	1,4	16,88 ± 6,64 Aab	24,7
			M8	16,55 ± 5,78 ABa	22,0	19,50 ± 1,67 Aa	5,4	17,80 ± 5,78 Aa	20,4
			M9	19,60 ± 1,64 Ba	5,3	14,30 ± 3,37 BCb	14,8	11,47 ± 13,56 Aab	47,5
			M10	18,90 ± 3,80 ABa	12,6	11,88 ± 2,09 Cb	11,1	10,20 ± 10,92 Aab	67,3
	Ca	g/kg	M1	1,95 ± 0,21 Aa	6,6	1,78 ± 0,20 Aa	7,1	3,70 ± 2,75 Aa	46,8
			M2	2,05 ± 0,16 Aa	4,9	2,03 ± 0,35 Aab	11,0	3,43 ± 1,13 Ab	20,7
			M3	2,00 ± 0,34 Aa	10,8	2,00 ± 0,26 Aa	8,2	4,25 ± 26,05 Aa	68,2
			M4	2,28 ± 0,60 Aa	16,6	2,23 ± 0,46 ABCa	12,9	4,07 ± 3,52 Aa	34,8
			M5	2,25 ± 0,40 Aa	11,2	2,15 ± 0,33 Aa	9,7	4,48 ± 2,39 Aa	33,6
			M6	2,28 ± 0,35 Aab	9,8	2,10 ± 0,50 ABa	15,1	4,25 ± 1,45 Ab	21,4
			M7	2,13 ± 0,24 Aa	7,1	1,93 ± 0,15 Aa	5,0	3,55 ± 2,24 Aa	39,6
			M8	2,00 ± 0,13 Aa	4,1	1,98 ± 0,15 Aa	4,9	3,45 ± 1,75 Aa	31,8
			M9	2,30 ± 0,37 Aa	10,0	2,73 ± 0,24 BCa	5,5	4,67 ± 2,66 Aa	22,9
			M10	2,30 ± 0,23 Aa	6,2	2,83 ± 0,20 Cb	4,5	4,68 ± 0,88 Ac	11,8

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos		Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar						
			Primeiro		Segundo		Terceiro		
			Média	CV	Média	CV	Média	CV	
Macronutrientes	Mg	g/kg	M1	1,95 ± 0,42 ABa	13,6	1,80 ± 0,43 Aa	15,0	3,23 ± 2,08 Aa	40,5
			M2	1,85 ± 0,72 ABa	24,4	2,25 ± 0,71 ABa	19,7	2,78 ± 1,54 Aa	34,9
			M3	1,78 ± 0,27 Aa	9,6	1,83 ± 0,24 Aa	8,2	1,75 ± 0,64 Aa	4,0
			M4	2,13 ± 0,82 ABa	24,1	2,45 ± 0,95 ABCa	24,4	3,23 ± 3,07 Aa	38,2
			M5	1,98 ± 0,70 ABa	22,4	2,35 ± 1,01 ABCa	27,0	4,30 ± 2,28 Aa	33,4
			M6	2,08 ± 0,33 ABa	9,9	2,45 ± 0,59 ABCa	15,1	3,60 ± 1,58 Aa	27,6
			M7	1,85 ± 0,38 Aa	12,9	2,00 ± 0,85 ABa	26,8	2,88 ± 1,43 Aa	31,2
			M8	1,98 ± 0,35 ABa	11,2	2,40 ± 0,34 Aa	9,0	2,95 ± 1,71 Aa	36,5
			M9	2,53 ± 0,57 ABa	14,2	3,33 ± 0,40 Ca	7,5	4,30 ± 2,60 Aa	24,3
			M10	2,73 ± 0,42 Ba	9,7	4,05 ± 1,51 BCa	23,4	3,85 ± 1,99 Aa	32,4
	S		M1	1,85 ± 0,71 Aa	24,0	1,48 ± 0,15 ABa	6,5	0,33 ± 0,08 Ab	15,4
			M2	2,10 ± 0,82 Aa	24,6	1,73 ± 0,15 ABa	5,6	0,40 ± 0,13 ABb	20,4
			M3	2,08 ± 0,48 Aa	14,4	1,85 ± 0,09 Ba	3,1	0,50 ± 2,54 ABa	56,6
			M4	1,93 ± 0,35 Aa	11,5	1,60 ± 0,13 ABa	5,1	0,53 ± 0,58 ABb	43,3
			M5	2,28 ± 0,64 Aa	17,7	1,70 ± 0,13 ABa	4,8	0,50 ± 0,13 ABb	16,3
			M6	2,50 ± 0,41 Aa	10,3	1,70 ± 0,23 ABb	8,3	0,43 ± 0,15 ABc	22,5
			M7	1,93 ± 0,53 Aa	17,2	1,63 ± 0,08 Aa	3,1	0,38 ± 0,27 ABb	45,5
			M8	1,83 ± 0,42 Aa	14,4	1,78 ± 0,20 ABa	7,1	0,43 ± 0,30 ABb	44,5
			M9	2,03 ± 0,64 Aa	19,9	1,60 ± 0,18 ABa	7,2	0,50 ± 0,00 Bb	0,00
			M10	2,15 ± 1,03 Aa	30,0	1,73 ± 0,15 ABa	5,6	0,53 ± 0,24 ABb	28,6

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Micronutrientes	Zn	mg/kg	M1	24,50 ± 8,06 ABa	20,7	27,50 ± 11,21 ABa	25,6	29,00 ± 7,23 Aa	15,7
			M2	24,50 ± 2,05 Aa	5,3	25,25 ± 4,93 Aa	12,3	27,50 ± 11,14 Aa	25,5
			M3	23,75 ± 3,53 Aa	9,3	26,00 ± 4,68 Aa	11,3	32,50 ± 69,88 Aa	23,9
			M4	28,25 ± 5,72 ABa	12,7	25,75 ± 4,93 Aa	12,0	30,00 ± 11,41 Aa	15,3
			M5	28,75 ± 8,46 ABa	18,5	23,00 ± 3,44 Aa	9,4	27,00 ± 5,81 Aa	13,5
			M6	30,50 ± 5,28 ABa	10,9	28,75 ± 10,01 ABa	21,9	40,00 ± 49,90 Aa	78,4
			M7	27,00 ± 9,64 ABa	22,4	26,50 ± 2,76 Aa	6,5	49,25 ± 79,51 Aa	101,5
			M8	25,25 ± 5,09 Aa	12,7	31,25 ± 4,93 Aa	9,9	61,25 ± 111,20 Aa	114,1
			M9	40,00 ± 8,52 BCa	13,4	47,75 ± 8,15 Ca	10,7	44,00 ± 12,94 Aa	11,8
			M10	46,25 ± 4,18 Ca	5,7	54,00 ± 15,75 BCa	18,3	78,50 ± 91,82 Aa	73,5
	Cu	mg/kg	M1	5,75 ± 2,00 ABa	21,9	6,25 ± 1,52 Aa	15,3	7,00 ± 1,30 Aa	11,7
			M2	5,25 ± 1,52 Aa	18,2	7,00 ± 1,30 ABa	11,7	8,00 ± 3,44 Aa	27,0
			M3	6,75 ± 0,80 ABa	7,4	7,00 ± 1,30 ABa	11,7	6,50 ± 19,06 Aa	32,6
			M4	6,75 ± 2,72 ABa	25,3	7,00 ± 2,25 ABa	20,2	6,33 ± 1,44 Aa	9,1
			M5	7,25 ± 3,28 ABa	28,4	6,25 ± 0,80 Aa	8,0	7,50 ± 3,31 Aa	27,8
			M6	8,75 ± 2,39 ABa	17,1	6,75 ± 0,80 Aa	7,4	6,25 ± 2,00 Aa	20,1
			M7	8,50 ± 1,59 Ba	11,8	6,75 ± 1,52 ABa	14,2	7,00 ± 1,84 Aa	16,5
			M8	6,00 ± 2,25 ABa	23,6	8,00 ± 1,30 ABa	10,2	6,75 ± 0,80 Aa	7,4
			M9	7,25 ± 1,52 ABa	13,2	7,50 ± 0,92 ABa	7,7	6,33 ± 1,44 Aa	9,1
			M10	6,75 ± 1,52 ABa	14,2	8,75 ± 0,80 Ba	5,7	8,00 ± 1,84 Aa	14,4

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar									
				Primeiro				Segundo				Terceiro	
				Média		CV	Média		CV	Média		CV	
Micronutrientes	Fe	mg/kg	M1	1791,75 ± 364,92	Aa	12,8	1485,25 ± 712,24	Aa	30,1	442,75 ± 304,46	Ab	43,2	
			M2	1553,75 ± 943,04	Aa	38,1	1131,75 ± 385,43	Aa	21,4	876,00 ± 382,56	Aa	27,4	
			M3	1453,00 ± 590,14	Aa	25,5	1740,00 ± 744,44	Aa	26,9	706,50 ± 82,14	Ab	7,3	
			M4	1303,50 ± 721,80	Aa	34,8	1344,50 ± 1060,41	ABa	49,6	641,33 ± 164,72	Aa	10,3	
			M5	1477,50 ± 398,21	Aa	16,9	1139,00 ± 635,83	ABab	35,1	581,50 ± 337,89	Ab	36,5	
			M6	2695,00 ± 1780,94	Aab	41,5	1721,25 ± 409,44	Aa	15,0	678,75 ± 267,74	Ab	24,8	
			M7	1390,25 ± 562,79	Aa	25,4	1862,50 ± 1124,46	Aab	37,9	560,50 ± 184,04	Ab	20,6	
			M8	2010,00 ± 839,80	Aa	26,3	2087,00 ± 1304,89	Aa	39,3	410,25 ± 227,67	Ab	34,9	
			M9	1130,00 ± 466,83	Aa	26,0	485,50 ± 288,55	ABa	37,4	720,33 ± 574,79	Aa	32,1	
			M10	782,25 ± 853,48	Aa	68,6	383,75 ± 238,40	Ba	39,0	494,00 ± 297,87	Aa	37,9	
	Mn	mg/kg	M1	61,50 ± 28,83	Aa	29,5	54,75 ± 18,25	Aa	21,0	62,50 ± 18,85	ABa	19,0	
			M2	60,00 ± 23,60	Aa	24,7	65,00 ± 38,26	Aa	37,0	67,00 ± 32,06	ABa	30,1	
			M3	62,50 ± 16,25	Aa	16,3	71,25 ± 17,78	Aa	15,7	63,00 ± 12,71	ABa	2,2	
			M4	55,00 ± 23,24	Aa	26,6	59,00 ± 54,10	Aa	57,6	41,00 ± 22,41	ABa	22,0	
			M5	67,50 ± 16,31	Aa	15,2	48,25 ± 21,83	Aa	28,4	48,75 ± 17,06	ABa	22,0	
			M6	71,50 ± 31,41	Aa	27,6	52,75 ± 13,46	Aa	16,0	53,75 ± 5,42	Aa	6,3	
			M7	53,50 ± 29,70	Aa	34,9	55,25 ± 34,85	Aa	39,6	53,50 ± 30,79	ABa	36,2	
			M8	82,00 ± 50,54	Aa	38,7	61,75 ± 26,58	Aa	27,1	55,25 ± 19,24	ABa	21,9	
			M9	62,25 ± 8,15	Aa	8,2	61,50 ± 12,01	Aa	12,3	80,33 ± 48,37	ABa	24,2	
			M10	56,75 ± 22,96	Aa	25,4	58,25 ± 18,48	Aa	19,9	68,50 ± 4,21	Ba	3,9	

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Micronutrientes	Na	mg/kg	M1	108,00 ± 26,75 Aa	15,6	123,50 ± 7,63 Aa	3,9	-	-
			M2	124,50 ± 6,94 Aa	3,5	123,00 ± 16,12 ABa	8,2	-	-
			M3	115,50 ± 20,97 Aa	11,4	119,75 ± 16,76 ABa	8,8	-	-
			M4	127,50 ± 30,35 Aa	15,0	119,75 ± 21,05 ABa	11,0	-	-
			M5	111,75 ± 19,81 Aa	11,1	104,25 ± 6,41 Ba	3,9	-	-
			M6	111,50 ± 27,02 Aa	15,2	114,75 ± 9,84 ABa	5,4	-	-
			M7	112,75 ± 25,87 Aa	14,4	116,25 ± 12,69 ABa	6,9	-	-
			M8	113,00 ± 15,65 Aa	8,7	119,25 ± 21,24 ABa	11,2	-	-
			M9	116,00 ± 24,34 Aa	13,2	113,25 ± 10,26 ABa	5,7	-	-
			M10	125,75 ± 6,67 Aa	3,3	112,25 ± 21,36 ABa	12,0	-	-
	Co	mg/kg	M1	0,15 ± 0,01 Aa	5,4	0,20 ± 0,05 ABab	17,5	0,30 ± 0,13 Ab	27,2
			M2	0,16 ± 0,03 ABa	10,5	0,17 ± 0,02 ABa	7,5	0,28 ± 0,08 Ab	18,2
			M3	0,16 ± 0,02 Aa	5,9	0,18 ± 0,03 ABa	11,6	0,30 ± 2,54 Aa	94,3
			M4	0,19 ± 0,03 ABa	10,1	0,17 ± 0,02 ABa	8,3	0,37 ± 0,14 Ab	15,8
			M5	0,16 ± 0,03 ABa	10,5	0,19 ± 0,03 ABa	10,1	0,45 ± 0,30 Aa	42,6
			M6	0,16 ± 0,02 Aa	8,8	0,23 ± 0,04 Ab	9,5	0,43 ± 0,24 Ab	35,3
			M7	0,16 ± 0,02 Aa	8,3	0,17 ± 0,02 ABa	5,6	0,38 ± 0,08 Ab	13,3
			M8	0,16 ± 0,02 Aa	7,7	0,17 ± 0,04 ABab	15,2	0,28 ± 0,08 Ab	18,2
			M9	0,17 ± 0,04 ABa	12,9	0,16 ± 0,01 Ba	5,1	0,33 ± 0,58 Aa	69,3
			M10	0,22 ± 0,02 Ba	6,0	0,16 ± 0,03 ABb	10,8	0,30 ± 0,26 Aab	54,4

No 3º corte não foi mensurado o teor de sódio (Na) na biomassa foliar.

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Micronutrientes	Mo	mg/kg	M1	0,59 ± 0,05 Aa	5,1	0,54 ± 0,04 Aa	4,9	0,30 ± 0,13 ABb	27,2
			M2	0,55 ± 0,08 Aab	9,0	0,57 ± 0,05 Aa	5,5	0,33 ± 0,15 ABb	29,5
			M3	0,56 ± 0,11 Aa	12,0	0,58 ± 0,03 Aa	3,6	0,45 ± 0,64 ABa	15,7
			M4	0,58 ± 0,05 Aa	5,7	0,55 ± 0,06 Aa	6,8	0,33 ± 0,38 ABa	45,8
			M5	0,56 ± 0,05 Aa	5,9	0,55 ± 0,08 Aa	9,0	0,28 ± 0,15 ABb	34,8
			M6	0,56 ± 0,07 Aa	8,3	0,54 ± 0,04 Aa	4,1	0,23 ± 0,08 Ab	22,2
			M7	0,57 ± 0,04 Aa	4,5	0,58 ± 0,09 Aa	9,4	0,35 ± 0,09 ABb	16,5
			M8	0,58 ± 0,07 Aab	7,5	0,61 ± 0,07 Aa	6,8	0,48 ± 0,15 Bb	20,2
			M9	0,56 ± 0,07 Aa	7,4	0,56 ± 0,05 Aa	5,2	0,43 ± 0,29 ABa	26,7
			M10	0,58 ± 0,11 Aa	12,0	0,58 ± 0,04 Aa	4,6	0,43 ± 0,20 ABa	29,6
	B	mg/kg	M1	24,75 ± 5,09 ABa	12,9	23,75 ± 3,28 Aa	8,7	-	-
			M2	25,33 ± 5,18 ABa	8,2	20,75 ± 3,53 Aa	10,7	-	-
			M3	23,50 ± 4,21 ABa	11,3	21,25 ± 6,28 Aa	18,6	-	-
			M4	22,67 ± 9,43 ABa	16,7	24,50 ± 9,23 Aa	23,7	-	-
			M5	20,25 ± 3,53 ABa	11,0	18,75 ± 4,38 Aa	14,7	-	-
			M6	27,50 ± 8,06 ABa	18,4	23,00 ± 5,03 Aa	13,8	-	-
			M7	25,75 ± 12,14 ABa	29,6	29,25 ± 14,31 Aa	30,8	-	-
			M8	29,00 ± 6,50 Aa	14,1	25,50 ± 6,69 Aa	16,5	-	-
			M9	24,50 ± 6,94 ABa	17,8	28,25 ± 14,72 Aa	32,8	-	-
			M10	17,00 ± 3,44 Ba	12,7	19,50 ± 11,44 Aa	36,9	-	-

No 3º corte não foi mensurado o teor de boro (B) na biomassa foliar.

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Componentes	PB	%	M1	12,78 ± 6,74 Aa	33,2	10,83 ± 1,66 Aa	9,6	10,00 ± 1,52 Aa	9,5
			M2	14,35 ± 4,47 Aa	19,6	11,45 ± 5,37 Aa	29,5	9,53 ± 0,85 Aa	5,6
			M3	13,35 ± 4,27 Aa	20,1	10,30 ± 2,04 Aa	12,4	9,90 ± 3,81 Aa	4,3
			M4	13,63 ± 3,50 Aa	16,1	10,50 ± 0,83 Aab	5,0	9,40 ± 0,50 Ab	2,1
			M5	14,03 ± 4,00 Aa	17,9	9,48 ± 1,19 Aa	7,9	10,15 ± 1,12 Aa	6,9
			M6	12,98 ± 2,71 Aa	13,1	9,03 ± 1,86 Aa	13,0	10,08 ± 1,02 Aa	6,4
			M7	12,25 ± 2,58 Aa	13,2	9,55 ± 0,80 Aa	5,2	9,78 ± 0,72 Aa	4,6
			M8	15,13 ± 5,37 Aa	22,3	9,83 ± 3,15 Aa	20,2	9,65 ± 0,53 Aa	3,4
			M9	12,48 ± 2,96 Aa	14,9	9,45 ± 0,28 Aa	1,8	9,23 ± 2,80 Aa	12,2
			M10	11,53 ± 4,30 Aa	23,5	9,10 ± 2,05 Aa	14,2	9,28 ± 0,38 Aa	2,6
	FB		M1	21,83 ± 2,42 Aa	7,0	22,18 ± 1,86 Aa	5,3	23,55 ± 1,20 ABa	3,2
			M2	20,13 ± 0,61 Aa	1,9	22,80 ± 2,36 Aab	6,5	23,60 ± 0,85 ABb	2,3
			M3	19,93 ± 1,44 Aa	4,6	22,15 ± 2,16 Aab	6,1	24,05 ± 0,64 ABb	0,3
			M4	18,80 ± 5,01 Aa	16,8	21,48 ± 1,65 Aa	4,8	23,77 ± 2,59 ABa	4,4
			M5	20,60 ± 1,35 Aa	4,1	21,45 ± 2,17 Aa	6,4	25,00 ± 0,77 Ab	1,9
			M6	21,90 ± 2,66 Aa	7,6	21,95 ± 2,02 Aa	5,8	24,30 ± 2,19 ABa	5,7
			M7	21,05 ± 2,75 Aa	8,2	22,30 ± 2,30 Aa	6,5	24,58 ± 1,58 ABa	4,1
			M8	21,73 ± 3,29 Aa	9,5	22,40 ± 1,85 Aa	5,2	24,43 ± 1,91 ABa	4,9
			M9	21,73 ± 1,69 Aa	4,9	22,33 ± 2,29 Aa	6,4	23,70 ± 1,32 ABa	2,2
			M10	22,80 ± 1,23 Aa	3,4	22,73 ± 1,20 Aa	3,3	23,25 ± 0,83 Ba	2,2

PB – Proteína bruta;

FB – Fibra bruta

Tabela 21. Continuação

Indicadores químico-bromatológicos			Manejo da Biofertilização	Cortes da biomassa foliar					
				Primeiro		Segundo		Terceiro	
				Média	CV	Média	CV	Média	CV
Componentes	EE	%	M1	1,93 ± 0,53 Aa	17,2	1,85 ± 0,21 Aa	7,0	1,95 ± 0,21 Aa	6,6
			M2	1,88 ± 0,51 Aa	17,1	1,90 ± 0,13 Aa	4,3	2,05 ± 0,28 Aa	8,5
			M3	1,93 ± 0,24 Aa	7,8	2,05 ± 0,28 Aa	8,5	1,95 ± 0,64 Aa	3,6
			M4	1,95 ± 0,09 Aa	3,0	2,05 ± 0,09 Aa	2,8	2,17 ± 0,38 Aa	7,1
			M5	1,68 ± 0,35 Aa	13,2	2,10 ± 0,13 Aa	3,9	2,08 ± 0,08 Aa	2,4
			M6	1,78 ± 0,85 Aa	29,9	1,98 ± 0,49 Aa	15,7	1,90 ± 0,18 Aa	6,1
			M7	2,05 ± 0,67 Aa	20,5	1,98 ± 0,24 Aa	7,6	1,88 ± 0,27 Aa	9,1
			M8	1,98 ± 0,51 Aa	16,2	1,98 ± 0,27 Aa	8,7	1,98 ± 0,15 Aa	4,9
			M9	2,05 ± 0,33 Aa	10,2	2,05 ± 0,42 Aa	12,9	1,83 ± 0,38 Aa	8,3
			M10	2,05 ± 0,16 Aa	4,9	2,00 ± 0,23 Aa	7,1	1,90 ± 0,23 Aa	7,4
	NDT		M1	68,00 ± 3,91 Aa	3,6	67,53 ± 1,06 Aa	1,0	67,48 ± 1,14 Aa	1,1
			M2	69,55 ± 1,74 Aa	1,6	67,18 ± 1,75 Aab	1,6	66,98 ± 0,42 Ab	0,4
			M3	69,55 ± 1,57 Aa	1,4	67,00 ± 1,63 Aa	1,5	67,70 ± 8,89 Aa	1,5
			M4	69,75 ± 2,53 Aa	2,3	67,15 ± 0,78 Aa	0,7	67,10 ± 0,86 Aa	0,5
			M5	69,03 ± 2,17 Aa	2,0	67,03 ± 1,50 Aa	1,4	66,68 ± 0,74 Aa	0,7
			M6	67,58 ± 3,13 Aa	2,9	66,65 ± 0,91 Aa	0,9	66,45 ± 1,44 Aa	1,4
			M7	68,15 ± 1,92 Aa	1,8	66,53 ± 1,57 Aa	1,5	66,40 ± 1,06 Aa	1,0
			M8	68,03 ± 2,97 Aa	2,7	65,45 ± 4,23 Aa	4,1	66,78 ± 1,14 Aa	1,1
			M9	67,95 ± 2,20 Aa	2,0	66,30 ± 0,93 Aa	0,9	67,07 ± 2,09 Aa	1,3
			M10	66,93 ± 2,05 Aa	1,9	66,55 ± 1,12 Aa	1,1	67,90 ± 0,77 Aa	0,7

EE – Extrato etéreo;

NDT – Nutriente Digestível Total

A partir dos dados apresentados na Tabela 21, pode-se afirmar que as diferentes composições de manejo da biofertilização praticamente não influenciou no teor do macronutriente primário nitrogênio (N) no tecido foliar da capineira; mas, à medida em que a planta se desenvolvia havia uma tendência de redução do teor desse nutriente na biomassa foliar. Nessa biomassa analisada, o N apresentou uma dispersão variando de baixa ($CV < 10\%$) a alta ($20\% < CV < 30\%$).

Os teores dos macronutrientes primários fósforo (P) e Potássio (K) no tecido vegetal apresentaram uma ligeira oscilação nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, constatada pelos 1^o e 2^o cortes; mas, mesmo assim os teores desses nutrientes, de modo geral, não apresentaram diferenças significativo na biomassa foliar ao longo do tempo, e nem sofreram influência das diversas composições do biomanejo. Nessa biomassa, o P apresentou uma dispersão, com classificação de: baixa a alta, ligeiramente menos desuniforme que o K, cuja dispersão foi de baixa a muito alta ($CV > 30\%$).

O macronutriente secundário cálcio (Ca) presente na biomassa foliar apresentou uma dispersão variando de baixa a muito alta, praticamente não houve diferenças significativas, com $p < 0,05$, no teor desse nutriente nos materiais foliares oriundos das diferentes composições do biomanejo, e nem das diferentes épocas de corte; com exceção do teor de Ca mensurado na biomassa oriunda do biomanejo M10 que sofreu influência significativa da época de corte. Possivelmente este fato deve-se a formação de uma cobertura espessa na superfície do solo, proporcionada pelo esterco prensado; tendo este contribuído para a redução da evaporação da água do solo, o que conseqüentemente favorece uma maior troca deste elemento oriundo da calagem, já que esta apresenta baixa capacidade de percolação no perfil do solo. Com relação ao macronutriente secundário magnésio (Mg), este apresentou dispersão variando, também, de baixa a muita alta, e tendeu a não apresentar diferença significativa proporcionada pelas composições do biomanejo e pelas épocas de corte; provavelmente, deve-se ao calcário utilizado na correção do pH, ser do tipo enriquecido com este nutriente.

O macronutriente secundário enxofre (S) presente no tecido vegetal foliar apresentou dispersão variando de baixa a muita alta, e praticamente não sofreu influência significativa, com $p < 0,05$, das composições do biomanejo; possivelmente, por ter como principal fonte o calcário, distribuído por igual em toda a área experimental; mas, houve

redução significativa no teor deste nutriente presente na biomassa foliar coletada do 2º para o 3º corte.

O micronutriente zinco (Zn) presente no tecido foliar da capineira apresentou dispersão oscilando de baixa a muito alta, com tendência de maior concentração nas fases iniciais impactada pelas composições do biomanejo, formada pelo esterco prensado; quando esta já está com o sistema radicular bastante desenvolvido não apresenta influência das composições, e os dados observados nos leva a acreditar que o teor deste nutriente presente no solo é suficiente para atender a demanda da cultura.

Os micronutrientes cobre (Cu) e Manganês (Mn) apresentaram dispersão muito oscilantes no tecido foliar da capineira, com variação de baixa a muito alta, os dados analisados nos levam a acreditar que o teor presente no solo atendeu de forma satisfatória a cultura, não houve percepção significativa, com $p < 0,05$, da influência das composições do biomanejo ao longo do seu desenvolvimento.

O micronutriente ferro (Fe) apresentou comportamento no tecido vegetal da capineira semelhante aos micronutrientes Cu Mn; mas, numa concentração bem maior. No entanto, à medida que a planta se desenvolve há uma tendência de redução na concentração deste nutriente, exceto quando submetido ao biofertilizante composto com esterco prensado.

O teor do micronutriente sódio (Na) no tecido vegetal analisado da capineira apresentou dispersão variando de baixa ($CV < 10\%$) a média ($10\% < CV < 20\%$), praticamente não ocorreu influência das composições utilizadas na biofertilirrigação ao longo do desenvolvimento da planta, quando comparado ao tratamento controle (M1).

O teor do micronutriente cobalto (Co) no tecido vegetal analisado da capineira apresentou dispersão variando de baixa ($CV < 10\%$) a muito alta ($CV > 30\%$), praticamente não ocorreu influência das composições utilizadas na biofertilirrigações; mas, a uma tendência de aumento, com $p < 0,05$, na concentração deste nutriente na fase final de desenvolvimento da planta. Com relação ao teor do micronutriente molibdênio (Mo), esse se comportou no tecido vegetal da capineira de modo quase semelhante ao Co, diferenciou-se apenas com relação a sua concentração na fase final de desenvolvimento da planta, apresentando tendência de declínio.

O teor do micronutriente boro (B) no tecido vegetal analisado da capineira apresentou dispersão variando de baixa ($CV < 10\%$) a muito alta ($CV > 30\%$), praticamente não ocorreu influência das composições utilizadas na biofertilização ao longo do desenvolvimento da planta, quando comparado ao tratamento controle (M1).

O teor de proteína bruta (PB) presente no tecido vegetal analisado da capineira apresentou dispersão variando de baixa ($CV < 10\%$) a muito alta ($CV > 30\%$), não ocorreu influência, com $p < 0,05$, das composições utilizadas na biofertilização ao longo do desenvolvimento da planta, quando comparado ao tratamento controle (M1); mas, percebe-se um teor de PB ligeiramente maior na segunda fase de desenvolvimento da planta, correspondente ao 1º corte, não confirmado estatisticamente.

O teor de fibra bruta (FB) presente na biomassa foliar da capineira apresentou dispersão variando de baixa a média ($10\% < CV < 20\%$), não ocorreu influência das composições da biofertilização na FB, com $p < 0,05$, quando comparado ao tratamento controle (M1); mas, essa capineira apresentou tendência de aumento da FB quando a planta atinge a fase final de crescimento.

O teor de extrato etéreo (EE) presente na biomassa foliar da capineira apresentou dispersão variando de baixa a alta ($20\% < CV < 30\%$), não ocorreu influência das composições da biofertilização no EE, com $p < 0,05$, ao longo do desenvolvimento da planta quando comparado ao tratamento controle (M1). De modo semelhante ao EE, se comportou o teor de nutriente digestível total (NDT), no entanto esse componente apresentou uma baixa dispersão ($CV < 10\%$).

Independentemente do uso de águas residuais ou estrume, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os teores de P, K, S, Cu, Mn, Na, Co, Mo, B, proteína bruta, fibra bruta, extrato etérico e nutrientes digestivos totais em função dos cortes (Tabela 21). Um aumento nos teores de Ca e Zn e uma redução dos níveis de nitrogênio e ferro também foram observados (Tabela 21). Silva (2017) também observou variações na composição bromatológica da biomassa foliar da capineira *B. brizantha* cv. Marandu em função do corte.

Somente nos teores de nitrogênio, enxofre e ferro observamos diferença significativa ($p < 0,05$) entre o manejo da biofertilização (Tabela 21). Na administração com

estrupe, as concentrações de nitrogênio e ferro foram menores do que nos controles. A concentração de enxofre variou entre os tratamentos.

Assim, as águas residuais / estrume da linha verde de um matadouro e cortes não afetaram negativamente a qualidade nutricional da capineira *B. brizantha* cv. Marandu.

5.2.3 Comportamento da demanda hídrica da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu em Palmas - TO

5.2.3.1 Estimativa do balanço hídrico climatológico para a capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu

Para a obtenção do balanço hídrico climatológico no município de Palmas – TO, que permita estimar a demanda hídrica dessa capineira, observou-se uma série histórica de dados climatológicos, e estimou-se os parâmetros edafo-hídrico da cultura, ver Tabela 22 e Figura 36.

Tabela 22. Balanço hídrico climatológico para Palmas – TO¹, com CTA de 51,6 mm, pelo método Thornthwaite & Mather.

Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	26,9	248,7	134,8	134,8	0,0	113,9
Fev	26,5	202,3	119,3	119,3	0,0	83,0
Mar	26,3	226,9	132,0	132,0	0,0	94,9
Abr	26,9	155,4	142,4	142,4	0,0	13,0
Mai	26,8	91,6	148,0	125,9	22,1	0,0
Jun	26,1	4,9	131,9	20,7	111,2	0,0
Jul	25,8	0,3	130,6	1,7	128,9	0,0
Ago	27,1	2,0	155,9	2,1	153,8	0,0
Set	28,3	46,1	175,3	46,1	129,2	0,0
Out	27,7	134,6	161,6	134,6	27,0	0,0
Nov	27,2	197,7	142,6	142,6	0,0	0,0
Dez	26,5	203,2	132,1	132,1	0,0	71,1
Ano	26,8	1513,7	1706,5	1134,3	572,2	375,9

T = Temperatura média do ar; P = Precipitação mensal; ETP = Evapotranspiração potencial mensal; ETR = Evapotranspiração real mensal; DEF = Deficiência hídrica mensal e EXC = Excedente hídrico mensal.

¹ Série histórica de dados climatológicos de 2001 a 2009.

Analisando-se os dados apresentados nesta Tabela e na Figura 36, pode-se perceber que haverá necessidade de aplicação de lâmina d'água, total ou parcial, de aproximadamente 4,9 mm/dia para atender as necessidades hídricas dessa cultura entre os meses de maio a outubro.

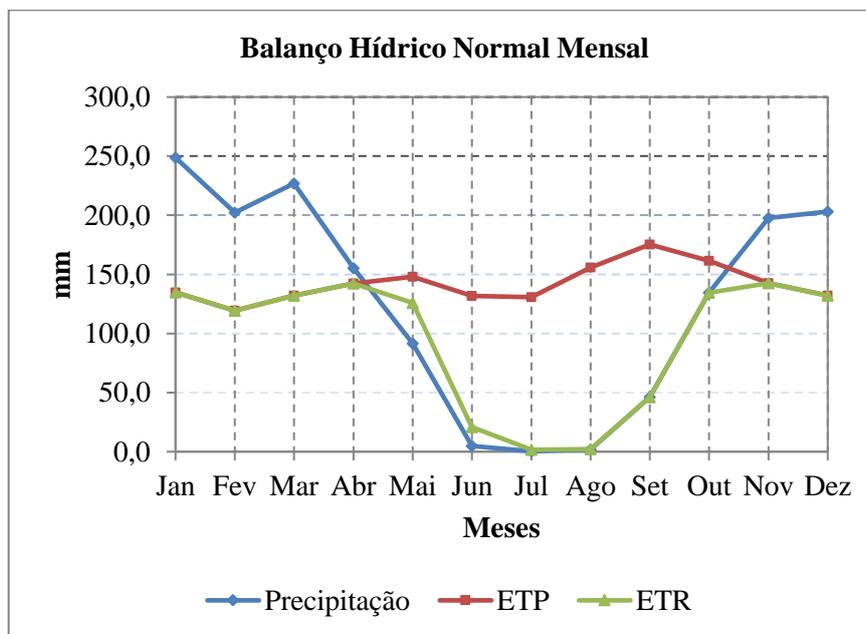


Figura 36. Balanço hídrico climatológico para Palmas – TO, com CTA de 51,6 mm, pelo método Thornthwaite & Mather.

Observando-se o comportamento da disponibilidade hídrica para a cultura na Figura 37, pode-se prever em que período, ao longo do ano, faz-se necessário a aplicação de uma lâmina d'água total para atender a demanda da cultura, ou apenas, uma complementação.

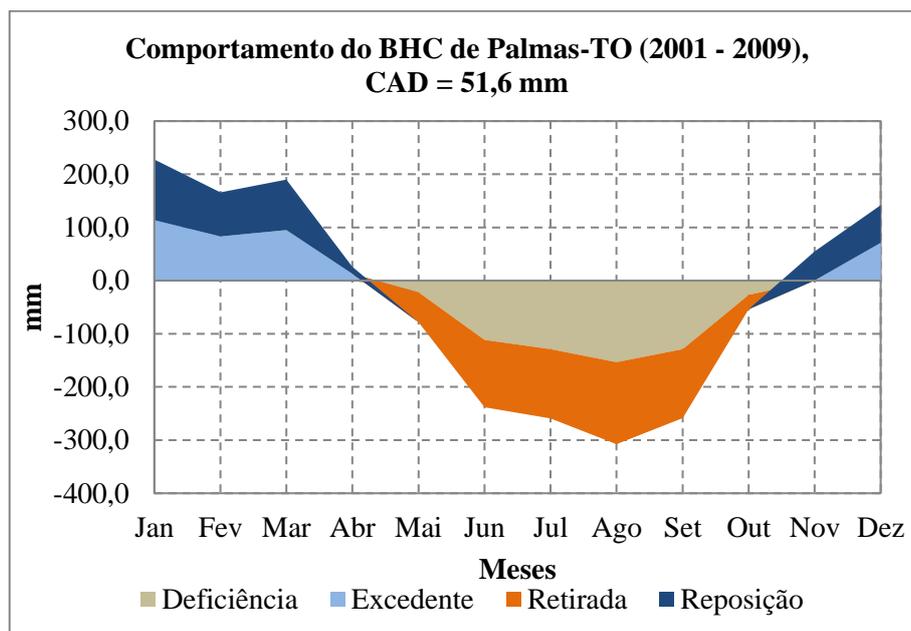


Figura 37. Comportamento da disponibilidade hídrica estimada para a cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Palmas – TO.

5.2.3.2 Manejo da água aplicada na capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu

A execução do manejo d'água na área experimental para atender a demanda hídrica da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu iniciou-se com a aplicação de uma lâmina d'água de 43,1 mm, realizada no dia 22/06/2015, já que a capacidade de água disponível no solo (CAD) na profundidade efetiva das raízes desta cultura é de 51,6 mm, e neste instante o solo já possuía 8,5 mm de água. A partir deste evento, foram realizados outros 63 eventos de aplicação d'água, com turnos de rega alternados de 3 e 4 dias. Estes turnos de rega foram definidos através da razão entre a capacidade real de água no solo (CRA), 25,8 mm, ou seja, 50% da CAD, que é o limite máximo neste ambiente para que esta cultura não sofra estresse hídrico, e a evapotranspiração potencial diária, neste local, que é de 4,7 mm. Deste modo, poderia utilizar até 5,5 dias para o turno de rega, optou-se então por aqueles valores para melhor ajustar à duração da semana, e não submeter à cultura ao limite mínimo de disponibilidade hídrico. Na Tabela 23, a seguir, pode-se observar a síntese dos parâmetros, hídrico e climático, mensurados durante o manejo da biofertilização, a série de dados completa encontra-se em anexo na Tabela A3.

Tabela 23. Parâmetros mensurados durante o manejo da biofertilização da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Palmas – TO, 22/06/2015 a 27/03/2016.

Descrição	Quantitativo	Unidade
• Duração do manejo da biofertilização (T)	279	dias
• Evapotranspiração máxima da cultura (ETm)	1.145,9	mm
• Precipitação ocorrida durante o manejo da cultura (P)	915,3	mm
• Lâmina d'água aplicada com, ou sem, biofertilizantes (I)	792,6	mm
• Excesso d'água durante o manejo (ExA)	562,0	mm

Analisando os dados da Tabela 23, verifica-se que durante o período do manejo ocorreu um excesso de lâmina d'água, esse fato deve-se à ocorrência de algumas precipitações com intensidade de lâminas superior à que o solo era capaz de armazenar na profundidade efetiva das raízes no seu limite da capacidade de campo; provavelmente, parte desta lâmina excedente escoou na superfície do solo, e outra parte percolou no perfil do solo, tendo como consequência a movimentação das partículas finas no perfil do solo, silte e argila, e de parte dos nutrientes que deveriam atender a demanda nutricional da cultura, já abordado.

As lâminas d'água com, ou sem, biofertilizantes aplicadas tinham como objetivo atender a demanda hídrica da cultura na sua totalidade, ou de forma complementar a lâmina precipitada. A demanda hídrica média da capineira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu neste ambiente foi de 4,1 mm/d, obtida através da razão entre ETm e T apresentados na Tabela acima.

Considerando que a melhor composição de água residuária de frigorífico de abate de bovino a ser usada no manejo da biofertilização, desta capineira, é a oriunda da 3ª lagoa de estabilização (biotratamento), como foi detectada que o limite máximo a ser utilizado desta composição de água é um volume, correspondente a 50% da dose de N demandada por esta cultura. Deste modo, se a quantia a aplicar por hectare for de 150 kg de N; logo, poderia se utilizar 75 kg/ha de N oriunda desta água residuária, o que seria necessário um volume de, aproximadamente, 504.115,23 litros/ha. Este volume de água residuária irá disponibilizar, dentre ou nutrientes, também, 7,170 kg/ha de K e 0,799 kg/ha de P, estas quantias correspondem a 14,44% e 2,04% das demandas desta cultura por, respectivamente, K e P. Como neste ambiente climático, o déficit hídrico estimado,

concentra-se entre os meses de maio a outubro, para esta cultura é de 572,2 mm/ano, ver Tabela 22; correspondendo a uma demanda hídrica de 5.722.000,00 litros/ha/ano.

Portanto, a utilização desta composição de água residuária proporcionará, além de parte das necessidades nutricionais, também, parte do volume de água requerida pela cultura, que poderá suprir até 8,81% desta necessidade hídrica; reduzindo desta forma a taxa de crescimento da demanda por água, a ser retirada, dos corpos hídricos naturais.

6. CONCLUSÕES

- O manejo adequado da biofertilização neste ambiente, de médio a longo prazo, proporcionará a mitigação da movimentação de partículas finas no perfil do solo, bem como da lixiviação de cátions.
- A composição da biofertilização que proporciona melhor desempenho para a cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é a que fornece até 50% do nitrogênio demandado, originária de estações de biotratamento.
- A cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou produtividade de biomassa foliar por unidade de área diretamente proporcional ao nitrogênio proveniente da água residuária tratada e inversamente proporcional ao nitrogênio comercial, quando estes são fornecidos simultaneamente para atender a demanda da cultura.
- O reuso d'água na biofertilização da cultura *Brachiaria brizantha* cv. Marandu poderá proporcionar uma redução na demanda hídrica dos mananciais para esse uso de até 8,8%.
- A biofertilização provocou um impacto crescente na biomassa microbiana viável no solo ao longo do perfil observado, especialmente, nos manejos que foram utilizados composições residuais.
- A interação do biofertilizante com a elevação da umidade do solo potencializa de forma significativa o crescimento desta microbiota. Este incremento microbiano no solo proporciona um aumento na produtividade de biomassa da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.
- A avaliação da comunidade de BFNs e FMAs por DGGE mostrou-se ser um bom parâmetro no estudo das alterações causadas pela aplicação de diferentes biomanejos no solo.
- As percepções de alterações sobre a comunidade de FMAs após a aplicação dos manejos de biofertilização dependerá de um período de observação maior que nas BFNs.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, P. B. Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas. São Paulo: Nobel, 1988 – 1999.
- Alencar, C. A. B. et al. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2009. 1 CD-ROM.
- Alvarenga, R. C; Noce, M. A. Integração lavoura e pecuária. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.
- Alves, M. C.; Suzuki, L. G. A. S.; Suzuki, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo vermelho distrófico em recuperação. R. Bras. Ci. Solo, 31:617-625, 2007.
- Alves, T.S.; Campos, L.L.; Neto, N.E.; Matsuoka, M.; Loureiro, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v.33, n.2, p. 341-347, 2011.
- Andrade, R. O. B. de, Tachizawa, T., Carvalho, A. B. de – **Gestão Ambiental – Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável** – 2ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2002.
- Association of official analytical chemists – AOAC (1990). Official methods of analysis. 15. ed. Washington: AOAC.
- Azevedo, M. R de Q. A., Konig, A., Beltrão, N. E de M., Azevedo, C. A. V. de, Tavares, T de L., Soares, F. A. L. **Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro.** Recife, PE, UFRPE. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.2, n.1, p.63-68, jan.-mar., 2007.
- Balsalobre, M.A.A. Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado. 2002. 113f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- Barros, Y. J., Melo, V. F., Dionísio, J. A., Oliveira, E. B., Caron, L., Kummer, L., Azevedo, J. C. R., & Souza, L. C. P. (2010). Soil quality indicators in lead mining and metalurgy area: I-Microorganisms. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, 1397-1411. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400037>
- Benett, C. G. S. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007. 48p.
- Benghough, A.G. & Mullins, C.E. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses. J. Soil Sci., 41:341-358, 1990.
- Bernardo, S; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p
- Brower, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 342-399, 1962.

- Buxton, D.R.; and Fales, S.L. Plant environment and quality. IN: G. C. Fahey Jr. (ed.) Forage quality, evaluation and utilization. National conference on forage quality. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.p. 155-199.1994.
- Cardoso, A. Pereira. Tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos para produção de biogás: Uma abordagem para sustentabilidade. 2015. 52 f. Monografia - Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.
- Carvalho, J.J.; Ribeiro, S.S.; Henrique, J.; Silva, J. G. D. Comportamento da infiltração d'água no solo do campus do CEULP/ULBRA. XV Jornada de Iniciação Científica, CEULP/ULBRA, Palmas - TO. 2015.
- Cecato,U.; Pereira, L.A.F.; Jobim, C.C.; Martins, E.N.; Branco, A.F.; Galbeiro, S.; Machado, A.O. Influência das adubações nitrogenadas e fosfatadas sobre a composição químico-bromatológica do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) (Hochst) Stapf cv Marandu). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.3, p. 409-416, 2004.
- Christofidis, D. Oportunidades de irrigação no Cerrado: recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **Revista Item: Irrigação e Tecnologia Moderna**. Brasília: ABID, n.69/70. P. 87-97, 2006.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 05 fevereiro 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430, de 16 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 05 junho 2018.
- Cornejo, P; Azcon-Aguilar, C; Barea, J.M; Ferrol, N. Temporal Temperature Gradient Gel Electrophoresis (TTGE) as a tool for the characterization of arbuscular mycorrhizal fungi. *FEMS Microbiology Letters* 241: 265-270. 2004.
- Cunha, F. F. da. et al. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 351-357, 2010.
- Cunha, N. R. da S., Lima, J. E. de, Gomes, M. F. de, Braga, M. J. **A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil**. Ver. Econ. Sociol. Rural, vol. 46, n.2, Brasília Apr./June 2008.
- da Luz, J.M.R; Paes, S.A.; Bazzolli, D.M.S.; Totola, M.R.; Demuner, A.J.; Kasuya, M.C.M. Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable plastic bags. *Plos one* 9(11): e107437. 2014.
- De Bona, F. D. Nitrogênio e enxofre para gramínea forrageira: atributos do solo e aspectos metabólicos, nutricionais e produtivos da planta. Tese (Doutorado) – Piracicaba, 2008. 124 p.
- Dick, R.P.; Breakwell, D.P. & Turco, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: Doran, J.W. & Jones, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.247-272.

- Direito, I.C.N.; Teixeira, K.R.S. Simulação e comportamento de migração de produtos da amplificação parcial do gene nifH quando submetidos ao DGGE. *Revista Universidade Rural, Série Ciências da vida* 22: 123-129. 2002.
- Doran, J.W. & Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, ASA, CCSA, SSSA, 1994. p.3-21.(SSSA Spec. Publ., 35)
- Drudi, A.; Braga, A.F. Níveis de fósforo, enxofre e micronutrientes na recuperação de pastagens degradadas em solos arenosos na região norte do Tocantins. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 25, n.9, p. 1317-1322, set. 1990.
- Dunbar, J.; Barns, S.M.; Ticknor, L.O.; Kuske, C.R. Empirical and Theoretical Bacterial Diversity in Four Arizona Soils. ***Applied and Environmental Microbiology***, 68:3035-3045. 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) (2015). Etapas para formar bem uma pastagem. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8353124/etapas-para-formar-bem-uma-pastagem>. Acesso: 18 janeiro 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). ANO 11. Destaque dos principais resultados pesquisa de 1983. Brasília, EMBRAPA-ATA, 1984, 88p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análises do solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 1999.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.
- Evangelista, A. R. Formação e manejo de pastagens tropicais. Boletim técnico. Editora UFLA, Lavras, 1995. Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/56-boletins-de-extensao?download=1126:boletinsdeextensao>>. Acesso: 25 janeiro 2017.
- Faleiro, F.G.; De Andrade, S.R.M. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Embrapa Cerrados, 730 p. 2011.
- Ferraris, R.; Mahony, M.J.; Wood, T.T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). *Aust. J. Agr. Res.*, 37: 621-632. 1986.
- Folli-Pereira, M.S.; Meira-Haddad, L.A.S.; Bazzolli, D.M.S.; Kasuya, M.C.M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:1663-1679, 2012.
- Freire, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica em sistemas de produção intensiva de pastagens. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, v. 33, n. 266, p. 60 – 68, jan./fev. 2012.
- Gloaguen T. V., Gonçalves R. A. B, Forti M. C., Lucas Y., Montes C. R. Irrigation with domestic wastewater: a multivariate analysis of main soil changes. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 34:1427-1434. 2010.

- Gomes, B. M. F. (2010). Physical-Chemical Pretreatment of Industrial Effluents from a Cattle Slaughterhouse (p. 76). Universidade de Passo Fundo, Brazil. Retrieved from <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2010-2/B%C1RBARA%20MARIA%20FRITZEN%20GOMES.pdf>
- Gomes, J.B.V.; Curi, N.; Motta, P.E.F.; Ker, J.C.; Marques, J.J.G.S.M.; Schulze, D.G. Análise de componentes principais de atributos, químicos e mineralógicos de solo do bioma cerrado. Ver. Bras. Ciênc. Solo, vol. 28, no. 1, Viçosa, Jan./Feb. 2004
- Guo, W.; Zhaoa, R.; Zhaoa, W.; Fua, R.; Guoa, J.; Bia, N.; Zhangb, J. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grown in rare earth elements of mine tailings. Applied Soil Ecology, Amsterdam, v. 72, n. 1, p. 85-92, 2013.
- Hespanhol, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, v.7, n.4, p. 75-95, out./dez. 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, v. 43, p.1-49, 2015.
- Klar, A. E. Irrigação: Frequência e quantidade de aplicação – São Paulo: Nobel, 2008.
- Koura, A; Fethi, F; Lahlou, A; OuazzaniI, N. Reuse of urban wastewater by combined stabilization pond system en Benslimane (Marocco). Urban Water, 4: 373-378. 2002.
- Kowalchuk, G.A; De Souza, F.A; Van Veen, J.A. Community Analysis of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with *Ammophila arenaria* in Dutch Coastal Sand Dunes. Mol. Ecol. 11: 571-581. 2002.
- Lapen, D.R.; Topp, G.C.; Gregorich, E.G. & Curnoe, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canada. Soil Till. Res., 78:151-170, 2004.
- Leão, T.P.; Silva, A.P.; Macedo, M.C.M.; Imhoff, S. & Euclides, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. R. Bras. Ci. Solo, 28:415-423, 2004.
- Liang, Z.; Drijber, R.A.; Lee, D.J.; Dwiekat, I.M.; Harris, S.D.; Wedin, D.A. A DGGE-cloning method to characterize arbuscular mycorrhizal community structure in soil. Soil Biology and Biochemistry, 40:956-966. 2008.
- Lima, J.E.F.W.; Silva, E.M. da. Análise da situação dos recursos hídricos do cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas. IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO – II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS. ParlaMundi, Brasília, DF. 2008.
- Lima, J.E.F.W.; Silva, E.M. da. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais**. CD_ROM, 2007.
- Lima, J.E.F.W.; Sano, E.E.; Silva, E.M. da.; Lopes, T.S.S. Levantamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado por meio da análise de imagens de satélite: uma contribuição para a gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais**. CD_ROM, 2007a.

- Louvet, J. N., Homeky, B., Casellas, M., Pons, M. N., & Dagot, C. (2013). Monitoring of slaughterhouse wastewater biodegradation in a SBR using fluorescence and UV-Visible absorbance. *Chemosphere*, 91, 648-655. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.011>
- Lozano, C.S.; Tonello, T.U.; Bortoletto, E.C.; Araújo, M.A.; Tonello, A.P. Resposta do capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) submetido à aplicação de água residuária de abatedouro de aves. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v.11, n.22. 2015
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Dunlap, P.V.; Clark, D.P. **Microbiologia de Brock**. 12.ed. Porto Alegre: Artmed, 1091p, 2010.
- Maldaner, T. L. (2008). Survey of alternatives to minimize the impacts generated by slaughter and refrigeration effluents (p. 69). Universidade Castelo Branco, Brazil. Retrieved from <http://docplayer.com.br/1071835-Levantamento-das-alternativas-de-minimizacao-dos-impactos-gerados-pelos-efluentes-de-abatedouros-e-fri-gorificos.html>
- Masse, D. I., Masse, L., & Bourgeois, N. (2000). Anaerobic processing of slaughterhouse wastewater in a SBR. Dairy and Swine Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec.
- Medeiros, S.R. de; Gomes, R. C.; Bungenstab, D. J. Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- Melo, J.C.; Santos, P.M.; Santos, A.C.; Alexandrino, E.; Paula Neto, J.J. Resposta morfofisiológicas do capim-mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínios. *Revista de ciências agrárias Amazonian journal*. V.54, n.3, p.247-258, 2011.
- Mendes, A.C.A.; Zocolotto, R.; e Nossa, V. Um modelo de simulação como ferramenta de planejamento na bovinocultura de corte. *Anais do Congresso USP de controladora e contabilidade*, 6. 2006.
- Mercante, F. M.; Silva, R. F.; Francelino, C. S. F.; Cavalheiro, J. C. T.; Otsubo, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.
- MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE. Água – Um recurso cada vez mais ameaçado. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf. Acesso em: 27/05/2017.
- Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- Nabinger, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) *Fundamentos do pastejo rotacionado*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.213-251.
- Naime, R.; Garcia, A. C. Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustriais. *Estudos Tecnológicos*, v.1, p.9-20, 2005.
- Neto, S. P. da S., Santos, A. C. dos, Silva, J. E. C. da., Dim, V. P., Araújo, A. dos S. **Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico sob capim-marandu adubado**

- com resíduo líquido de frigorífico.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1099-1110, maio/jun. 2013.
- Neeraj, K.S. Organic amendments to soil inoculated arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* treatments reduce the development of root-rot disease and enhance the yield of *Phaseolus vulgaris* L. **European Journal of Soil Biology**, 47:288-295. 2011.
- Odo Primavesi et al. Calagem superficial em pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk sob adubação nitrogenada intensa [Recurso eletrônico] — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.
- Pacheco, J.W. Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno). São Paulo: Cetesb, 2006. 98P. (1 CD): il.; 21cm. – (Série P + L)
- Pacheco, J. W. F., & Yamanaka, H. T. (2008). Environmental technical guide for slaughter (bovine and pork). CETESB, São Paulo. Retrieved from <http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=4260>
- Pardi, M.C.; Santos, I.F.; Souza, E.R.; Pardi, H.S. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia, ed: 2. UFG; v.1 p. 624, 2006.
- Pimentel-Gomes, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Esalq-USP, ed. 14, 2000.
- Rahayu, Y. S.; Walch-Liu, P.; Neumann, G.; Römheld, V.; Von Wirén; Bangerth, F. Roodt-derived cytokinins as long-distance signals for NO₃⁻ induced stimulation of leaf growth. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 56, p. 1143-1152, 2005.
- Raij B, Andrade J. C, Cantarella H, Quaggio J. A. Análise química da fertilidade dos solos tropicais. Campinas: IAC, 2001, 285p.
- Razuk, R. B. Avaliação do sistema radicular de acessos de *Brachiaria brizantha* e suas relações com atributos químicos e físicos do solo / Renata Barbosa Razuk. -- Dourados, 2002. 56 f.
- Reich, P. B.; Buschena, C.; Tjoelker, M. G.; Wrage, K.; Knops, J.; Tilman, D.; Machado, J. L. Variation in growth rate and ecophysiology among 34 grasslands and savanna species under contrasting N supply: a test of functional group differences. *New Phytologist*, Oxford, v. 157, p. 617-631, 2003.
- Rodrigues, O.D. Influência da comunidade microbiana do solo no estabelecimento de saúveiros iniciais de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (*Hymenoptera: Formicidae*). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação, 64p. 2007.
- Rolim, G.S, and Sentelhas, P.C. "Balanço hídrico normal por Thornthwaite & Mather (1955) V5. 0." *Departamento de Física e Meteorologia-ESALQ/USP, Piracicaba* (1999).
- Ronquim, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequada do para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas/SP. 2010.
- ROSCOE, R. et al. Aproveitamento agrícola de resíduos de frigorífico como fertilizantes orgânico sólido. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 30p.: Il. Color.; 21 cm.

- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456; 35).
- Rufini, M., Ferreira, P. A. A., Soares, B. L., Oliveira, D. P., Andrade, M. J. B., & Moreira, F. M. S. (2011). Symbiosis of nitrogen fixing bacteria with common bean in different pH values. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(1), 81-88. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100011>
- Santos, N. L.; Azenaha, M. V.; Souza, F. H. M. de; Reis, R. A.; Ruggieri, A. C. Fatores ambientais e de manejo na qualidade de pastos tropicais. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia*, vol.7, n.13; 2011. Págs. 531-549
- Sabino, D.C.C. Interação planta-bactéria diazotrófica na cultura de arroz. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2007.
- Scarassati, D.; Carvalho, R.F.; Delgado, V.L.; Coneglian, C.M.R.; Brito, N.N.; Tonso, S.; Sobrinho, G.D.; Pelegrini, R. Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos. In III Fórum de estudos contáveis, [online], Claretianas, 2003. Disponível em: www.universoambiental.com.br/novo/artigos_ler.php?canal. Acesso em: 23 novembro 2013.
- Scheffer-Basso, S. M.; Soares, G. C.; Dall’Agnol, M. Efeito de frequência e altura de corte em dois genótipos de *Bromus auleticus* trin, ex ness. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 191-194, 2002.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DA MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO PÚBLICA DO TOCANTINS. Indicadores Socioeconômicos. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/Portal/acontece/indicadores-socioeconomicos>>. Acesso em: 16 out. 2013
- Severino, L.S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.1, 2004. <<http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/esterco.pdf>> Acesso em: 20 dezembro 2016.
- Silva, J.G.D. Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu. 2017. 99 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade da Rede Bionorte) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017.
- Silva, R. F. da; Marco R. de; Bertollo, G. M.; Matsouka, M.; Menegol, D. R. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.
- Silveira, D.D. Modelo para seleção de sistema de tratamento de efluentes de indústria de carnes. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/2964.pdf>> Acesso em: 20 janeiro 2016.
- Simon, L; Lalonde, M; Bruns, T.D. Specific amplification of 18S fungal ribosomal genes from vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi colonizing roots. *Applied and Environmental Microbiology* 58: 291-295. 1992.

- Smith, S.E.; Facelli, E.; Pope, S.; Smith, F.A. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant Soil**, 326:3-20. 2010.
- Sousa, E. S. de et al. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas – TO. (2010). Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Aurelio_Picanco/publication/267785050_Balanco_hidrico_e_classificacao_climatica_de_Thornthwaite_para_a_cidade_de_Palmas-TO/links/55f742e108aeba1d9ef601bf.pdf>. Acesso em: 31 maio 2015.
- Sousa, P. A. B de et al. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6. ed. ver. atu. Palmas: Seplan, 2012.
- Souza, E. D.; Souza, B. B.; Souza, W. H. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no Semi-Árido. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.1, p.177-184. 2005.
- Stenberg, B. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. *Soil Plant Sci.*, 49:1-24, 1999.
- Tedesco, M.J., Gianello C., Bissani, C.A., Bohnen, H., Volkweis, S.J. (1995). Soil analysis, plant and other minerais, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 2 ed., 174.
- Thebaldi, M. S., Sandri, D., Felisberto, A. B., Rocha, M. S. da, Neto, S. A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Rev. bras. Eng. Agríc. Ambiental*, vol. 15, n.3. Campina Grande. 2011.
- Tinker, P. B.; Nye, P. H. **Solute movement in the rhizosphere**. New York: Oxford University Press, 2000.
- Tormena, C. A.; Silva, A. P. & Libardi, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:573-581, 1998.
- Townsend, C. R.; Costa, N. L.; Pereira, R. G. A.; Mendes, A. M. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes níveis e frequências de fertilização do solo. Comunicado técnico 363, Embrapa – Rondônia, Porto Velho – RO, dez. 2010.
- Ueda, T.; Suga, Y.; Yahiro, N.; Matsuguchi, T. Remarkable N₂-fixing bacterial diversity detected in rice roots by molecular evolutionary analysis of nifH gene sequences. *Journal Bacteriology* 177: 1414-1417. 1995.
- Vale Júnior, J.F.; Freitas, R.M.S.; Uchôa, S.C.P.; Souza, M.I.L; Cruz Souza, D.L.S. Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima. *Revista Agroambiente On-line*, 5:1: 1-11. 2011.
- Van Elsas, J.D.; Boersma F.G.H. A review of molecular methods to study the microbiota of soil and the mycosphere. *Eur. J. Soil Biol.*47:77-87. 2011.
- Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- Veiga, J.B.; Serrão, E.A.S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira. IN; SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Pastagens. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.37-68.

- Verma, N., Tarafdar, J. C., Srivastava, K. K., & Panwar, J. (2008). Arbuscular Mycorrhizal (AM) Diversity in *Prosopis cinerária* (L.) Druce under Agroecosystems. *Agriculture Science China*, 7(6), 754-761. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60111-X](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60111-X)
- Vieira, J.J.; Ribas, M.M.F.; Freitas, P.S.L.; Francisconi Junior, J.P. Efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho. *Revista Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.2, n.1, p. 51-59, 2009.
- Von Sperling, M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, UFMG, 2005.
- Zehr, J.P.; Jenkins, B.D.; Short, S.M.; Steward, G.F. Nitrogenase gene diversity and microbial community structure: a cross-system comparison. *Environmental Microbiology*, 5:539-554. 2003.
- Zimmer, A.H; Pimentel, D.M.; Valle, C.B do & Seiffert, N.F. Aspectos práticos ligados à formação de pastagens. Reimpressão. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1986. 42p. (EMBRAPA-CNPGC. Circular Técnica, 12).

8. ANEXOS

8.1 Tabelas adicionais

Tabela A1. Indicadores físico-químicos dos corpos de prova do solo amostrados na área de instalação dos blocos experimentais, B1 e B2, antes do preparo para o plantio da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Blocos experimentais																
		B1								B2								
		Pontos de coleta																
		A2				A3				A1				A4				
		Profundidade do solo																
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	
pH (CaCl ₂)		4,10	4,10	4,20	5,30	4,10	4,20	4,20	5,10	4,10	4,20	4,30	5,10	4,10	4,20	4,40	5,20	
Argila	%	20,00	26,00	26,00	35,00	26,00	23,00	28,00	30,00	23,00	23,00	28,00	26,00	26,00	28,00	32,00	32,00	
Areia		75,00	67,00	67,00	57,00	67,00	71,00	65,00	63,00	71,00	71,00	65,00	67,00	67,00	65,00	60,00	60,00	
Limo		5,00	7,00	7,00	8,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00	
Ca	cmolc/dm ³	0,80	0,70	0,60	0,50	1,10	0,40	0,40	0,60	0,70	0,80	0,50	0,70	0,70	0,70	0,40	0,70	
Mg		0,60	0,50	0,40	0,40	0,70	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,30	0,60	
Al		0,50	0,40	0,30	0,00	0,00	0,00	0,60	0,20	0,70	0,30	0,30	0,10	0,60	0,40	0,20	0,00	
H + Al		2,60	8,40	7,20	2,40	9,30	8,00	7,20	2,60	8,40	8,00	7,20	2,80	8,40	7,50	5,50	2,60	
K		0,29	0,29	0,66	0,04	0,17	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,06	0,03	0,01	0,02	
CTC		4,29	9,89	8,86	3,34	11,27	8,75	7,93	3,63	9,52	9,33	8,14	4,02	9,56	8,73	6,21	3,92	
Matéria orgânica		g/dm ³	35,00	33,00	30,00	9,00	35,00	27,00	26,00	8,00	35,00	27,00	18,00	13,00	48,00	40,00	17,00	12,00
Saturação de bases		%	39,39	15,07	18,74	28,14	17,48	8,57	9,21	28,37	11,76	14,26	11,55	30,35	12,13	14,09	11,43	33,67
Saturação de Al	22,83		21,16	15,31	0,00	0,00	0,00	45,11	16,26	38,46	18,40	24,19	7,58	34,09	24,54	21,98	0,00	
Na	mg/dm ³	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	
Zn		2,30	1,20	0,20	2,60	3,00	1,10	0,70	2,40	2,00	2,20	1,10	1,40	0,60	1,80	1,30	1,10	
B		0,23	0,28	0,19	0,23	0,28	0,14	0,19	0,23	0,28	0,19	0,20	0,19	0,19	0,23	0,28	0,19	
Cu		0,30	0,20	0,30	0,40	0,20	0,30	0,20	0,50	1,30	0,40	0,30	0,20	0,30	0,20	0,90	1,20	
Fe		67,40	61,20	53,50	28,40	54,00	47,30	42,40	29,70	47,10	49,40	37,50	26,50	61,20	45,80	35,50	28,50	
Mn		1,00	0,60	1,60	0,40	1,50	1,00	0,60	0,40	1,30	1,20	1,10	0,20	0,60	0,30	0,20	0,90	
K		113,00	115,00	259,00	14,00	67,00	20,00	12,00	11,00	7,00	10,00	15,00	8,00	24,00	11,00	3,00	8,00	
P (Melich)		1,20	1,50	0,80	0,50	2,10	0,80	1,20	0,80	0,80	0,80	0,80	1,20	0,80	0,80	0,50	0,80	

Tabela A2. Indicadores físico-químicos dos corpos de prova do solo amostrados na área de instalação dos blocos experimentais, B3 e B4, antes do preparo para o plantio da capineira *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Indicadores físico-químicos		Blocos experimentais																
		B3								B4								
		Pontos de coleta																
		A5				A8				A6				A7				
		Profundidade do solo																
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	
pH (CaCl ₂)		4,20	4,30	4,60	5,40	4,50	4,40	4,40	5,10	4,30	4,30	4,50	5,30	4,60	4,50	4,60	5,30	
Argila	%	30,00	35,00	32,00	28,00	26,00	32,00	32,00	35,00	32,00	32,00	30,00	32,00	30,00	30,00	32,00	32,00	
Areia		63,00	57,00	60,0	65,00	67,00	60,00	60,00	57,00	60,00	60,00	63,00	60,00	63,00	63,00	60,00	60,00	
Limo		7,00	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00
Ca	cmolc/dm ³	0,60	0,80	0,50	0,80	1,10	1,00	0,80	0,90	1,00	0,70	0,70	0,60	1,80	0,70	0,70	0,50	
Mg		0,40	0,50	0,40	0,50	0,70	0,70	0,60	0,70	0,70	0,40	0,50	0,40	1,20	0,40	0,50	0,40	
Al		0,30	0,20	0,10	0,30	0,20	0,40	0,20	0,10	0,40	0,20	0,10	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	
H + Al		8,80	6,10	4,20	2,20	5,50	6,80	5,80	2,40	4,00	6,80	5,00	1,90	5,50	5,00	4,20	2,10	
K		0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,15	0,10	0,08	0,09	0,05	0,04	0,02	0,01	
CTC		9,83	7,44	5,13	3,53	7,32	8,53	7,22	4,02	5,85	8,00	6,28	2,99	8,55	6,14	5,42	3,01	
Matéria orgânica		g/dm ³	35,00	15,00	13,00	11,00	29,00	14,00	15,00	6,00	39,00	17,00	25,00	11,00	39,00	24,00	24,00	12,00
Saturação de bases		%	10,48	18,01	18,13	37,68	24,86	20,28	19,67	40,30	31,62	15,00	20,38	36,45	35,67	18,57	22,51	30,23
Saturação de Al	22,56		12,99	9,71	18,40	9,90	18,78	12,35	5,81	17,78	14,29	7,25	15,50	6,15	0,00	0,00	0,00	
Na	mg/dm ³	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	
Zn		1,80	2,50	0,20	0,30	1,50	0,40	3,00	1,10	1,80	0,90	2,30	2,00	3,40	0,30	0,70	0,80	
B		0,19	0,23	0,28	0,14	0,23	0,19	0,23	0,28	0,19	0,23	0,28	0,19	0,23	0,28	0,14	0,19	
Cu		0,40	0,40	0,20	0,30	0,20	0,20	0,70	0,30	0,20	0,60	0,30	0,30	1,40	0,20	0,20	0,30	
Fe		44,20	37,70	33,30	25,80	54,70	44,50	40,60	31,20	40,30	40,90	29,30	30,10	41,10	34,60	31,40	27,90	
Mn		0,20	0,30	2,10	0,20	1,70	2,90	1,60	0,50	1,10	1,30	1,70	0,30	0,20	0,40	0,20	0,40	
K		13,00	16,00	12,00	10,00	8,00	11,00	8,00	9,00	58,00	38,00	33,00	34,00	18,00	17,00	6,00	3,00	
P (Melich)		0,50	0,80	1,20	2,10	2,10	0,80	0,50	0,80	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,50	0,80	0,50	

Tabela A3. Balanço hídrico da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Palmas – TO, de 22/06/2015 a 27/03/2016, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955)

Período	Turno de rega (dias)	P (mm)	I (mm)	ETm (mm)	ADI (mm)	ADF (mm)	EXC (mm)	Evento de biofertilização
22/06*	1	0,0	43,1	-	8,5	51,6	0,0	Água potável
24 a 26/6	3	0,0	11,6	11,6	25,8	25,8	0,0	Água potável
27 a 28/6	2	0,0	7,7	7,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
29/6 a 01/7	3	0,0	11,4	11,4	25,8	25,8	0,0	Água potável
02 a 05/7	4	0,0	14,8	14,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
06 a 08/7	3	0,0	11,1	11,1	25,8	25,8	0,0	Água potável
09 a 12/7	4	0,0	14,8	14,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
13 a 15/7	3	0,0	11,1	11,1	25,8	25,8	0,0	Água potável
16 a 19/7	4	0,0	14,8	14,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
20 a 22/7	3	0,0	11,1	11,1	25,8	25,8	0,0	Água potável
23 a 26/7	4	0,0	14,8	14,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
27 a 29/7	3	0,0	11,1	11,1	25,8	25,8	0,0	Água potável
30/7 a 02/8	4	0,0	16,3	16,3	25,8	25,8	0,0	Água potável
03 a 05/8	3	0,0	13,3	13,3	25,8	25,8	0,0	Água potável
06 a 09/8	4	0,0	17,7	17,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
10 a 12/8	3	0,0	13,3	13,3	25,8	25,8	0,0	Água potável
13 a 16/8	4	0,0	17,7	17,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
17 a 19/8	3	0,0	13,3	13,3	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
20 a 23/8	4	0,0	17,7	17,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
24 a 26/8	3	0,0	13,3	13,3	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
27 a 30/8	4	0,0	17,7	17,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
31/8 a 02/9	3	0,0	14,7	14,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
03 a 06/9	4	0,0	20,6	20,6	25,8	25,8	0,0	Água potável
07 a 09/9	3	0,0	15,4	15,4	25,8	25,8	0,0	Água potável
10 a 13/9	4	0,0	20,6	20,6	25,8	25,8	0,0	Água potável
14 a 16/9	3	0,0	15,4	15,4	25,8	25,8	0,0	Água potável
17 a 20/9	4	0,0	20,6	20,6	25,8	25,8	0,0	Água potável
21 a 23/9	3	0,0	15,4	15,4	25,8	25,8	0,0	Água potável
24 a 27/9	4	0,0	20,6	20,6	25,8	25,8	0,0	Água potável
28 a 30/9	3	0,3	15,1	15,4	25,8	25,8	0,0	Água potável
01 a 04/10	4	0,0	18,3	18,3	25,8	25,8	0,0	Água potável
05 a 07/10	3	29,4	0,0	13,8	25,8	41,4	15,6	
08 a 11/10	4	0,0	18,3	18,3	25,8	25,8	0,0	Água potável
12 a 14/10	3	0,0	13,8	13,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
15 a 18/10	4	0,0	18,3	18,3	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
19 a 21/10	3	0,0	13,8	13,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
22 a 25/10	4	37,3	0,0	18,3	25,8	44,8	19,0	Resíduo
26 a 28/10	3	6,4	7,4	13,8	25,8	25,8	0,0	Água potável
29/10 a 01/11	4	62,0	0,0	17,9	25,8	69,9	44,1	Resíduo
02 a 04/11	3	4,4	8,1	12,5	25,8	25,8	0,0	Água potável

05 a 08/11	4	0,0	16,7	16,7	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
09 a 11/11	3	2,2	10,3	12,5	25,8	25,8	0,0	Água potável
12 a 15/11	4	21,6	0,0	16,7	25,8	30,7	4,9	Resíduo
16 a 18/11	3	2,1	10,4	12,5	25,8	25,8	0,0	Água potável
19 a 22/11	4	13,7	3,0	16,7	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
23 a 25/11	3	19,0	0,0	12,5	25,8	32,3	6,5	
26 a 29/11	4	37,0	0,0	16,7	25,8	46,1	20,3	Resíduo
30/11 a 02/12	3	2,9	8,8	11,7	25,8	25,8	0,0	Água potável
03 a 06/12	4	14,1	0,9	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
07 a 09/12	3	3,4	7,8	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
10 a 13/12	4	16,8	0,0	15,0	25,8	27,6	1,8	Resíduo
14 a 16/12	3	1,9	9,3	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
17 a 20/12	4	27,0	0,0	15,0	25,8	37,8	12,0	Resíduo
21 a 23/12	3	1,6	9,6	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
24 a 27/12	4	63,1	0,0	15,0	25,8	73,9	48,1	Resíduo
28 a 30/12	3	14,8	0,0	11,2	25,8	29,4	3,6	
31/12 a 03/01	4	0,4	14,8	15,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
04 a 06/01	3	1,8	9,7	11,5	25,8	25,8	0,0	Água potável
07 a 10/01	4	48,6	0,0	15,3	25,8	59,1	33,3	
11 a 13/01	3	49,1	0,0	11,5	25,8	63,4	37,6	
14 a 17/01	4	40,8	0,0	15,3	25,8	51,3	25,5	Resíduo
18 a 20/01	3	90,6	0,0	11,5	25,8	104,9	79,1	
21 a 24/01	4	113,6	0,0	15,3	25,8	124,1	98,3	Resíduo
25 a 27/01	3	29,7	0,0	11,5	25,8	44,0	18,2	
28 a 31/01	4	56,3	0,0	15,3	25,8	66,8	41,0	Resíduo
01 a 03/02	3	0,0	11,2	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
04 a 07/02	4	0,0	15,0	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
08 a 10/02	3	0,0	11,2	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
11 a 14/02	4	1,3	13,7	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
15 a 17/02	3	2,5	8,7	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
18 a 21/02	4	0,0	15,0	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
22 a 24/02	3	0,0	11,2	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
25 a 28/02	4	0,6	14,4	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
29/02 a 02/03	3	0,0	11,2	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
03 a 06/03	4	8,3	6,7	15,0	25,8	25,8	0,0	Água + resíduo
07 a 09/03	3	15,2	0,0	11,2	25,8	29,8	4,0	Água potável
10 a 13/03	4	39,1	0,0	15,0	25,8	49,9	24,1	Água potável
14 a 16/03	3	36,4	0,0	11,2	25,8	51,0	25,2	Água potável
17 a 20/03	4	0,0	15,0	15,0	25,8	25,8	0,0	Água potável
21 a 23/03	3	0,0	11,2	11,2	25,8	25,8	0,0	Água potável
24 a 27/03	4	0,0	15,0	15,0	25,8	25,8	0,0	Água potável
Total	279	915,3	835,7	1.145,9			561,9	

* Este evento de irrigação teve início em 22/06, e foi concluído em 23/06.

8.2 Publicações

8.2.1 Artigo 1

Journal of Agricultural Science; Vol. 10, No. 5; 2018
ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760
Published by Canadian Center of Science and Education

Biofertilization of Forage With Effluents of Green Line of a Cattle Slaughterhouse: Microbial Diversity and leaf Dry Mass Productivity

Joaquim Jose de Carvalho¹, José Maria Rodrigues da Luz², Jaqueline Henrique³, José Geraldo Delvaux Silva⁴, José Expedito Cavalcante da Silva⁵ & Edivaldo Alves dos Santos⁶

Received: January 12, 2018

Accepted: April 6, 2018

Online Published: April 15, 2018

doi:10.5539/jas.v10n5p353

URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n5p353>

Abstract

The wastewater has been an environmental problem, but your used as fertilizers could reduce or eliminate the application of commercial fertilizers in soil. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and nitrogen fixing bacteria (NFB) are a good parameter to analyze the impacts of this fertigation on soil. We aimed to evaluate the distribution and diversity of AMF and NFB before and after applications of wastewater or manure from green line of a cattle slaughterhouse in the irrigation of *B. brizantha* cv Marandu in Cerrado soil and leaf biomass productivity. The experimental design was performed in completely randomized blocks with ten biofertilization managements. The seeds of the forage were distributed in grooves with spacing of 5 cm. This seeds were covered with a soil layer. NFB and AMF diversity was performed by denaturing gradient gel electrophoresis. The leaf biomass productivity in the biofertilization managements was higher than in the managements without the use wastewater/manure. After biofertilization managements, changes in the denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) profile of the NFB and AMF communities were observed. These changes may be due to the difference in the sample collection period and in the soil humidification. Thus, these DGGE profiles was a good parameter to diagnose the efficacy of wastewater/manure as an alternative biotechnological irrigation.

Keywords: manure, meat, environmental impacts, *Brachiaria brizantha*, mycorrhizal, nitrogen fixing bacteria

Qualis Capes: B2

Fator de Impacto: 2.28

8.2.2 Artigo 2

Journal of Agricultural Science; Vol. 10, No. 7; 2018
ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760
Published by Canadian Center of Science and Education

Biofertilization of Forage With Effluents From a Cattle Slaughterhouse Green Line: Impacts on Physical-Chemical Indicators of Soil Quality and on Production Biomass

Joaquim Jose de Carvalho¹, José Maria Rodrigues da Luz², Jacqueline Henrique¹, José Geraldo Delvaux Silva³, Raphael Bragança Alves Fernandes², S. S. Ribeiro³ & José Expedito Cavalcante da Silva¹

Received: March 11, 2018

Accepted: May 11, 2018

Online Published: June 15, 2018

doi:10.5539/jas.v10n7p359

URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n7p359>

Abstract

Cattle slaughterhouses are potential causes the environmental impacts, as it require a large volume of water in meat processing, generate large effluents amount, and promote the Cerrado deforestation for animal husbandry. Therefore, we aim was carried out to assess the effects of the soil application of a green line wastewater from a cattle slaughterhouse in the *Brachiaria brizantha* growth. The M1 and M2 managements did not contain wastewater of slaughterhouse. The wastewater from the 3rd stabilization pond (M3 to M5), from reception box (M6 to M8), and manure (M9 and M10) were used in the biofertilization managements. The physical-chemical indicators levels did not show significant differences ($p < 0.05$) before soil preparation and after managements. However, biofertilization in the Cerrado soil can provide a mitigation of the leaching of fine soil particles and cations. In addition, maximum nitrogen dose of wastewater provided a higher leaf biomass productivity than commercial nitrogen. Thus, the fertigation with wastewater can reduce the use of water bodies to crops irrigation and the incorporation of new areas with native vegetation to the agricultural production systems.

Keywords: wastewater management, soil waste disposal, *Brachiaria brizantha*, Marandu, manure, stabilization pond.

Qualis Capes: B2

Fator de Impacto: 2.28