

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Dissertação

Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração
de carvão submetido a diferentes cultivos

Daiane Carvalho dos Santos

Pelotas, 2006

DAIANE CARVALHO DOS SANTOS

Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração
de carvão submetido a diferentes cultivos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento Solos).

Orientador: Dr. Danilo Dufech Castilhos

Co-orientador: Dr^a. Rosa Maria Vargas Castilhos

Pelotas, 2006

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

S237a Santos, Daiane Carvalho dos

Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração de carvão submetido a diferentes cultivos / Daiane Carvalho dos Santos. - Pelotas, 2006.

96f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Solo. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2006, Danilo Dusech Castilhos, Orientador.

1. Carvão 2. Mineração 3. Biomassa 4. Atividade microbiana I Fischer, Vivian (orientador) II .Título.

CDD 631.41

Banca examinadora:

Dr^a. Fabiane Machado Vezzani

Dr. José Maria Filippini Alba

Dr. José Soares do Nascimento

Dr. Luiz Fernando Spinelli Pinto

A Vilmar Schmalfluss dos Santos e Vera
Maria da Silva Carvalho (meus pais),
Tatiana Carvalho dos Santos e Raphael
Carvalho dos Santos (meus irmãos),
Florisbela e Gaspar (meus padrinhos).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pelotas, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro ao projeto de pesquisa que resultou nessa dissertação;

À CRM pela disponibilização do local para realização do experimento;

Ao Prof. Danilo Dufech Castilhos e a Prof^a. Rosa Maria Vargas Castilhos pela orientação na execução dos trabalhos, incentivo, amizade e compreensão;

Aos Professores Luiz Fernando Spinelli Pinto e Eloy Pauletto pela dedicação e amizade demonstradas durante todo o trabalho;

Ao professor João Baptista pelo apoio nas análises estatísticas;

Aos bolsistas de iniciação científica do Departamento de Solos da FAEM, Daniel Genro da Silva, Cristiane Velleda Brisolara, Dinorvan Morelli e Camila Pinho pela ajuda nas análises de laboratório;

Ao amigo Marcelo Peske Hartwig pela ajuda, apoio e amizade;

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação pela convivência e amizade ao longo do curso;

À colega e funcionária do Laboratório de Química do Solo Noemi Lunkes pela amizade e auxílio nas análises;

À Evelise, Maria Tereza, Letícia e principalmente ao Rodrigo pela palavra de carinho e apoio no início do curso;

À minha tia Magnólia Carvalho e às amigas Natália Rodeghiero e Viviane Coelho Duarte pelo auxílio e amizade;

Aos meus pais: Vilmar Schmalfluss dos Santos e Vera Maria da Silva Carvalho, assim como meus irmãos por terem sempre acreditado em mim;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Resumo

SANTOS, Daiane Carvalho. Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração de carvão submetido a diferentes cultivos. 2006. 96f. **Dissertação - Programa de Pós - Graduação em Agronomia.** Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

As reservas de carvão no Brasil atingem 32 bilhões de toneladas, sendo que 89% encontram-se no Rio Grande do Sul. Apesar de importante recurso energético, a extração, o beneficiamento e a utilização do carvão mineral são atividades que originam grandes transformações no solo, principalmente quando a mineração é realizada a céu aberto, causando profundas alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A revegetação restabelece as características originais da área e evita processos erosivos, permitindo a reestruturação do solo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar as modificações de atributos químicos e biológicos de um solo construído em função de diferentes espécies de cobertura vegetal. O estudo foi desenvolvido em um solo construído na área de mineração de carvão no município de Candiota – RS. Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, com os seguintes tratamentos: Hemártria (*Hemarrhia altissima*), Tifton (*Cynodon dactylum*), Pensacola (*Paspalum lourai*), Consórcio Hemártria + Amendoim Forrageiro (*Arachis pintoii*), Consórcio Tifton + Amendoim Forrageiro e Consórcio Pensacola + Amendoim Forrageiro. Foram realizadas coletas de plantas e de solo, aos 198, 380 e 562 dias de cultivo, respectivamente, para as determinações de matéria seca, propriedades químicas e biológicas do solo. Os resultados foram comparados com análises de um solo natural adjacente a área de mineração. Os resultados permitiram concluir que: os cultivos Hemártria e Hemártria + Amendoim forrageiro no solo construído, foram aqueles que apresentaram os maiores rendimentos de matéria seca, com valores semelhantes à produtividade dessas culturas em condições normais; as aplicações de nutrientes e de calcário na área de cultivo, de modo geral, aumentaram os valores de condutividade elétrica e de sódio trocável, esses valores apresentaram um decréscimo ao longo do tempo equiparando-se aos observados no solo natural; após 562 dias de implantação dos diferentes cultivos, os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total são muito inferiores aos observados no solo natural, adjacente à área de mineração; os tratamentos com Hemártria, Tifton, Pensacola e Tifton + Amendoim forrageiro, mantiveram os teores de carbono da biomassa microbiana após 380 dias de implantação dos cultivos, superiores aos observados no solo natural; após 562 dias

de cultivo: os teores de nitrogênio da biomassa microbiana continuaram abaixo dos teores determinados no solo natural; a atividade microbiana em todos os cultivos estudados, aumentou com o tempo de construção do solo; a atividade com o cultivo de Tifton + Amendoim forrageiro, foi semelhante à atividade microbiana do solo natural e a intensa liberação de CO₂ em todos os tratamentos, aumentou o qCO₂ a valores superiores ao observado no solo natural.

Palavras - chave: carvão, mineração, biomassa, atividade microbiana.

Abstract

SANTOS, Daiane Carvalho. Chemical and biological changes in coal mining soil submitted to different cultivation, 2006. 96p. Dissertation - Agronomy Post - graduation Program. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The coal deposits in Brazil comprehend 32 billion tons, being 89% in Rio Grande do Sul. Even though it is an important energy resource, the coal extraction, processing and use create great soil transformation, specially the open pit mining, causing relevant physical, chemical and biological properties alterations. The re-vegetation aims to re-establish the area original characteristics, avoid erosion process allowing the soil restructure. This work intends to evaluate the chemical and biological attribute changes in the recovered soil according to vegetal covering from different species. The study was developed in a recovered coal mining soil in Candiota - RS, with a block lining at random, with four repetitions, with the following treatments: *Hematria altíssima*, *Cynodon dactylum*, *Paspalum lourai*, **Combination *Hematria altíssima* + *Arachis pintoii***, **Combination *Cynodon dactylum* + *Arachis pintoii*** and **Combination *Paspalum lourai* + *Arachis pintoii***. The results were compared with analyses of a natural soil adjacent to the mining area. The results allowed the following conclusions: the *Hematria altíssima* + *Arachis pintoii* cultivations in the recovered soil presented the higher dry material productions, with amounts similar to the culture productivity in natural conditions; the nutrients and lime applications in the cultivation area, in general terms, increased the electrical conduction and changeable sodium amount, these amounts presented a decrease as the time went by turning equalized to ones observed in natural soil; after 562 days of different cultivation implantation, the levels of organic carbonic and total nitrogen are much lower than ones observed in natural soil, adjacent to the mining area; the treatments with *Hematria altíssima*, *Cynodon dactylum*, *Paspalum lourai* and *Cynodon dactylum* + *Arachis pintoii*, maintained the microbial biomass carbon levels, after 380 days of cultivation implantation, higher than observed in natural soil; after 562 of cultivation the microbial biomass nitrogen levels continued lower than natural soil determined levels; the microbial activity in all studied cultivation became higher with the soil recovering period; the activity with *Cynodon dactylum* + *Arachis pintoii*, cultivation, after 562 days of experiment implantation was similar to natural soil microbial activity and after 562 days of cultivation, the CO₂ intense liberation, in all treatments, increased the qCO₂ to amounts higher than observed in natural soil.

Keywords: coal, mining, biomass, microbial activity.

Lista de Figuras

Figura 1	Localização da área de mineração de carvão de Candiota e da área experimental.....	21
Figura 2	Perfil geológico da formação do Rio Bonito na jazida de Candiota Zona Norte da malha IV.....	22
Figura 3	Croqui da área experimental mostrando as parcelas onde foram coletadas as amostras.....	32
Figura 4	Liberação de CO ₂ do solo natural durante o período de incubação de 63 dias.....	40
Figura 5	Matéria seca aérea nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	42
Figura 6	pH nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	44
Figura 7	Cálcio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	45
Figura 8	Magnésio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	47
Figura 9	Fósforo disponível nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	48
Figura 10	Potássio disponível nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	50
Figura 11	Sódio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	51

Figura 12	Condutividade elétrica nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	53
Figura 13	Carbono orgânico total nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	55
Figura 14	Nitrogênio total nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	55
Figura 15	Carbono da biomassa microbiana nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	58
Figura 16	Nitrogênio da biomassa microbiana nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	59
Figura 17	Relação COT/NT nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	60
Figura 18	Relação CM/NM nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	61
Figura 19	Relações CM/COT e NM/NT nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	62
Figura 20	Liberação acumulada de C-CO ₂ , nas três amostragens realizadas em solo construído sob diferentes cultivos.....	64
Figura 21	qCO ₂ nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.....	65

Lista de Tabelas

Tabela 1	Preparo da área experimental e condução do experimento.....	33
Tabela 2	Matéria seca aérea em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	41
Tabela 3	Valores de pH em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	43
Tabela 4	Teores de cálcio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	45
Tabela 5	Teores de magnésio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	46
Tabela 6	Teores de fósforo disponível em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	48
Tabela 7	Teores de potássio disponível em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	49
Tabela 8	Teores de sódio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	52
Tabela 9	Valores de condutividade elétrica em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	52
Tabela 10	Teores de carbono orgânico total em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	54
Tabela 11	Teores de nitrogênio total em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	56
Tabela 12	Teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	57

Tabela 13	Relação COT/NT, CM/NM, CM/COT e NM/NT em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	60
Tabela 14	Quociente metabólico em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.....	65

Lista de Abreviaturas e Siglas

Carbono microbiano - CM

Carbono microbiano/carbono orgânico total - CM/COT

Carbono microbiano/nitrogênio microbiano - CM/NM

Carbono orgânico - CO

Carbono orgânico total/Nitrogênio total - COT/NT

Companhia Riograndense de Mineração - CRM

Condutividade elétrica - C.E

Matéria seca - MS

Nitrogênio microbiano - NM

Nitrogênio microbiano/nitrogênio total - NM/NT

Nitrogênio total - NT

Quociente metabólico - qCO_2

Sumário

1 Introdução.....	18
2 Revisão de literatura.....	20
2.1 Carvão mineral no Brasil.....	20
2.2 Características da área de mineração de carvão de Candiota - RS.....	20
2.3 Processo de mineração e de recomposição topográfica da área.....	22
2.4 Degradação ambiental em área de mineração.....	23
2.5 Recuperação e revegetação de áreas mineradas.....	24
2.6 Alterações químicas de solos construídos e/ou revegetados.....	26
2.7 Biomassa e atividade microbiana do solo.....	26
2.8 Biomassa e atividade microbiana em solos construídos.....	29
3 Material e métodos.....	31
3.1 Localização da área.....	31
3.2 Classificação e caracterização da área experimental.....	31
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	32
3.4 Preparo da área experimental.....	32
3.5 Coleta da matéria seca.....	35
3.6 Amostras de solo.....	35
3.7 Preparo das amostras de solo.....	35
3.8 Análises químicas do solo.....	35
3.9 Análises microbiológicas do solo.....	36
3.9.1 Biomassa microbiana do solo.....	36

3.9.2 Carbono (CM) e nitrogênio (NM) da biomassa microbiana.....	36
3.9.3 Respiração basal do solo.....	37
3.9.4 Quociente metabólico (qCO_2).....	38
3.9.5 Relação CM/COT.....	38
3.9.6 Relação NM/NT.....	39
3.9.7 Relação CM/NM.....	39
3.10 Análises estatísticas.....	39
4 Resultados e discussão.....	40
4.1 Caracterização do solo natural.....	40
4.2 Rendimento da matéria seca das culturas.....	41
4.3 Alterações químicas do solo.....	42
4.3.1 pH.....	42
4.3.2 Cálcio trocável.....	44
4.3.3 Magnésio trocável.....	45
4.3.4 Fósforo disponível.....	47
4.3.5 Potássio disponível.....	49
4.3.6 Sódio trocável.....	51
4.3.7 Condutividade elétrica.....	52
4.3.8 Carbono orgânico.....	53
4.3.9 Nitrogênio total.....	55
4.4 Alterações da biomassa microbiana.....	56
4.4.1 Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.....	56
4.5 Relações químicas e biológicas.....	59
4.6 Respiração basal e quociente metabólico.....	63
4.6.1 Respiração basal.....	63
4.6.2 Quociente metabólico.....	64
5 Conclusões.....	67
6 Referências bibliográficas.....	69
Apêndices.....	78

1 INTRODUÇÃO

As atividades mineradoras visando a extração dos recursos minerais, embora importantes economicamente, são responsáveis por modificações ambientais como, perda da biodiversidade, diminuição da fertilidade do solo, interferência dos recursos hídricos, além de alteração da paisagem devido a escavação de grandes volumes de solo.

No Brasil, a maior jazida de mineração de carvão localiza-se no estado do Rio Grande do Sul, município de Candiota. A mineração é realizada pelo método de lavra a céu aberto, originando uma grande transformação no solo causando impacto aos ecossistemas. Para exploração destas áreas, devem ser feitos estudos de impacto ambiental e plano de recuperação do solo para cumprimento da Legislação Ambiental conforme resolução 001/86 CONAMA.

A biomassa microbiana e seus processos bioquímicos tem sido utilizados atualmente como indicadores de qualidade do solo, devido sua capacidade de responder rapidamente a alterações no ambiente do solo, sendo um importante atributo no monitoramento de processos de recuperação ambiental e de áreas degradadas.

Segundo IBAMA (1990), a recuperação de áreas utilizadas pela mineração deve implicar no retorno do sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo. Para isso, deve ser obtida uma condição estável do solo em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais das circunvizinhanças.

A finalidade da revegetação de áreas mineradas é proporcionar condições de restabelecimento das características químicas, físicas e biológicas, evitar processos erosivos além da recomposição paisagística.

A maioria dos estudos de recuperação de áreas degradadas está relacionada à utilização de indicadores físicos e químicos. No entanto, muitos dos atributos necessários ao adequado desenvolvimento vegetal são afetados diretamente por processos biológicos, numa interdependência de ambos.

Estudos relacionados com alterações da biomassa microbiana em áreas utilizadas pela mineração de carvão, “solos construídos” são escassos. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a evolução dos atributos químicos e biológicos de solos construídos em função de diferentes espécies de cobertura vegetal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Carvão mineral no Brasil

As maiores jazidas de carvão mineral do país situam-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As reservas brasileiras totalizam 32 bilhões de toneladas de carvão. Deste total, o Rio Grande do Sul possui 89,25% e Santa Catarina 10,41%. Somente a jazida de Candiota situada no estado do Rio Grande do Sul, possui 38% de todo o carvão nacional (CPRM, 2006), com uma produção na faixa de 1,7 milhões de toneladas de carvão por ano (CRM, 2006).

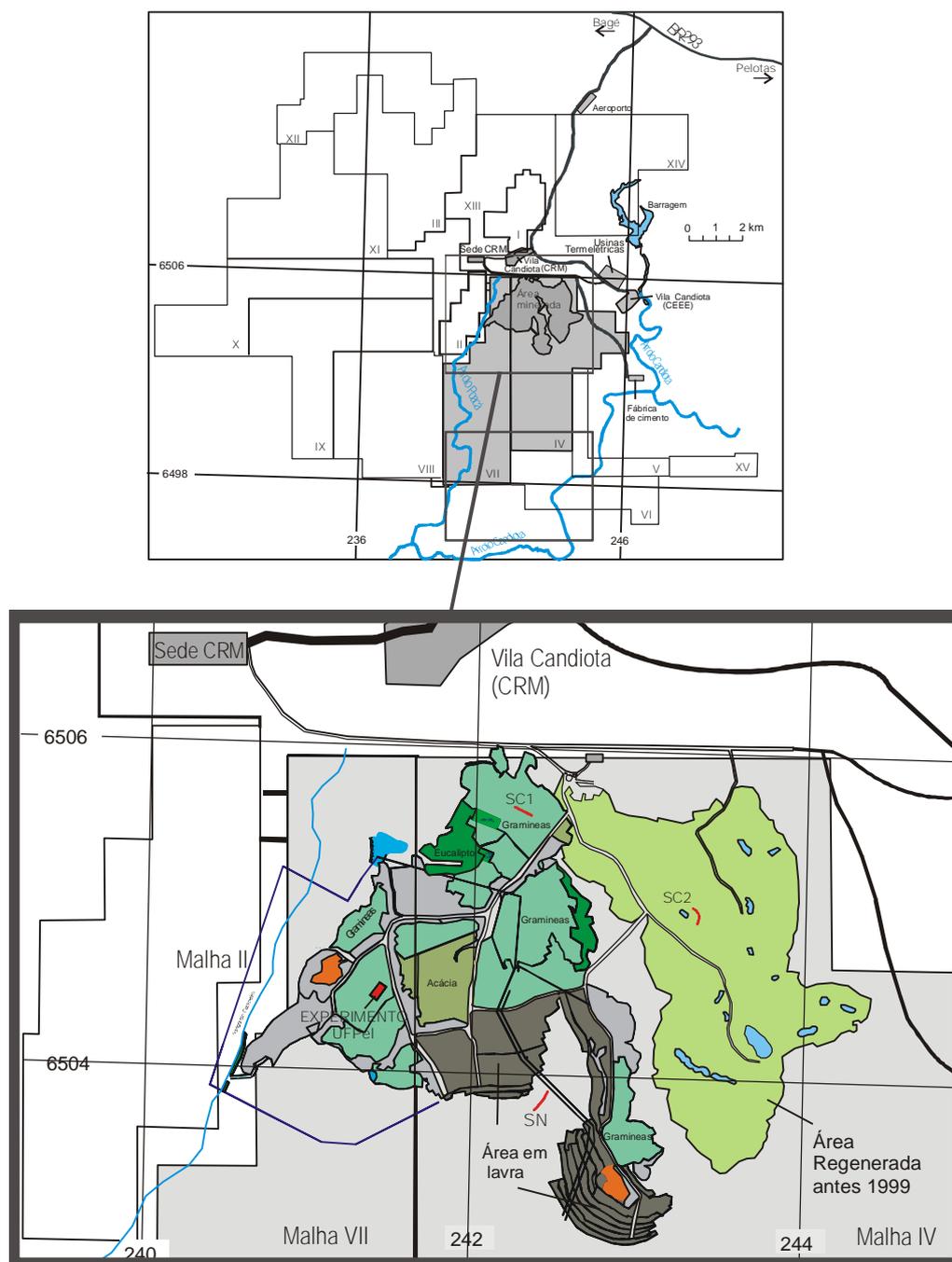
2.2 Características da área de mineração de carvão de Candiota – RS

A área de mineração de carvão de Candiota é explorada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), vinculada à secretaria das Minas e Energia do Estado do Rio Grande do Sul e está localizada no município de Candiota, aproximadamente 400Km ao sul de Porto Alegre.

Na região de Candiota, a CRM conta com 15 áreas concedidas para pesquisa e lavra, denominada de “malhas”. Dessas áreas a empresa já minerou a malha I e a malha II (SCHULTZE, 1998 apud NUNES, 2002). Atualmente, estão sendo mineradas as malhas IV e VII, figura 1 (informação verbal)¹. A malha IV da jazida de Candiota apresenta uma camada de material estéril de cobertura relativamente baixa, variando de 12 a 15m de espessura. Na área de mineração de Candiota são mineradas as camadas de carvão denominadas de Candiota Inferior

¹ Informação fornecida pelo Geólogo Rui Osório, em visita a CRM, Candiota, em 21 de março de 2006.

(CI) e Candiota Superior (CS). Esses dois leitos totalizam uma espessura média de 5m intercalados por uma camada de argilito com espessura média de 0,7m (KOPPE; COSTA, 2002). A camada Banco Louco (BL) (Figura 2), não é aproveitada, pois apresenta pouca espessura e baixo poder calorífico. Essa camada é retirada junto com o material de cobertura, fazendo parte, desta forma, da mistura heterogênea de estéreis que compõe as camadas subsuperficiais das áreas construídas (PINTO, 1999).



SC1: solo construído 1; SC2: solo construído 2; SN: solo natural da frente de mineração

Figura 1 - Localização da área de mineração de Candiota e da área experimental.

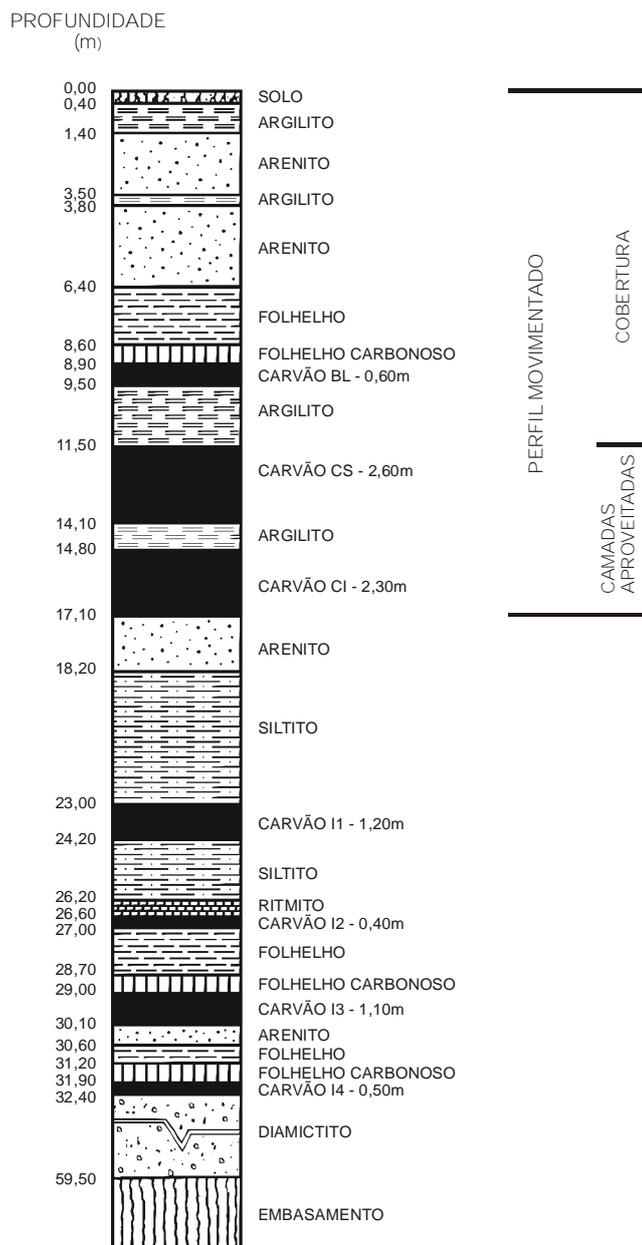


Figura 2 - Perfil Geológico da formação do Rio Bonito na jazida de Candiota – zona norte da malha IV (adaptado de PINTO, 1999).

2.3 Processo de mineração e de recomposição topográfica da área

Os principais procedimentos de extração do carvão podem ser relacionados em dois grupos: método de lavra a céu aberto e método de lavra subterrânea. Em Candiota a mineração é realizada pelo método de lavra a céu aberto. Esse tipo de procedimento altera as características originais do solo devido a remoção de grandes volumes de solo e de rochas (KOPPE; COSTA, 2002).

A recomposição topográfica das áreas é feita paralelamente à extração do minério. Durante o processo é precedida a remoção do solo superficial (horizonte A), retirada da argila vermelha (horizonte B e C), perfuração e detonação do arenito, descobertura do carvão, perfuração, detonação e extração do carvão da camada superior (CS) e inferior (CI), com separação do argilito intermediário (Figura 2). A recomposição topográfica é constituída pelos materiais de cobertura (materiais fragmentados de argilitos, folhelhos, folhelhos carbonosos e arenitos), colocados sobre a área adjacente de onde a camada de carvão já foi lavrada, preenchendo desta forma, a cavidade deixada pela operação de lavra anterior, seguida da deposição da “terra vegetal”, estabelecimento de práticas agronômicas de preparo, conservação e correção do solo e plantio de espécies vegetais (SCHULTZE apud NUNES, 2002; KOPPE; COSTA, 2002).

O método de lavra e de recomposição topográfica origina, portanto, áreas recuperadas topograficamente, composta por uma camada superficial de solo, inadequadamente chamada de “terra vegetal” ou “solo orgânico”. Esta camada é constituída pelo horizonte A do solo, frequentemente misturado com o horizonte B e C, e, subsuperficialmente, composta por estéreis de mineração (PINTO; KAMPF, 2002).

2.4 Degradação ambiental em área de mineração

A degradação de uma área, independentemente da atividade implantada, verifica-se quando: a) a vegetação e, por conseqüência, a fauna, são destruídas, removidas ou expulsas; e b) a camada de solo fértil é perdida, removida ou coberta, afetando a vazão e qualidade ambiental dos corpos superficiais e/ou subterrâneos d'água. Quando isso ocorre, reflete-se na alteração das características físicas, químicas e biológicas da área, juntamente com a inviabilização sócio-econômico (IBAMA, 1990; AMBIENTE BRASIL, 2006).

A deposição inadequada dos rejeitos de mineração na recomposição topográfica, leva à perda do solo, da vegetação, de grande parte dos conteúdos de matéria orgânica, modificação da topografia, diminuição da fertilidade, da biodiversidade natural, contaminação das águas superficiais e subterrâneas (NOER, 1989; MENDES, 2004).

A presença ou a contaminação por pirita (FeS_2), oriunda do carvão e litologias associados nos materiais dos solos construídos, desencadeia reações de acidificação ($\text{pH} < 3,5$) proveniente da oxidação deste material, provocando deficiência de nutrientes para as plantas e concentrações tóxicas de metais, inibindo a revegetação dos solos construídos. Quando o processo de recuperação é feito concomitantemente com a mineração, a transferência do material decapado da frente de mineração para a área em recuperação, sem uma seleção de estereis pode resultar da inversão da coluna geológica, neste caso, materiais ricos em pirita, situados a grandes profundidades, acabam compondo as camadas mais próximas a superfície da área em recuperação, sendo apenas cobertas por uma fina camada de material do solo (PINTO; KAMPF, 2002).

As alterações biológicas consistem na diminuição do número de espécies vegetais e da biota do solo, isso ocorre devido a remoção da camada fértil o que causa forte impacto na composição qualitativa e quantitativa da microbiota edáfica (MENDES, 2004), além de afetar os processos bioquímicos mediados pelos microrganismos do solo que são indicadores sensíveis às mudanças na qualidade do solo (JORDAN et al., 1995). As alterações físicas são aquelas decorrentes da retirada, movimentação, deposição e preparo do solo, como diminuição da estabilidade de agregados, aumento da densidade, alteração dos teores granulométricos em relação ao solo natural (NUNES, 2002), assim como menor disponibilidade de água e aeração do solo (LEITZKE, 2002).

2.5 Recuperação e revegetação de áreas mineradas

Recuperação deve ser entendida como um termo genérico que inclui todos os aspectos de qualquer processo que leve a uma nova utilização da área degradada. Reabilitação, por outro lado, significa o retorno da área degradada necessariamente a um estado biológico apropriado o qual dependerá dos objetivos de uso produtivo da área planejados em longo prazo (IBAMA, 1990).

Segundo Barth (1989), a recuperação ou reabilitação de áreas degradadas deve ser tratada como um processo que se inicia antes da mineração e só termina muito tempo depois desta ter-se completado. É uma visão de futuro e de obrigatoriedade ter um caráter multidisciplinar de ações que visem o retorno às condições originais ou próximas (DIAS; GRIFFITH, 1998).

O principal objetivo, portanto, da recuperação das áreas de mineração de carvão é proporcionar condições para o pleno desenvolvimento da vegetação, para que seja restabelecido o equilíbrio ecológico e para que posteriormente essas áreas possam retornar a um determinado uso agrícola, conforme as exigências legais (PINTO; KAMPF, 2002).

A revegetação, segundo Bugin (2002), é a etapa do processo de recuperação da área em que são adotadas as medidas para a implantação de uma cobertura vegetal, visando não somente a recuperação paisagística, mas também o controle dos processos erosivos e recuperação das propriedades do solo. A escolha adequada das espécies vegetais que devem ser utilizadas é importante, pois a obtenção de um nível de equilíbrio e evolução da recuperação do local depende dos resultados do desenvolvimento dessa vegetação.

A revegetação dos solos construídos em áreas mineradas é uma prática recomendada porque tem a finalidade de recompor suas características químicas, físicas e biológicas em um nível mínimo que permita o desenvolvimento de espécies vegetais e a atividade microbiana, tão importante no estabelecimento e sucessão da microbiota (MENDES, 2004).

A cobertura vegetal contribui para o fornecimento de matéria orgânica, que constitui um reservatório importante de nutrientes para os microrganismos, colabora para o aumento da capacidade de armazenamento de água do solo e diminui as variações térmicas e hídricas do solo, favorecendo o desenvolvimento microbiano e a biodiversidade (HUNGRIA et al., 1994).

De acordo com Bugin (2002), para auxiliar no controle da erosão em solos construídos, as gramíneas e as leguminosas são as espécies que melhor se adaptam, devido à sua capacidade de cobrir rapidamente o solo com um sistema radicular denso e profundo, o qual possui uma maior capacidade na recuperação da estabilidade estrutural do solo.

Existem diferenças quanto ao comportamento e ação das plantas utilizadas para cobertura do solo. Conforme Mesquita, Porto e Alves (1992), as gramíneas reúnem todas as características protetoras de solo. O tapete formado pela parte aérea e o sistema radicular fasciculado garantem proteção de tal forma que a erosão é quase nula. Este mesmo autor caracteriza as leguminosas como plantas boas, recobridoras e de fácil propagação, com estabelecimento inicial mais rápido e denso.

2.6 Alterações químicas de solos construídos e/ou revegetados

Para Schafer, Nielsen e Nettleton (1980), os solos construídos pós - mineração são extremamente variáveis quimicamente na escala de 0-10m, este alto grau de variação em pequenas escalas, em relação às encontradas para o solo natural, se deve a mistura ao acaso de materiais de várias partes da coluna geológica.

Durante o processo de lavra a camada de solo fértil sofre oxidação da matéria orgânica e, como consequência, a perda de carbono e nutrientes. Além disso, na construção destas áreas, o solo fértil é removido e misturado com o horizonte B e C, causando diluição na matéria orgânica remanescente (CARNEIRO, SIQUEIRA; MOREIRA, 2003).

Segundo CAMILLO et al., (2004), no processo de recuperação de áreas pela mineração de carvão, a contaminação por pirita (FeS_2) oriunda do carvão e dos estéreis associados, nos materiais dos solos construídos desencadeia reações de acidificação provenientes da sua oxidação. Essas reações liberam grandes quantidades de sulfato de ferro pela dissolução da pirita e de outros sulfetos em associação ao deslocamento e a lixiviação dos cátions básicos do complexo de troca dos argilominerais.

Os altos índices de acidificação resultantes da oxidação da pirita podem provocar dissolução de minerais aluminossilicatados, elevar a concentração de metais como Al, Fe, Mn, Cu, Ni e Zn a níveis tóxicos, acelerar as perdas de Ca e Mg, por lixiviação na forma de sais de sulfato e pode ainda, determinar a deficiência de P, N, Mo e B, prejudicando a revegetação dos solos construídos (PITCHEL; DICK; SUTTON, 1994).

Nascimento et al. (2003), em um estudo em um solo degradado no município de Alagoinha, estado do Paraíba, constatou que as leguminosas contribuem para diminuir a acidez do solo elevando o pH e os maiores efeitos de adição de nutrientes dizem respeito ao potássio ao magnésio.

2.7 Biomassa e atividade microbiana do solo

A biomassa microbiana é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna.

Constitui a parte da fração da matéria orgânica ativa do solo, contendo, em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e de 1 a 5% do N total do solo (SMITH; PAUL,1990). Dentre os diversos grupos de organismos, as bactérias possuem maior diversidade, estimando-se que existam mais de 800 espécies de bactérias e em torno de 460 espécies de fungos no solo (SIQUEIRA et al., 1994).

Segundo Moreira e Siqueira (2002), as principais atividades dos organismos do solo são: decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e energia, fixação do nitrogênio atmosférico, produção de compostos complexos que causam a agregação do solo e decomposição de xenobióticos.

A quantidade de biomassa encontrada no solo está relacionada à quantidade de carbono que este recebe. Em solos com vegetação nativa, teores mais elevados de argila ou sob cultivo mínimo favorecem a biomassa, porém torna-se baixa nos solos cultivados, arenosos ou degradados pela erosão ou por contaminação com substâncias orgânicas tóxicas ou elemento com potencial tóxico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Conforme Gama-Rodrigues e Barros (1997), os valores da biomassa microbiana permitem aferir o acúmulo ou perda de carbono em função de determinado manejo: quanto maior a biomassa microbiana de carbono, maior será a reserva de carbono no solo, o que expressa menor potencial de decomposição da matéria orgânica. Do mesmo modo, o nitrogênio da biomassa microbiana constitui uma parte significativa do elemento potencialmente mineralizável que estará disponível para as plantas (MARUMOTO, ANDERSON E DOMSCH, 1982; GALLARDO, SCHLESINGER, 1990; GAMA-RODRIGUES, 1997). Por outro lado, para solos com baixos teores de N, o elemento contido na biomassa microbiana será preferencialmente utilizado pelos microrganismos durante o processo de decomposição da matéria orgânica, ao invés de ser absorvido pelas plantas (PAUL; CLARK, 1996).

A biomassa microbiana do solo, como responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, utiliza estes materiais como fonte de nutrientes e energia para a formação e desenvolvimento de suas células, bem como para a síntese de substâncias orgânicas. Os microrganismos imobilizam temporariamente C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes, que serão liberados após sua morte e

decomposição, podendo então tornar-se disponíveis para as plantas (GAMA – RODRIGUES, 1999).

O interesse em estimar a biomassa microbiana tem sido crescente, principalmente, pelo fato de permitir avaliações de modificações no solo muito antes de ser possível detectar alterações físico-químicas (POWLSON; BROOKES; CHRISTESEN, 1987).

Os dados de biomassa microbiana do solo, expressos pelo teor de carbono, de nitrogênio e pela taxa de respiração, podem fornecer índices que permitem avaliar a dinâmica da matéria orgânica (GAMA RODRIGUES et al., 1994). O carbono da biomassa microbiana, apesar de ser influenciado pelo clima e adições de resíduos, é considerado bioindicador de qualidade do solo, porque significa uma fração ativa e biodegradável da matéria orgânica e reflete tendências de mudanças que estão ocorrendo na mesma a médio e em longo prazo, nas frações de ciclagem mais lenta (FEIGL et al., 1995).

A dinâmica da matéria orgânica e seu compartimento vivo em sistemas agrícolas têm sido avaliados por meio das análises de respiração basal, quociente metabólico (qCO_2), relações carbono microbiano/nitrogênio microbiano (CM/NM), carbono microbiano/carbono orgânico total (CM/COT), nitrogênio microbiano/nitrogênio total (NM/NT) e carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT) (ANDERSON; DOMSCH, 1978; DOMSCH; INSAN, 1988; WARDLE; HUNGRIA, 1994).

As relações CM/COT e NM/NT expressam índices da qualidade nutricional da matéria orgânica. Nas circunstâncias em que a biomassa encontra-se sob algum fator de estresse, a capacidade de utilização do carbono e do nitrogênio é diminuída, tornando-se a biomassa incapaz de utilizar totalmente o nitrogênio e o carbono do solo. Nesse caso, a relação CM/COT e NM/NT diminui. Ao contrário, com a adição de matéria orgânica de fácil decomposição ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa microbiana pode aumentar rapidamente mesmo se os teores de carbono orgânico permanecerem inalterados (GAMA-RODRIGUES, 1999).

Durante o desenvolvimento do solo, essa relação, inicialmente é submentida a mudanças rápidas e, com o passar do tempo, converge para um valor de “equilíbrio” (DOMSCH; INSAN, 1988). Se esse valor for conhecido, a determinação

desta relação pode fornecer uma indicação sobre o quanto um solo está distante de seu “estado de equilíbrio” (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A taxa de respiração basal do solo consiste na medida de produção de CO₂ resultante da atividade metabólica de microrganismos no solo. A interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, uma vez que elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis: uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo perda de carbono orgânico total do solo para a atmosfera (PARKIN; DORAN; FRANCO-VIZCAINO, 1996).

Anderson e Domsch (1993) propuseram a determinação do qCO₂ (relação entre a quantidade de CO₂ produzido por unidade de biomassa microbiana e por unidade de tempo). À medida que determinada biomassa se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos. Assim, uma biomassa “eficiente” (<qCO₂) tem menor taxa de respiração em relação a uma biomassa “ineficiente” (>qCO₂). Um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (SAKAMOTO; OBO, 1994).

2.8 Biomassa e atividade microbiana em solos construídos

Dentre as atividades antrópicas que interferem no ambiente, a mineração é uma das que causa maior impacto nos ecossistemas, pois ocasiona profundas alterações nas propriedades físicas, químicas e principalmente na redução da atividade biológica do solo (FRANCO et al., 1994). Deste modo, as populações de organismos do solo e/ou os processos bioquímicos mediados pelos organismos do solo são indicadores potencialmente sensíveis às mudanças na qualidade do solo e indispensáveis ao monitoramento do processo de recuperação ambiental de áreas degradadas (JORDAN et al., 1995).

As atividades mineradoras promovem um forte impacto sobre o ambiente com conseqüências danosas para as comunidades vegetais e microbianas do solo (PFLEGER; STEWART; NOYD, 1994), de tal maneira que este ambiente alterado

não consegue retornar ao seu estado original, através de seus próprios meios naturais. Esses impactos precisam ser minimizados com a adoção de medidas intervencionistas que visem restabelecer as condições originais de equilíbrio desses ambientes degradados ou, na medida do possível, as mais próximas (MENDES, 2004).

O solo ao ser removido no processo de lavra a céu aberto provoca destruição da fauna e da flora local. A consequência imediata desta operação é a perda total da vida microbológica do solo e a redução da matéria orgânica presente no sistema radicular dos vegetais existentes nas áreas em questão, principalmente exposição à radiação solar (RIGOTTI, 2002).

A mineração afeta severamente a concentração do carbono e nitrogênio e da biomassa microbiana em solos construídos. O uso de gramíneas e de leguminosas fixadoras de nitrogênio, aliado a correção da fertilidade, são estratégias que aceleram a recuperação de áreas mineradas (CARNEIRO; SIQUEIRA; MOREIRA, 2003).

Quadro et al. (2005), em um trabalho realizado na área de mineração de carvão de Candiota, concluiu que a atividade microbiana em solos construídos é menor do que daqueles sob condições naturais e, em áreas pré-mineradas a atividade aumenta com o tempo de recuperação do solo.

Mulligan (1999), avaliando o sucesso da reabilitação de áreas de mineração de bauxita, constatou experimentalmente um aumento significativo na biomassa microbiana do solo quando ocorria a recolocação do horizonte superficial. A adoção desse manejo melhorou as características iniciais do solo, permitiu um maior aporte de matéria orgânica e o estabelecimento de um microclima mais favorável a um desenvolvimento futuro sustentável.

Mendes (2004), avaliando o potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano, constatou que na revegetação do rejeito de mineração de cassiterita é fundamental a adição de matéria orgânica, como fonte de N, P e outros nutrientes essenciais ao estabelecimento de uma microbiota e de uma comunidade de espécies vegetais diversificada. O emprego de leguminosas arbóreas, nodulíferas e de crescimento rápido mostrou ser o mais indicado para um estabelecimento sustentável e com baixo aporte de insumos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área

O estudo foi desenvolvido em uma área de mineração de carvão explorada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localizada no município de Candiota - RS, onde se encontra a maior área de mineração de carvão a céu aberto do país (Figura 1).

O município de Candiota localiza-se na região da Campanha do estado do Rio Grande do Sul, cujas coordenadas geográficas são: latitude sul 31,55° e longitude 53,67°.

3.2 Classificação e caracterização da área experimental

O solo natural da frente de mineração foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (NUNES, 2002), enquanto que, a área experimental caracteriza-se por uma camada inferior formada de materiais fragmentados de argilitos, folhelhos, folhelhos carbonosos e arenitos removidos por detonação da cobertura da camada de carvão. A camada superior (aproximadamente 20 – 30cm) é formada predominantemente de horizonte B, retirados anteriormente à extração do carvão de uma área adjacente, com a seguinte caracterização química determinada antes da adubação e da instalação das culturas: pH = 5,7; carbono orgânico total = 6,3g kg⁻¹; cálcio = 2,6cmol_c dm⁻³; magnésio = 2,1cmol_c dm⁻³; fósforo = 1,0mg dm⁻³; potássio = 27,3mg dm⁻³ e sódio = 11,6mg dm⁻³.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram instalados em parcelas de 20m² (4m x 5m) dispostos em um delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, onde foram avaliados os seguintes sistemas de culturas: T1 - Hemártria (*Hemarrhia altissima*), T2 - Tifton (*Cynodon dactylum*), T3 - Pensacola (*Paspalum lourai*), T4 - Consórcio Hemártria + Amendoim Forrageiro (*Arachis pinto*), T5 - Consórcio Tifton + Amendoim Forrageiro e T6 - Consórcio Pensacola + Amendoim Forrageiro (Figura 3).

Como tratamento controle ou comparativo aos tratamentos estudados utilizou-se amostras de um solo natural da frente de mineração. Este último pode ser considerado como o solo no estado imediatamente anterior à sua remoção, empilhamento e uso para a construção do solo no processo de recuperação da área minerada.

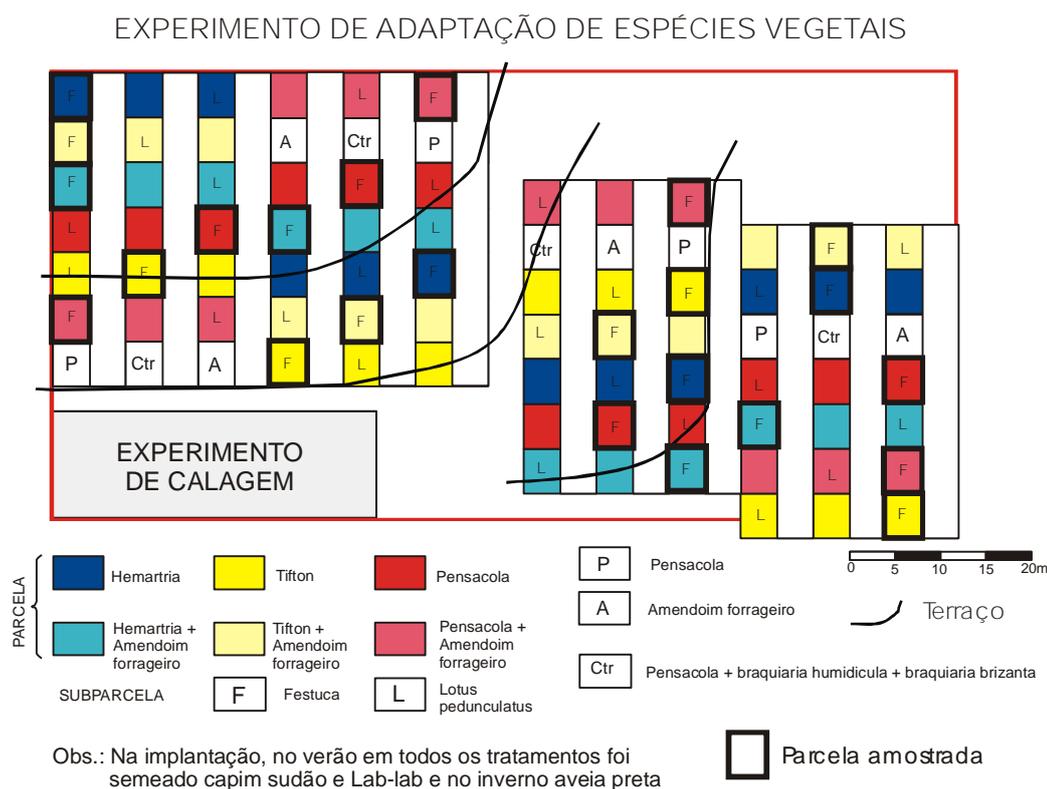


Figura 3 - Croqui da área experimental mostrando as parcelas onde foram coletadas as amostras.

3.4 Preparo da área experimental

O preparo da área experimental e a condução do experimento serão apresentados na tabela 1.

experimental e condução do experimento.

Antio/Semeadura	Adubação	Observações
		Amostragem da área experimental para posterior correção da acidez e adubação.
		Escarificação da área experimental (0,15m) e gradagem. Aplicação de 10,4t ha ⁻¹ de calcário.
	900kg ha ⁻¹ de N P K (fórmula 5-20-20).	Adubação em toda área.
Hemártria, Tifton e Amendoim forrageiro.		Espaçamento de 40cm entre linhas.
Amendoim		Espaçamento de 80cm entre linhas, 30cm entre covas e 3 a 4 sementes por cova em toda área.
Amendoim sudão (aveia de)		Semeado em toda a área na dose de 65g/parcela.
Pensacola e Amendoim forrageiro.		A Pensacola foi semeada a lanço nas parcelas isoladas 100g/parcela, e no consórcio com Amendoim forrageiro 80g/parcela.
Amendoim da Hemártria e Amendoim forrageiro.		
Amendoim do Tifton		
	20kg N por parcela.	Aplicado em cobertura, fonte sulfato de amônio.

Antio/Semeadura	Adubação	Observações
		Efeito de seca plantas pouco desenvolvidas e presença de lebres na área.
		Baixo desenvolvimento do Capim sudão devido ao final de seu ciclo e Lab lab comido pelas lebres.
		1ª coleta de matéria seca.
		1ª amostragem de solo na área experimental
ca	Em cobertura foi aplicado	50g/parcela.
preta (<i>Avena</i> <i>osa</i>)	1kg por parcela de 20m ² da fórmula 5-20-20.	25kg ha ⁻¹ (50g em 20m ²) em toda a área.
	50kg ha ⁻¹ de N	Em cobertura, fonte sulfato de amônia.
		2ª coleta de matéria seca.
		Corte da aveia em toda a área com roçadeira costal, palha sobre a superfície.
	Aplicação de N em cobertura 20kg ha ⁻¹ .	2ª amostragem de solo da área experimental
		Plantas pouco desenvolvidas devido a longo período de estiagem.
		Amostragem do solo natural.
		3ª coleta de matéria seca.
		3ª amostragem de solo da área experimental.

3.5 Coleta da Matéria Seca

A coleta de material para análise de matéria seca foi feita com quadros de 0,25m² (50 x 50cm), com duas repetições por parcela. O material coletado foi seco em estufa a 60°C e pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g.

3.6 Amostragens de solo

As amostragens de solo foram realizadas com uma pá de corte, retirando-se amostras de solo na profundidade de 0 a 5cm composta de 5 sub-amostras por parcelas.

3.7 Preparo das amostras de solo

As análises foram conduzidas nos Laboratórios de Microbiologia e de Química do Solo do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul. Uma parte do solo foi armazenada em sacos de polietileno sob refrigeração ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) para as análises microbiológicas. A outra parte foi seca em estufa (60°C) até a obtenção de massa constante para as análises químicas.

3.8 Análises químicas do solo

Para as determinações de condutividade elétrica, pH, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e sódio utilizaram-se metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl e os teores de carbono orgânico total pelo método Walkley - Black conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995), no entanto, para a determinação do carbono orgânico total, utilizando-se estufa a 100°C para o aquecimento durante o período de 10 minutos, ao invés de bico de Bunsen.

A relação COT/NT foi obtida pela equação:

$$COT / NT = \frac{mg\ COT}{mg\ NT}$$

3.9 Análises microbiológicas do solo

3.9.1 Biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana do solo foi determinada pelo método descrito por Vance, Brookes, e Jenkinson (1987), porém usando-se forno de microondas (2.450 MHz, Panasonic®, Modelo EM 9003B) por quatro minutos para eliminar os microrganismos. Este procedimento (irradiação - extração) foi sugerido em um estudo preliminar realizado por Ferreira, Camargo e Vidor (1999). Amostras equivalentes a 40g, a base de solo seco, foram retiradas de cada tratamento, em duplicata. Um grupo destas amostras, sem tratamento de irradiação foi colocado em frascos "snap-cap" de 100mL contendo 50mL de solução K_2SO_4 0,5mol L⁻¹. O outro grupo, destinado a irradiação da microbiota, foi colocado em placas de Petri esterilizadas e irradiadas por quatro minutos (2 x 2 min). Após, estas amostras foram transferidas para frascos "snap-cap" contendo a mesma solução K_2SO_4 0,5mol L⁻¹ anterior. Todas as amostras foram agitadas por trinta minutos em agitador horizontal com 60 oscilações por minuto. Após a decantação, pipetou-se o sobrenadante para outro frasco. Da solução pipetada foi retirada uma alíquota de 25mL para a determinação do carbono microbiano e outra de 5mL para a determinação de nitrogênio microbiano.

3.9.2 Carbono (CM) e nitrogênio (NM) da biomassa microbiana

O carbono foi determinado método Walkley - Black e o nitrogênio pelo método Kjeldahl conforme metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Para quantificação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana utilizaram-se as seguintes equações:

$$CM = \frac{Ci - Cni}{Kc}$$

Onde:

CM = Teor de carbono da biomassa microbiana do solo (mg kg^{-1});

C_i = Teor de carbono da amostra irradiada (mg kg^{-1});

C_{ni} = Teor de carbono da amostra não irradiada (mg kg^{-1});

K_c = 0,45 fator de correção proposto por Sparling e West (1988).

$$NM = \frac{Ni - Nni}{Kn}$$

Onde:

NM = Teor de nitrogênio da biomassa microbiana do solo (mg kg^{-1});

N_i = Teor de nitrogênio da amostra irradiada (mg kg^{-1});

N_{ni} = Teor de nitrogênio da amostra não irradiada (mg kg^{-1});

K_n = 0,54 fator de correção proposto por Brookes et al. (1985).

3.9.3 Respiração basal do solo

A respiração basal do solo foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO_2) liberado no processo de respiração microbiana, durante um período de incubação de 63 dias, conforme metodologia proposta por Stotzky (1965). Amostras equivalentes a 100g, a base de solo seco, foram retirados de cada tratamento e acondicionados em frascos de vidro com capacidade de 0,8L hermeticamente fechados. Cada frasco recebeu um copo de polietileno de 50mL contendo 20mL de NaOH 1mol L^{-1} para captar o CO_2 liberado pela microbiota do solo. O CO_2 foi determinado aos 13, 41 e 63 dias. Para isso adicionou-se 5mL de uma solução de BaCl_2 (25%) e 3 gotas de fenolftaleína (1%) em cada copo, titulou-se o excesso de NaOH com uma solução de HCl 1mol L^{-1} padronizada.

Após cada determinação, a solução de NaOH foi trocada por solução recém preparada. Como prova em branco, necessária a esta análise, foram instalados dois frascos contendo apenas a solução de NaOH.

O cálculo do C-CO₂ desprendido do solo foi calculado segundo a equação:

$$mg\ C-CO_2\ 100g^{-1}\ solo = (VPB - VA) \times M\ \acute{a}cido \times Eq.\ C-CO_2 \times FC$$

Onde:

VPB = volume de HCl gasto na prova em branco (mL);

VA = volume de HCl gasto na titulação do NaOH que recebeu o CO₂ desprendido do solo (mL);

M ácido = concentração de HCl 1 mol L⁻¹;

Eq. C-CO₂ = Equivalente grama do C-CO₂ = 6g;

FC = Fator de correção (concentração do ácido/concentração da base) = 1,0.

3.9.4 Quociente metabólico (qCO₂)

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (PIRT, 1975; ANDERSON; DOMSCH, 1978).

Cálculo:

$$(qCO_2) = \frac{\mu g\ CO_2\ h^{-1}\ g^{-1}\ de\ solo}{\mu g\ C_{mic}\ g^{-1}\ de\ solo}$$

3.9.5 Relação CM/COT

A relação CM/COT expressa em porcentagem, foi obtida pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo. Segundo a equação:

Cálculo:

$$CM/COT\ (\%) = \frac{mg\ C_{mic}\ Kg^{-1}\ de\ solo \times 100}{mg\ C_{total}\ kg^{-1}\ de\ solo}$$

3.9.6 Relação NM/NT

A relação NM/NT expressa em porcentagem, foi obtida pela razão entre o nitrogênio da biomassa microbiana e o nitrogênio total do solo. Segundo a equação:

Cálculo:

$$NM/NT (\%) = \frac{mg N_{mic} kg^{-1} de solo}{mg N_{total} kg^{-1} de solo} \times 100$$

3.9.7 Relação CM/NM

A relação CM/NM foi obtida pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o nitrogênio da biomassa microbiana. Segundo a equação:

Cálculo:

$$CM / NM = \frac{mg C_{mic} kg^{-1} solo}{mg N_{mic} kg^{-1} solo}$$

3.10 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Duncan a 5% de significância, utilizando o programa Winstat - Sistema de Análise Estatística para Windows, desenvolvido pelo Núcleo de Informática da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do solo natural

O solo natural apresentou a seguinte caracterização química e microbiológica: COT = 30,1g kg⁻¹; NT = 2,2g kg⁻¹; CM = 214,2mg kg⁻¹; NM = 19,2mg kg⁻¹; relação COT/NT = 13,6; relação CM/COT = 0,72%; relação NM/NT = 0,90%; relação CM/NM = 12,6; qCO₂ = 3,6x10⁻³; condutividade elétrica (C.E.) = 0,059mS cm⁻¹; pH = 5,6; cálcio = 7,6cmol_c dm⁻³; magnésio = 1,9cmol_c dm⁻³; fósforo = 4,1mg dm⁻³; potássio = 362,5mg dm⁻³ e sódio = 10,9mg dm⁻³.

A respiração basal do solo natural foi mais intensa nos primeiros 13 dias de incubação, apresentando nos dias seguintes uma diminuição na taxa de liberação de CO₂ até o período final de incubação (Figura 4).

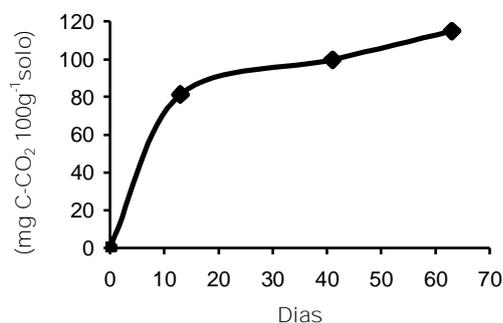


Figura 4 – Liberação acumulada de CO₂ do solo natural durante período de incubação de 63 dias.

4.2 Rendimento de matéria seca das culturas

Na amostragem de abril de 2004, a maior produção de matéria seca foi observada no tratamento com Hemártria, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 2). A produção de matéria seca obtida com o cultivo isolado desta cultura foi, em média, 57% superior às demais culturas e consórcios estudados.

Tabela 2 - Matéria seca aérea em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Abril/2004	Setembro/2004	Maio/2005
	Mg ha⁻¹		
Hemártria	3,30 a	2,73 a	3,13 a
Tifton	2,26 b	2,94 a	2,57 a
Pensacola	1,71 b	2,41 a	1,89 a
Hemártria + Amendoim forrageiro	2,15 b	2,73 a	3,06 a
Tifton + Amendoim forrageiro	2,32 b	2,74 a	2,13 a
Pensacola + Amendoim forrageiro	2,09 b	3,21 a	1,48 a
CV (%)	20,4	28,8	42,2

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Segundo Moraes (1995), a produção de matéria seca de Hemártria varia de 3 a 14Mg ha⁻¹, havendo um aumento de produção quando as temperaturas são mais elevadas, fato que pode ter contribuído para a produção de matéria seca na amostragem de abril de 2004, que permaneceu dentro da faixa normal da cultura, o que não ocorreu na amostragem de setembro de 2004. Já na amostragem de maio de 2005, os tratamentos com Hemártria e Hemártria + Amendoim forrageiro apresentaram o maior rendimento de matéria seca, mesmo não havendo diferenças estatísticas entre o conjunto de tratamentos.

Os tratamentos com Tifton e Tifton + Amendoim forrageiro nos três períodos amostrados apresentaram uma faixa de produção de matéria seca entre 2,13 e 2,94Mg ha⁻¹. Esta produtividade é semelhante a obtida por Menegatti et al. (2002), em um experimento de campo, com Tifton e sem acréscimo de nitrogênio. Esses

autores observaram, entretanto, um potencial de produção desta cultura de 4,18Mg ha⁻¹ com aplicação de 400Kg ha⁻¹ de nitrogênio.

A produção de matéria seca nos tratamentos com Pensacola e Pensacola + Amendoim forrageiro foi maior na amostragem de setembro de 2004, apresentando uma produção de 2,41 e 3,21Mg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 2). Segundo Moraes (1995), a produção de matéria seca de Pensacola varia de 8 a 10Mg ha⁻¹ ano⁻¹, valores bastante superiores aos verificados no presente estudo, tanto para os tratamentos com Pensacola e Pensacola + Amendoim forrageiro.

Os valores de produção de matéria seca obtidos neste trabalho foram inferiores aos encontrados na literatura. Mesmo assim, observou-se que o cultivo da Hemária e Hemária + Amendoim forrageiro apresentaram um leve aumento de produtividade, com o tempo de cultivo nas amostragens realizadas (Figura 5).

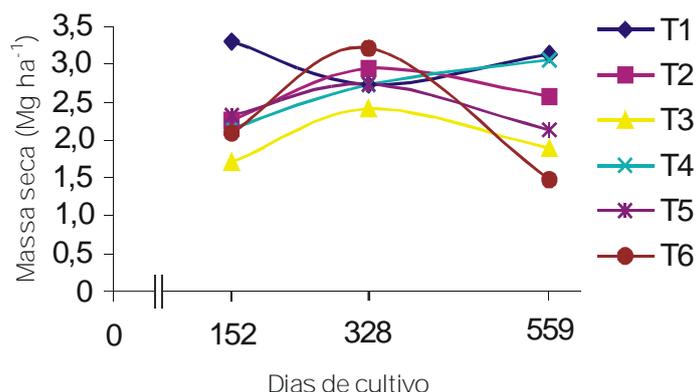


Figura 5 – Matéria seca aérea nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro e T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro.

4.3 Alterações químicas no solo

4.3.1 pH

A análise inicial do solo apresentou pH 5,7 com uma elevação a valores superiores a 7,0 nos três períodos amostrados, decorrente da aplicação de calcário antes da instalação das culturas (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de pH em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
Hemária	7,4 a	7,4 a	7,4 a
Tifton	7,4 a	7,3 a	7,2 a
Pensacola	7,3 a	7,3 a	7,4 a
Hemária + Amendoim forrageiro	7,4 a	7,4 a	7,3 a
Tifton + Amendoim forrageiro	7,4 a	7,4 a	7,2 a
Pensacola + Amendoim forrageiro	7,3 a	7,3 a	7,0 a
CV (%)	1,9	1,6	4,3

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Diferenças estatísticas não foram verificadas nos valores de pH entre os tratamentos nos três períodos amostrados, provavelmente em função do pouco tempo de instalação do experimento. A calagem apresenta um efeito residual de mais ou menos cinco anos, sendo que, após quatro anos o pH passa a diminuir devido à lixiviação natural dos cátions e as reações acidificantes do solo (ANGHINONI; BISSANI, 2004b). Mesmo que estivessem ocorrendo reações de acidificação com relação à pirita, este período de tempo seria insuficiente para ser encontradas diferenças. Já em um trabalho realizado por Campos, Almeida e Santos, (2003) no município de Lauro Müller - SC com três solos construídos em área de mineração de carvão, dois construídos em 1996 e um em 1983, os valores de pH encontrados ficaram na média de 3,5 e 4,5 para as camadas de 0-10cm. Esses valores de pH resultaram do intenso processo de acidificação da pirita, decorrente da grande exposição de resíduos de carvão piritoso por longo tempo.

De modo geral, observou-se um leve decréscimo nos valores de pH da primeira para a terceira amostragem, no tratamento com Pensacola + Amendoim Forrageiro, provavelmente devido a lixiviação e/ou absorção de cátions básicos pelas plantas (Figura 6).

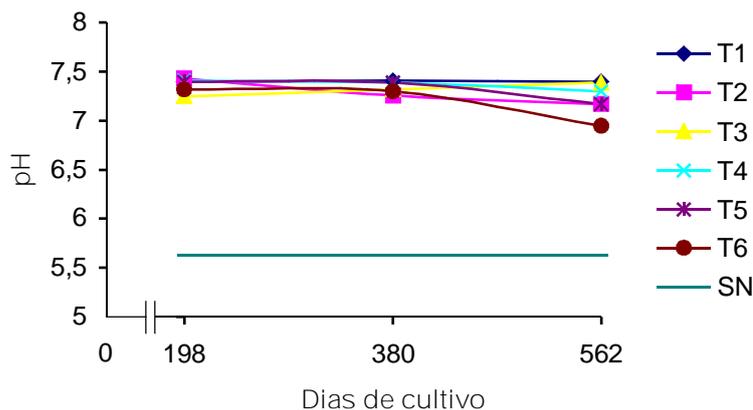


Figura 6 - pH nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.3.2 Cálcio trocável

A aplicação de calcário para correção da acidez, em todos os tratamentos, elevou os teores de cálcio de $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teor inicial do solo reposto na área, para uma faixa que variou de $9,2$ a $14,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teores considerados “altos” pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) (Tabela 4). Teores de $3,9$ e $2,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca, respectivamente, foram encontrados por Santos et al. (2004) em um trabalho realizado em duas áreas de solo construído em Candiota, uma com um ano de recuperação e outra com seis anos, onde foi aplicado calcário e feita uma adubação com NPK antes do estabelecimento da cobertura vegetal.

Nota - se que o tratamento com Hemária + Amendoim Forrageiro na amostragem de maio de 2004, Tifton e Pensacola + Amendoim Forrageiro na amostragem de novembro de 2004 foram estatisticamente inferiores aos demais tratamentos, já na amostragem de maio de 2005 não foi observado diferença.

A amostragem efetuada 380 dias após a implantação das culturas manteve os teores de cálcio mais baixos e mais próximos do solo natural (Figura 7).

Tabela 4 - Teores de cálcio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
Hemártria	14,5 a	10,2 a	14,6 a
Tifton	13,9 ab	9,2 b	13,8 a
Pensacola	13,9 ab	9,7 ab	14,5 a
Hemártria + Amendoim forrageiro	13,6 b	9,7 ab	13,9 a
Tifton + Amendoim forrageiro	14,2 ab	9,8 ab	13,9 a
Pensacola + Amendoim forrageiro	13,8 ab	9,3 b	13,8 a
CV (%)	3,2	5,1	8,7

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

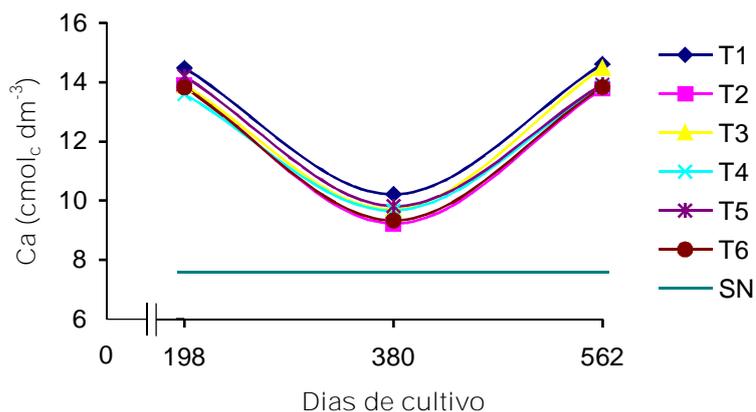


Figura 7 - Cálcio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.3.3 Magnésio trocável

A aplicação de calcário também aumentou os teores de Magnésio do solo entre os tratamentos. Os valores variaram de 3,3 a 4,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que, o solo antes da instalação do experimento apresentou teor de 2,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e o solo natural 1,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, todos eles sendo classificados como teores “altos” pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) (Tabela 5).

Tabela 5 - Teores de magnésio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
Hemártria	3,5 a	3,9 a	3,6 a
Tifton	3,6 a	3,9 a	3,5 ab
Pensacola	3,7 a	3,9 a	3,6 ab
Hemártria + Amendoim forrageiro	3,4 a	4,1 a	3,7 a
Tifton + Amendoim forrageiro	3,5 a	3,9 a	3,3 b
Pensacola + Amendoim forrageiro	3,4 a	3,9 a	3,5 ab
CV (%)	6,6	4,4	4,8

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Santos et al. (2004) encontrou valores de 1,9 e 1,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para áreas de solo construído em Candiota com um e seis anos de recuperação, respectivamente. Já Kämpf et al. (2000) encontrou valores de 3,1; 3,2 e 15,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para solos com dois, cinco e quinze anos de recuperação na Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí.

Nos períodos de amostragem de maio e novembro de 2004 os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas quanto aos teores de magnésio (Tabela 5). Na amostragem de maio de 2005 o tratamento com Tifton + Amendoim forrageiro foi estatisticamente inferior aos demais tratamentos.

Ao contrário do que foi observado com o cálcio, a amostragem aos 380 dias de implantação, de um modo geral, apresentou teores de magnésio mais elevados em comparação as demais amostragens e ao solo natural (Figura 8).

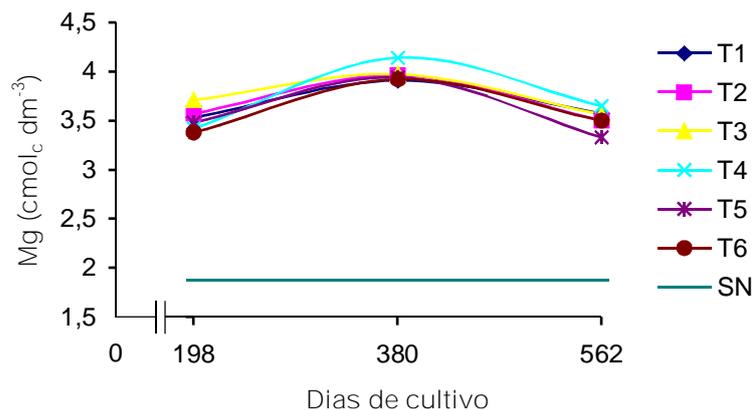


Figura 8 - Magnésio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.3.4 - Fósforo disponível

As adubações com NPK realizadas cerca de seis meses antes das amostragens de maio e de novembro de 2004 acarretaram aumentos nos teores de fósforo em todos os tratamentos (Tabela 6), quando comparados ao teor inicial do solo de reposição ($1,0\text{mg dm}^{-3}$). Na última amostragem, observou-se um decréscimo de fósforo devido à provável absorção de nutrientes pelas plantas e ao elevado valor de pH ($>7,0$), o que possivelmente pode ter causado a precipitação do fósforo em fosfato de cálcio e conseqüente diminuição de seus teores (ANGHINONI; BISSANI, 2004a), ficando próximo ao valor observado no solo natural (Figura 9).

Os teores de Fósforo, observados nos tratamentos Tifton + Amendoim forrageiro e Pensacola + Amendoim forrageiro, na primeira amostragem efetuada, foram estatisticamente inferiores aos demais sendo, entretanto, considerados “altos” pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Na amostragem seguinte, foram encontrados os maiores teores de fósforo, classificados como “muito altos”, sendo apenas o tratamento com Hemária superior estatisticamente.

Na amostragem de maio de 2005, apesar de não haver diferenças estatísticas devido ao alto coeficiente de variação (91,6%), o tratamento com Hemária permaneceu com valor superior aos demais (Tabela 6). Os teores nesse tratamento, bem como nos tratamentos com Tifton, Hemária + Amendoim forrageiro, Tifton + Amendoim forrageiro e Pensacola + Amendoim forrageiro, que anteriormente foram considerados teores “muito altos” pela Comissão de Química e

Fertilidade do Solo (2004), passaram para a faixa de teores “médios”, enquanto que, o tratamento com Pensacola apresentou um teor “muito baixo”. Teores de fósforo semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2004).

Tabela 6 - Teores de fósforo disponível em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	mg dm ⁻³		
Hemártria	25,6 a	122,5 a	13,7 a
Tifton	22,7 a	74,2 b	6,2 a
Pensacola	22,6 a	52,1 b	2,6 a
Hemártria + Amendoim forrageiro	26,0 a	77,5 b	7,8 a
Tifton + Amendoim forrageiro	13,0 b	69,8 b	8,4 a
Pensacola + Amendoim forrageiro	14,4 b	60,6 b	6,9 a
CV (%)	13,0	33,3	91,6

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

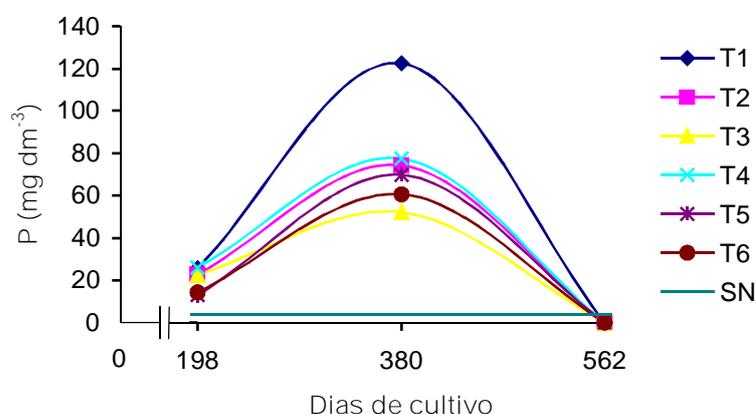


Figura 9 - Fósforo disponível nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Outro fator que pode ter influenciado no decréscimo nos teores de fósforo foi o fato do solo utilizado para recuperação desta área ser proveniente de um horizonte B, argiloso (coloração avermelhada) e, possivelmente, contendo óxidos e hidróxidos de ferro que apresenta maior afinidade de retenção do fósforo em suas superfícies do que os argilominerais (ANGHINONI; BISSANI, 2004a). Também, deve ser

considerado a não realização da adubação com fósforo seis meses antes como nas outras amostragens (Tabela 1). Dessa forma, o fósforo adicionado passou a ser adsorvido especificamente pelos colóides do solo.

4.3.5 - Potássio disponível

A análise inicial do solo, antes da instalação do experimento apresentou teor de potássio igual a 27,3mg dm⁻³. O aumento observado nos três períodos amostrados se deve a correção realizada antes da instalação das culturas (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores de potássio disponível em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	mg dm ⁻³		
Hemártria	49,8 d	167,2 a	174,7 a
Tifton	137,7 a	191,6 a	146,6 ab
Pensacola	99,8 b	167,2 a	121,6 b
Hemártria + Amendoim forrageiro	107,7 b	182,1 a	157,3 ab
Tifton + Amendoim forrageiro	74,7 c	162,5 a	158,1 ab
Pensacola + Amendoim forrageiro	111,4 b	191,2 a	120,3 b
CV (%)	11,0	21,3	19,9

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os teores de potássio observados em todos os tratamentos após 198 dias de implantação do estudo foram inferiores aos teores observados após 380 e 562 dias. Considerando a média dos teores em cada amostragem realizada, esses valores representaram 27, 49 e 40% maior do teor observado no solo natural, respectivamente (Figura 10).

A variação dos teores de potássio observados na amostragem de maio de 2004, possivelmente se deva à variabilidade espacial da área na fase inicial do experimento, além da extração inicial de nutrientes pelas coberturas vegetais, que pode também ter contribuído para essa diferença. Como exemplo, o tratamento com

Hemártria que apresentou o menor teor de K e obteve a maior produção de matéria seca observada (Tabelas 7 e 2).

O aumento do teor de K observado na segunda amostragem é decorrente de uma adubação realizada aos 205 dias de cultivo, este aumento também pode estar relacionado à adição via matéria seca através do corte da aveia realizado aos 345 dias de cultivo.

O tratamento com Hemártria, que foi inferior aos demais na primeira amostragem realizada, apresentou um aumento no teor de potássio nas amostragens seguintes de 70 e 71%.

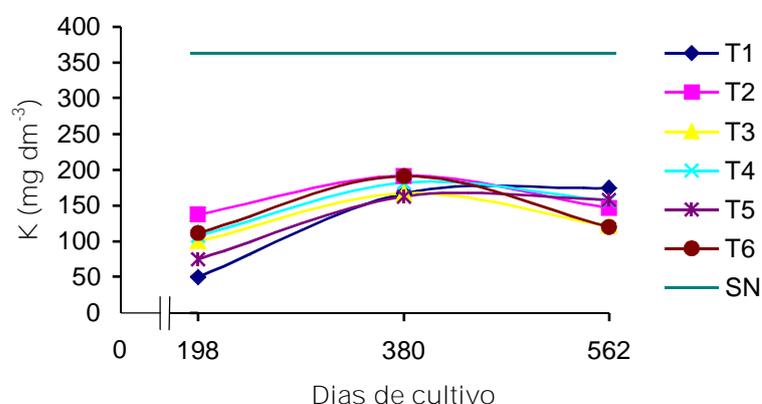


Figura 10 - Potássio disponível nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Santos et al. (2004) encontrou valores de 27,7; 98,6 e 140,4mg dm⁻³ de potássio para área de mineração recém construída (apenas com cobertura de terra vegetal), solo construído com um ano e solo construído com seis anos (onde receberam calagem e adubação com NPK antes do estabelecimento da cobertura vegetal), respectivamente. Comparando-se com os valores encontrados neste trabalho, observa-se que os teores de K podem aumentar com o tempo de recuperação do solo, apesar dos teores verificados nos diferentes cultivos e amostragens estarem distantes dos teores de potássio do solo natural (Figura 10).

4.3.6 - Sódio trocável

Os valores mais elevados de sódio trocável foram observados na primeira amostragem, havendo nas amostragens seguintes um decréscimo significativo (Figura 11). Esses valores elevados podem estar relacionados à adubação realizada um dia antes do plantio e da semeadura das culturas, tendo em vista, que o fertilizante utilizado possa fornecer sódio, como por exemplo, fertilizantes produzidos através do mineral silvinita tendo em sua composição mistura de KCl e NaCl (ROBERTS, 2004). A diminuição observada nas amostragens seguintes se deve à calagem, pois o cálcio adicionado é mais fortemente adsorvido às partículas do solo do que o sódio o qual é facilmente removido por lixiviação (BISSANI; GIASSON; CAMARGO, 2004).

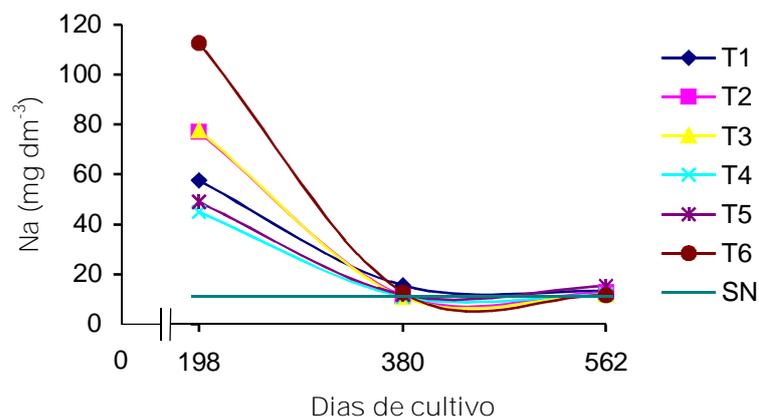


Figura 11 - Sódio trocável nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Na amostragem de novembro os tratamentos que apresentaram diferenças estatísticas superiores de sódio foram com Hemártria e Pensacola + Amendoim forrageiro (Tabela 8).

Kampf et al. (2000) encontrou teores semelhantes de sódio aos encontrados neste trabalho para solos com dois, cinco e quinze anos de recuperação na Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí com 48,1; 20,6 e 64,1mg. dm⁻³, respectivamente.

Os valores de sódio trocável obtidos aos 380 e 562 dias de cultivo foram os que mais se aproximaram das condições do solo natural, o que pode ser observado na Figura 11.

Tabela 8 - Teores de sódio trocável em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	mg dm^{-3}		
Hemártria	57,5 bc	15,5 a	13,3 A
Tifton	77,0 b	11,4 b	12,8 A
Pensacola	77,6 b	10,9 b	12,0 A
Hemártria + Amendoim forrageiro	45,0 c	11,0 b	12,0 A
Tifton + Amendoim forrageiro	49,0 c	11,9 b	15,2 A
Pensacola + Amendoim forrageiro	112,7 a	12,8 ab	11,6 A
CV (%)	20,9	17,2	28,2

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4.3.7 - Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica, de um modo geral, permaneceram abaixo de 2mS cm^{-1} , valor máximo proposto por Daker (1970) para solos sem problemas de alcalinidade (Tabela 9 e Figura 12).

Tabela 9 - Valores de condutividade elétrica em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	mS cm^{-1}		
Hemártria	0,085 a	0,110 a	0,052 b
Tifton	0,077 a	0,104 a	0,063 ab
Pensacola	0,076 a	0,104 a	0,061 ab
Hemártria + Amendoim forrageiro	0,080 a	0,091 a	0,048 b
Tifton + Amendoim forrageiro	0,088 a	0,105 a	0,055 b
Pensacola + Amendoim forrageiro	0,085 a	0,116 a	0,094 A
CV (%)	10,0	19,0	35,1

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

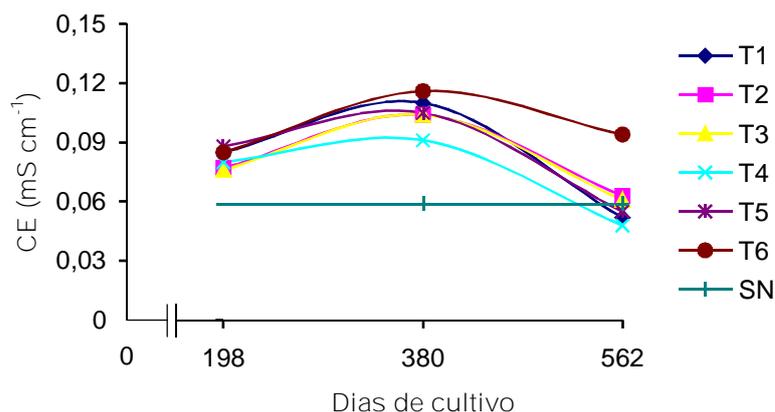


Figura 12 - Condutividade elétrica (mS cm^{-1}) nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Os valores de condutividade elétrica nas amostragens de maio e novembro de 2004 não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo os valores mais elevados observados aos 380 dias de cultivo, variando de $0,091 \text{ mS cm}^{-1}$ a $0,116 \text{ mS cm}^{-1}$, esses valores nas duas primeiras amostragens são proporcionais a quantidade de eletrólitos em solução refletindo a calagem e principalmente as adubações realizadas (Tabela 1), entretanto, aos 562 dias de cultivo, os valores de condutividade elétrica foram inferiores aos observados nas amostragens anteriores, apresentando diferença estatística e principalmente o fato de alguns tratamentos terem sido inferiores aos observados no solo natural refletindo a diminuição do efeito da adubação.

Na avaliação efetuada em maio de 2005 o valor mais elevado foi observado no tratamento com Pensacola + Amendoim forrageiro e os menores valores para os tratamentos com Hemária, Hemária + Amendoim forrageiro e Tifton + Amendoim forrageiro.

4.3.8 - Carbono orgânico total

Os diferentes cultivos estudados provocaram pequenas variações nos teores de carbono orgânico total do solo nas três amostragens avaliadas, cujos valores variaram entre $6,7$ e $8,2 \text{ g Kg}^{-1}$ (Tabela 10). Essa faixa de valores é considerada “baixa” pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) e está distante do teor de carbono do solo natural que é 30 g Kg^{-1} (Figura 13). Evidencia-se

a necessidade de uma maior incorporação de massa vegetal e conseqüente aporte de carbono ao longo do tempo nos solos construídos, para que haja uma maior aproximação aos teores originais de carbono do solo.

Santos et al. (2004) encontrou teores de carbono orgânico total de 15,7 e 12,0 em dois solos construídos na área de mineração de Candiota, respectivamente, com um ano e seis anos, teores estes superiores aos observados neste trabalho para o solo com um ano de construção.

Segundo Carneiro, Siqueira e Moreira (2003) durante o processo de lavra a camada de solo fértil sofre oxidação da matéria orgânica e, como conseqüência, a perda de carbono e nutrientes. Além disso, na construção destas áreas, o solo fértil é removido e misturado com o horizonte B e C, causando diluição na matéria orgânica remanescente.

Tabela 10 - Teores de carbono orgânico total em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	(g kg ⁻¹)		
Hemártria	7,48 ab	8,17 a	7,58 A
Tifton	6,73 b	7,83 a	7,40 A
Pensacola	8,03 a	7,54 a	7,25 A
Hemártria + Amendoim forrageiro	7,41 ab	7,43 a	7,52 A
Tifton + Amendoim forrageiro	7,27 ab	7,89 a	7,73 A
Pensacola + Amendoim forrageiro	7,31 ab	7,88 a	7,64 A
CV (%)	9,0	10,8	8,4

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

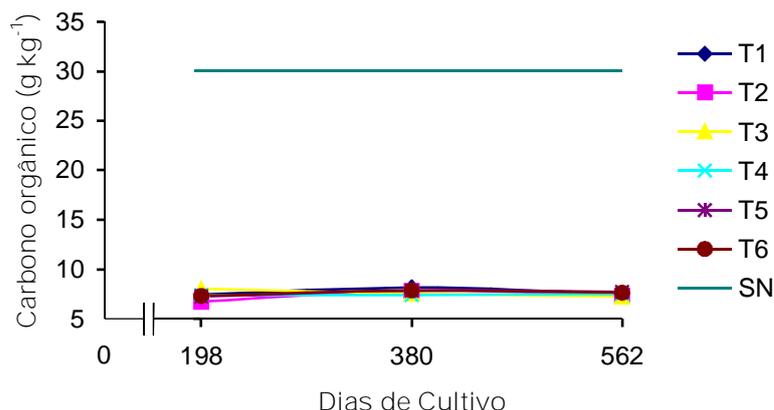


Figura 13 - Carbono orgânico total nos três períodos de amostragem (dias) em um solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.3.9 - Nitrogênio total

Mesmo considerando o aporte de Nitrogênio mineral, via adubação em todos os tratamentos, os teores de nitrogênio total, de um modo geral, foram inferiores ao teor do solo natural, não ocorrendo efeito significativo nos tratamentos estudados. Mesmo assim, percebe-se na Figura 14 e na Tabela 11 uma tendência de aumento nos teores de nitrogênio total ao longo do tempo. Neste sentido, os valores observados na 1ª, 2ª e 3ª amostragens, em média, equivaleram a 13, 29 e 32% do teor de nitrogênio total do solo nas condições naturais, respectivamente.

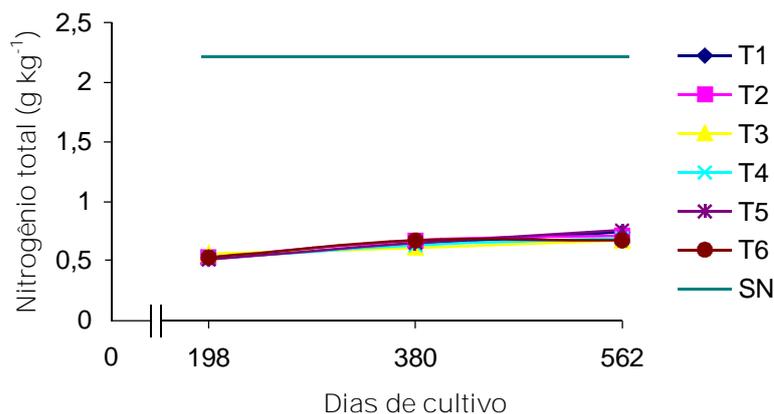


Figura 14 - Nitrogênio total nos três períodos de amostragem (dias) em um solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

A possibilidade de um aumento nos teores de nitrogênio total com a intensificação dos cultivos na área em recuperação é demonstrada pela correlação

linear positiva (Apêndices T e U) entre esses teores e a matéria seca produzida nos diferentes tratamentos com um $R^2 = 0,84$.

Tabela 11 - Teores de nitrogênio total em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	g kg^{-1}		
Hemártria	0,52 a	0,64 a	0,74 A
Tifton	0,53 a	0,67 a	0,71 A
Pensacola	0,56 a	0,61 a	0,67 A
Hemártria + Amendoim forrageiro	0,52 a	0,63 a	0,69 A
Tifton + Amendoim forrageiro	0,51 a	0,65 a	0,76 A
Pensacola + Amendoim forrageiro	0,53 a	0,67 a	0,67 A
CV (%)	11,0	10,8	9,4

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4.4 - Alterações na biomassa microbiana

4.4.1 - Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana

A biomassa microbiana constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica do solo e seus valores são bastante sensíveis. Em razão desta foi observado um alto coeficiente de variação entre os diferentes dados nas três amostragens, com conseqüente ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 12).

Na amostragem de maio de 2004 foi observada uma correlação linear positiva, entre o carbono da biomassa microbiana e a matéria seca produzida apresentando um $R^2 = 0,71$ (Apêndice S). Esta relação pode ser observada no tratamento com Hemártria que apresentou a maior produção de matéria seca (Tabela 2) e o maior teor de carbono da biomassa (Tabela 12).

Tabela 12 - Teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Trat.	Amostragens					
	Maio	Nov.	Maio	Maio	Nov.	Maio
	2004	2004	2005	2004	2004	2005
	CM (mg kg ⁻¹)			NM (mg kg ⁻¹)		
T1	106,1 a	232,7 a	92,7 a	7,29 a	4,91 a	5,73 a
T2	70,2 a	237,4 a	94,5 a	4,86 a	5,73 a	7,37 a
T3	66,6 a	236,2 a	90,0 a	6,48 a	5,32 a	6,14 a
T4	91,5 a	131,8 a	85,3 a	6,48 a	4,91 a	6,55 a
T5	76,5 a	274,8 a	89,6 a	5,67 a	6,14 a	6,14 a
T6	77,4 a	188,7 a	73,1 a	7,29 a	7,36 a	6,96 a
CV (%)	45,6	45,5	38,3	57,7	30,3	51,7 57,7

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de carbono da biomassa microbiana foram observados na amostragem de novembro de 2004, com variações de 131,8 a 274,8mg kg⁻¹. Este fato deve-se ao aporte de material orgânico devido ao corte da aveia que foi realizado um mês antes desta amostragem. Em face disto, houve uma maior acumulação de carbono pela biomassa microbiana e uma melhoria nas condições de desenvolvimento da microbiota, permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade. Nesta amostragem, também, foi observada uma correlação linear positiva entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total apresentando um $R^2 = 0,62$ (Apêndice A1). Alguns cultivos estudados como Tifton, Pensacola e Tifton + Amendoin forrageiro também apresentaram um acúmulo de carbono na biomassa microbiana superior ao do solo natural (Figura 15).

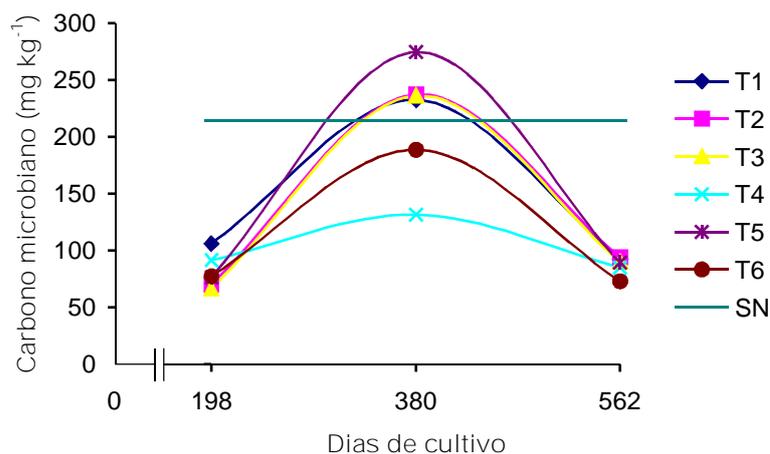


Figura 15 - Carbono da biomassa microbiana nos três períodos de amostragem (dias) em um solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Mendoza et al. (2002), em um experimento conduzido em solo construído após mineração de carvão a céu aberto, no município de Lauro Müller (SC), encontraram teor de $159,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ de carbono da biomassa microbiana, valor semelhante aos observados na amostragem de novembro de 2004 (Tabela 12). Entretanto, Silveira; Melloni e Melloni (2006) em um estudo realizado em uma área revegetada com espécies rasteiras e arbustivas com dois anos de recuperação, localizada em Itajubá, sul de Minas Gerais, encontraram teor de carbono microbiano de $22,6 \text{ mg Kg}^{-1}$, valor inferior aos encontrados neste trabalho.

A manutenção das características biológicas nos agrossistemas depende dos processos de transformação do material orgânico incorporado ao solo. Até o presente momento, as variações nas três épocas de amostragem e nos diferentes tratamentos não permitem a determinação do melhor cultivo nos solos construídos, visando a equiparação dos teores de carbono no solo natural.

Os teores de nitrogênio da biomassa microbiana variaram de 4,86 e $7,37 \text{ mg kg}^{-1}$ entre os tratamentos nos três períodos amostrados e também não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 12).

Algumas correlações lineares significativas foram determinadas entre essa variável e a matéria seca produzida pelas plantas, após 380 dias da implantação e com os teores de nitrogênio total após 562 dias, apresentado coeficientes R^2 de 0,55 e 0,45, respectivamente (Apêndices X e C1).

Constatou-se que a variação apresentada pelos teores de nitrogênio da biomassa microbiana, ao longo do tempo, foram menores que a verificada pelos teores de carbono e, diferentemente deste, nenhum tratamento atingiu o valor observado no solo natural (Figura 16). Pela média de todas as observações efetuadas, os teores de nitrogênio da biomassa microbiana representaram 33% menor do valor presente no solo natural da área.

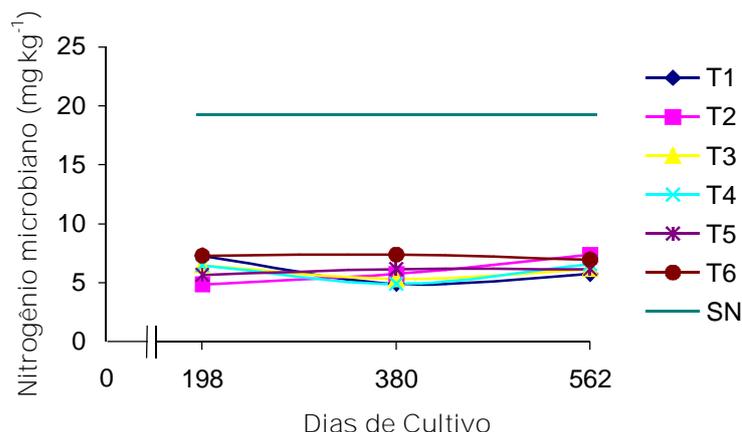


Figura 16 - Nitrogênio da biomassa microbiana nos três períodos de amostragem (dias) em um solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.5 - Relações químicas e biológicas

As relações COT/NT, CM/NM, CM/COT e NM/NT, foram outras variáveis utilizadas para verificar as alterações da biomassa microbiana após a instalação do experimento (Tabela 13).

A relação COT/NT não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos nos três períodos amostrados, variando de 10,3 a 14,9. A não observação de diferenças da relação COT/NT deve-se as variações semelhantes no COT e NT verificados nos tratamentos analisados. Ao longo do tempo, entretanto, esta relação apresentou um declínio (Figura 17) em decorrência do aumento observado nos teores de nitrogênio total da primeira para última amostragem (Figura 14).

Tabela 13 – Relação COT/NT, CM/NM, CM/COT e NM/NT em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Trat.	Amostragens					
	Maio	Nov.	Maio	Maio	Nov.	Maio
	2004	2004	2005	2004	2004	2005
	COT/NT			CM/NM		
T1	14,8 a	12,7 a	10,3 a	24,7 a	46,6 a	16,0 a
T2	13,2 a	11,8 a	10,4 a	15,2 a	50,7 a	15,0 a
T3	14,6 a	12,5 a	10,8 a	12,2 a	50,7 a	21,7 a
T4	14,6 a	11,9 a	11,0 a	16,8 a	27,0 a	14,1 a
T5	14,9 a	12,1 a	10,4 a	16,5 a	41,3 a	17,0 a
T6	14,4 a	11,8 a	11,4 a	14,3 a	33,8 a	10,2 a
CV (%)	8,9	8,9	10,5	81,1	70,3	55,2
	CM/COT (%)			NM/NT (%)		
T1	1,47 a	3,31 a	1,27 a	1,35 a	0,78 a	0,78 a
T2	1,06 a	3,13 a	1,34 a	0,91 a	0,86 a	1,08 a
T3	0,84 a	3,15 a	1,27 a	1,13 a	0,86 a	0,91 a
T4	1,22 a	1,83 a	1,13 a	1,29 a	0,80 a	0,95 a
T5	1,07 a	3,69 a	1,16 a	1,19 a	0,95 a	0,83 a
T6	1,08 a	2,43 a	0,94 a	1,36 a	1,15 a	1,01 a
CV (%)	43,0	56,9	40,4	50,8	34,7	53,2

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

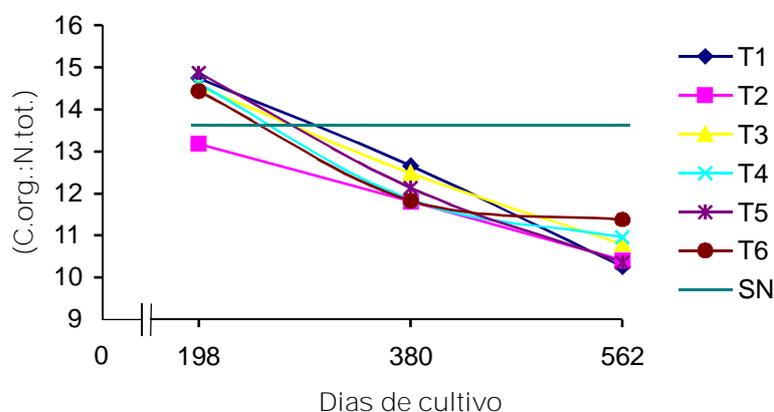


Figura 17 - Relação COT/NT nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo

T1 = Hemátria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemátria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Em relação aos valores de CM/NM também não se verificou diferenças estatísticas entre os cultivos estudados em decorrência do elevado coeficiente de variação, inerente a este tipo de análise. Mesmo assim, os maiores valores foram encontrados na amostragem realizada aos 380 dias após a implantação das culturas (novembro de 2004), destacando-se os tratamentos com Tifton e Pensacola. De um modo geral, os valores CM/NM desta amostragem foram também superiores aos do solo natural (Figura 18).

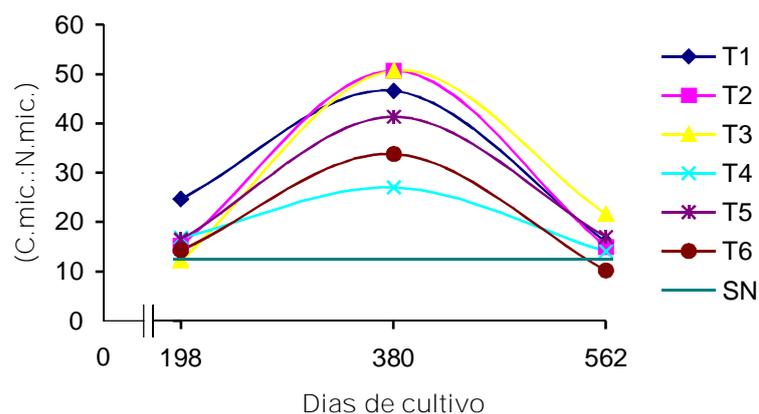


Figura 18 - Relação CM/NM nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemátria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemátria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

As relações CM/COT e NM/NT, também não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos nos três períodos amostrados (Tabela 13). Os resultados observados para as relações CM/COT variaram de 0,84 a 3,69%, e para as relações NM/NT determinaram-se variações de 0,78 a 1,36% nos três períodos, concordando com Stevenson (1994) que cita valores de 1 a 3% para solos agrícolas.

As relações CM/COT e NM/NT, fornecem uma medida da qualidade da matéria orgânica. Em circunstâncias em que a biomassa encontra-se sob algum fator de estresse, a capacidade de utilização do carbono e do nitrogênio é diminuída. Nesse caso, a relação CM/COT e NM/NT diminui. Ao contrário, com a adição de matéria orgânica de boa qualidade ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa microbiana pode aumentar rapidamente (>CM/COT e >NM/NT), mesmo que, os teores de carbono orgânico permanecerem inalterados (GAMA-RODRIGUES, 1999).

Os valores observados para CM/COT e NM/NT, superiores a um no presente estudo, indicam que a matéria orgânica do solo possui boa qualidade

nutricional, tornando disponível o carbono e, principalmente, o nitrogênio para a biomassa microbiana.

As variações das relações CM/COT e NM/NT entre as épocas de amostragem e, em comparação ao solo natural, foram de comportamentos diferentes como visto na Figura 19. Todos os tratamentos apresentaram valores de CM/COT superiores ao do solo natural, principalmente na amostragem após 380 dias do início dos cultivos, em que sobressaiu-se o tratamento com Tifton + Amendoim forrageiro. A relação NM/NT apresentou um declínio na maioria dos tratamentos, com o tempo de cultivo. O tratamento Pensacola + Amendoim forrageiro, entretanto, manteve seus valores sempre superiores aos observados no solo natural.

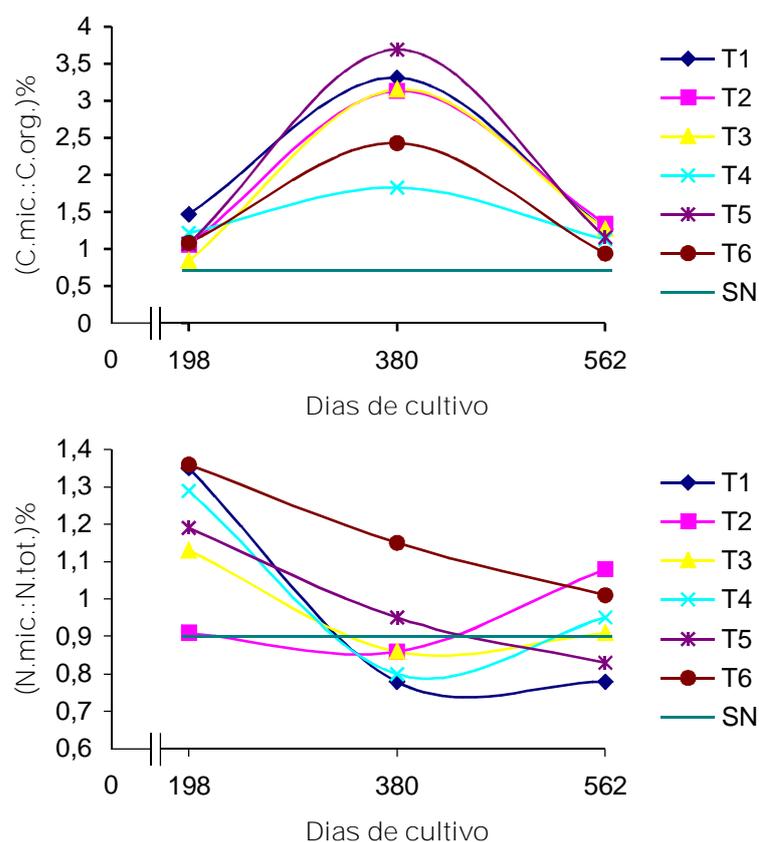


Figura 19 - Relação CM/COT e NM/NT nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemária, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemária + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

4.6 - Respiração basal e quociente metabólico

4.6.1 - Respiração basal

A estimativa da atividade microbiana foi avaliada durante 63 dias de incubação do solo. Como observado na Figura 20, a liberação acumulada de C-CO₂ aumentou com o estímulo pelos diferentes cultivos, com o tempo de construção do solo. Na amostragem de maio de 2004, os tratamentos permaneceram semelhantes quanto à liberação de C-CO₂, entretanto, os tratamentos apresentaram uma grande diferença em relação ao solo natural, sendo inferior a este, o que também pode ser observado na amostragem de novembro, porém com uma leve diferenciação entre os tratamentos. Valores semelhantes aos obtidos na amostragem de maio de 2004, foram observados por Quadro et al. (2005) em um experimento realizado em duas áreas construídas em Candiota, uma com dois e outra com seis anos.

Na amostragem de maio de 2005 e, portanto, aos 562 dias após a implantação dos tratamentos, observou-se um aumento geral da liberação de C-CO₂ em função da incorporação de resíduos provenientes dos cultivos, com acúmulo de matéria orgânica em frações lábeis, promovendo uma maior atividade biológica sobre esse material, liberando CO₂. Neste período, o tratamento contendo Tifton + Amendoim forrageiro destacou-se dos demais, com um acúmulo de C-CO₂ ao final do período de incubação semelhante ao do solo natural (Figura 20).

Segundo Parkin, Doran e Franco-Vizcaino (1996), uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera, porém necessitando de uma avaliação mais precisa.

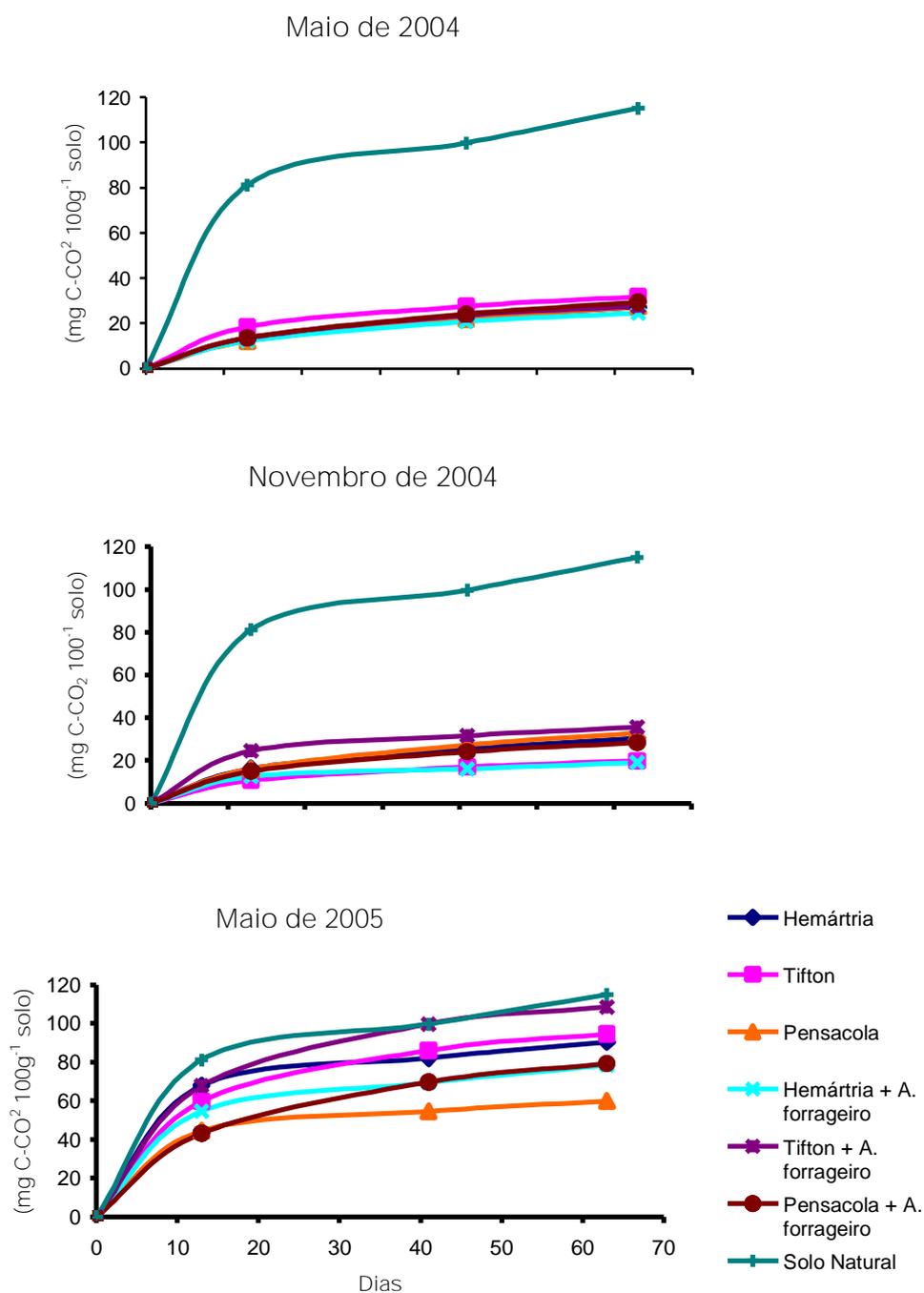


Figura 20 – Liberação acumulada de C-CO₂, nos três períodos de amostragens em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

4.6.2 - Quociente metabólico

O elevado coeficiente de variação para as determinações do quociente metabólico (qCO₂) determinaram uma ausência de significância entre os tratamentos nas três épocas de amostragens (Tabela 14).

Tabela 14 – Quociente metabólico em solo construído em função de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Amostragens		
	Maio/2004	Novembro/2004	Maio/2005
	$qCO_2 \times 10^{-3}$		
Hemártria	1,848 a	2,285 a	7,237 A
Tifton	4,148 a	0,773 a	7,090 A
Pensacola	3,294 a	0,993 a	4,507 A
Hemártria + Amendoim forrageiro	1,873 a	2,032 a	5,861 A
Tifton + Amendoim forrageiro	2,595 a	1,129 a	8,719 A
Pensacola + Amendoim forrageiro	3,299 a	1,175 a	9,778 A
CV (%)	56,55	118,05	73,65

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os menores valores, de modo geral, foram verificados aos 380 dias após o início dos cultivos (Figura 21). Neste período, observa-se uma condição mais estável e equilibrada de solo, pois menos carbono está sendo perdido pela respiração basal e maior proporção de carbono é incorporada pelos microrganismos.

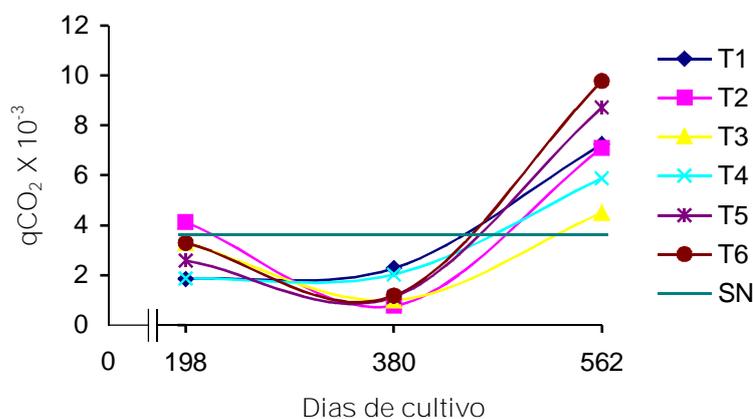


Figura 21 - qCO_2 nos três períodos de amostragem (dias) em solo construído sob diferentes sistemas de cultivo.

T1 = Hemártria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemártria + Amendoim forrageiro, T5 = Tifton + Amendoim forrageiro, T6 = Pensacola + Amendoim forrageiro e SN = Solo natural.

Segundo Sakamoto e Obo (1994), um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e, supostamente, reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio. Valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de

distúrbio como, por exemplo, a incorporação de resíduos ao solo. Na amostragem aos 562 dias de cultivo, o tratamento com Pensacola, destaca-se com uma menor liberação acumulada de C-CO₂ (Figura 20) e um menor qCO₂ (Tabela 14).

Mendonça et al. (2002), em um experimento conduzido em um solo após mineração de carvão a céu aberto, no município de Lauro Müller (SC), encontrou valores de qCO₂ semelhantes aos das amostragens de maio de 2004.

Nas amostras retiradas em maio de 2005, 562 dias após a implantação, constataram-se os mais elevados qCO₂. Isto se deve, provavelmente, a maior atividade dos microrganismos nesse período (Figura 20) com maior liberação de CO₂ por unidade de carbono microbiano, provocado pela presença de material facilmente assimilável e com menor resistência ao ataque microbiano. Por outro lado, o aumento do qCO₂ neste período revela uma perda de eficiência na incorporação de carbono pela microbiota do solo, quando comparado às amostragens anteriores.

5 - CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o trabalho, pode-se concluir que:

- a) Após 562 dias de cultivos, os cultivos de Hemártria e consórcio de Hemártria + Amendoim forrageiro no solo construído, foram aqueles que apresentaram os maiores rendimentos de matéria seca, com valores semelhantes à produtividade dessas culturas em condições normais;
- b) As aplicações de nutrientes e de calcário na área de cultivo no solo construído, de modo geral, aumentam os valores de condutividade elétrica e de sódio trocável, mas se equiparam ao solo natural com o passar do tempo;
- c) Após 562 dias de implantação dos diferentes cultivos, os teores de carbono orgânico e nitrogênio total no solo construído ainda são menores que no solo natural adjacente à área de mineração;
- d) Os cultivos de Hemártria, Tifton, Pensacola e Tifton + Amendoim forrageiro, aumentam os teores de carbono da biomassa microbiana no solo construído, após 380 dias de cultivos;
- e) Após 562 dias de cultivo os teores de nitrogênio da biomassa microbiana são menores que no solo natural adjacente à área de mineração;

f) A atividade microbiana se restabelece à medida que se aumenta o tempo de cultivo no solo construído, após 562 dias do cultivo de Tifton + Amendoim forrageiro a atividade microbiana foi semelhante a do solo natural;

g) Após 562 dias de cultivo, a intensa liberação de CO₂ em todos os tratamentos, aumentou o qCO₂ a valores superiores ao observado no solo natural.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTE BRASIL. Disponível em:

<<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&contedo=./gestao/areas.html>>. Acesso em: 12 de abril de 2006.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.10, p.215-221, 1978.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.25, p.393-395, 1993.

ANGHINONI, Ibanor, BISSANI, Carlos. Fósforo e adubos fosfatados. In: *Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas*. Porto Alegre: Departamento de Solos, 2004a. p.117-137.

ANGHINONI, Ibanor, BISSANI, Carlos. Correção da Acidez do Solo. In: *Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas*. Porto Alegre: Departamento de Solos, 2004b. p.153-165.

BARTH, R. C. Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. Viçosa: Sociedade de investigações Florestais, IBRAM, 1989. 41p (Boletim técnico,1).

BISSANI, Carlos, A.; GIASSON, Elvio; CAMARGO, Flávio A. O. Solos afetados por sais. In: Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas. Porto Alegre: Departamento de Solos, 2004. p.265-275.

BROOKES, P. C., LANDMAN, A., PRUDEN, G., JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen. Soil Biology and Biochemistry, v.17, p.837-847, 1985.

BUGIN, A. Introdução à recuperação de áreas degradadas. In: Meio ambiente e carvão. Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002, p.93-98.

CAMILLO, Maristela Fies; QUINÕES, Oscar Rafael Gadea; INDA JÚNIOR, Alberto Vasconcelos; BISSANI, Carlos Alberto; GIASSON, Elvio, DICK, Déborah Pinheiro,. Atributos químicos de solos construídos em áreas de mineração de carvão. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/propesq/livro3/artigo_maristela.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2006.

CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 27. p. 1123-1137, 2003.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Carbono orgânico, nitrogênio total e biomassa microbiana (C, N e P) do solo em duas cronossequências de reabilitação em área de mineração de bauxita. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003, Ribeirão Preto – S.P.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10ed. Porto Alegre, 2004. p.394.

CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 16 de outubro de 2006.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em:

<<http://www.cprm.gov.br/coluna/carvão mineral10.html>>. Acesso em: 08 de abril de 2006.

CRM – Companhia Riograndense de Mineração. Disponível em:

<http://www.crm.rs.gov.br/principal.php?action=minas&topico_minas=candiota>
Acesso em 08 de abril de 2006.

DAKER (1970) A água na agricultura. Manual de hidráulica agrícola. Rio de Janeiro: Bartos, 1970, 452p.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: SOBRADE, UFV, 1998. p.1-13.

DOMSCH, K. H. & INSAN, H. Relation ship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. Microbial Ecology, v.15, p.177-188, 1988.

FEIGL, B. J.; SPARLING, G. P.; ROSS, D. J.; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.27, n.11, p.1467-1472, 1995.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 991-996, 1999.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E. & FARIA, S. M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas – PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: Simpósio Nacional: Recuperação de áreas Degradadas, 2, 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Curitiba: UFPR, 1994, p.679.

GALLARDO, A; SCHLESINGER, W. R. Estimating microbial biomass nitrogen using the fumigation-incubation end fumigation-extraction methods in a warm-temperate forest soil. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.22, p.927-932, 1990.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono em solos de Itaguaí (RJ) Comparação entre os métodos de fumigação incubação e fumigação - extração. Revista Brasileira de ciência do Solo, Campinas, v.8, p.427-432, 1994.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serrapilheira de povoamentos de eucalipto. 1997. 108f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS N. F. Biomassa microbiana de Carbono e Nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. Revista Brasileira de ciência do Solo, Viçosa, v.21, n.3 p.361-365, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes In: Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas Tropicais & Subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999, cap. 11, p.227 - 243.

HUNGRIA, Mariangela; ANDRADE, Diva S.; COLOZZI Filho, Arnaldo; BOLOTA, Élcio L.; SANTOS, Júlio César F. Ecologia microbiana em solos sob cultivo na Região Sul do Brasil. In: III Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do solo. Junho de 1994. Londrina Paraná. Anais... p.234-270.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. IBAMA, 1990. 96p.

JEKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. Soil Biochemistry. New York, Marcel Dekker, 1981. v.5, p.415-471.

JORDAN, D.; KREMER, R. J.; BERGFELD, W. A.; KIM, K. Y.; CACNIO, V. N. In: Microbial and Faunal Biomass in Soils Biology and Fertility of Soils, V.19; p.297-302, 1995.

KÄMPF, Nestor et al. Solos construídos em áreas de mineração de carvão da Bacia Carbonífera. In: Carvão e meio ambiente. Porto Alegre: Centro de Ecologia UFRGS, 2000. p. 596-640.

KOPPE, Jair Carlos; COSTA, João Felipe Coimbra Leite. Mineração. In: Meio ambiente e carvão. Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002, p.15-27.

LEITZKE, Volnei W. Armazenagem e disponibilidade de água de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota - RS. 2002. 129f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARUMOTO, T.; ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. Soil biology and biochemistry. Oxford, v.14, p.469-475, 1982.

MENDES Filho, Paulo Furtado. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. 2004. 89f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

MENDONÇA, Daniel; FIGUEIREDO, Samuel Ribeiro; KLAUBERG Filho, Osmar; PIRES, Júlio César. Características biológicas de um solo reconstruído após mineração de carvão a céu aberto com adição de calagem e esterco animais. XXV Reunião Sul Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 2002. Rio de Janeiro. CD Rom, 2002.

MENEGATI, Daniela de Paris; ROCHA, Gudesteu Porto; FURTINI NETO, Antônio Eduardo; MUNIZ, Joel Augusto. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. Ciênc. Agrotec. Lavras, v.26, n.3, p.633-642, 2002.

MESQUITA, B. A.; PORTO, M. P.; ALVES, F. A. R. Cobertura vegetal x erosão. Informe Agropecuário. EPAMIG, v.16. n.176, p.57-61, 1992.

MORAES, Ytamar J. B. Forrageiras: conceitos, formação e manejo. Livraria e editora Agropecuária, Guaíba, 1995. 215p.

MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José Osvaldo. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002, 626p.

MULLIGAN, D. Topsoil management and rehabilitation success at the Weipa bauxite mine. In: AMEEF INNOVATION CONFERENCE "ON THE TRESHOLD: RESEARCH INTO PRACTICE", 1, 1999, Melbourne, Proceedings. Nottingham: IALR, 1999. p.67-74.

NASCIMENTO, João T.; SILVA, Ivandro F.; SANTIAGO, Robeval D.; SILVA NETO, Luiz F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v.7, n.3, p.457-462, 2003.

NOER, R. Reabilitação de áreas mineradas em minas de carvão a céu aberto: Histórico, métodos e perspectivas. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO, CENTRO DE ESTUDOS DE CARVÃO, Anais.... CECAR/UFRGS, v.1, Porto Alegre-RS, 1989, p.727-734.

NUNES, Maria Cândida Duarte. Condições físicas de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota-RS. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W. FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: Methods for assessing soil quality. Madison, WI, Soil Science Society of America, 1996. p.231-246. (Special Publication, 49).

PAUL, Eldor A.; CLARK, Francis E. Soil biology and biochemistry. 2. ed. California: Academic Press, 1996. 340p.

PFLEGER, F. L.; STEWART, E. L.; NOYD, R. K. Role of VAM fungi in mine land revegetation. In: Mycorrhizae and plant growth. St. Paul: APS Press, 1994. p.47-81.

PINTO, Luiz Fernando Spinelli, Potencial de acidificação e de neutralização do carvão, cinzas e materiais geológicos da área de mineração de Candiota-RS. Relatório da FAPERGS, UFPel, Pelotas-RS, 1999. 31p.

PINTO, Luiz Fernando Spinelli; KÄMPF, Nestor. Contaminação dos solos construídos. In: Meio ambiente e carvão. Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002, p.69-92.

PIRT, S. J. Principles of microbe and Cell cultivation. Oxford, Boston: Blackwell Scientific, 1975, p.274.

PITCHEL, J.R.; DICK, W.A. & SUTTON, P. Comparison amendments and management practices for long-term reclamation of abandoned mine lands. J. Environ. Qual., 23:766-772, 1994.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C. & CHRISTESEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provide an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry, v.19, p.159-164, 1987.

QUADRO, Maurício S.; CASTILHOS, Danilo Dufech; PINTO, Luiz Fernando Spinelli; PAULETTO, Eloy A.; CANTON, Dione D. Atividade microbiana em solos de solos construídos em área de mineração de carvão. Revista Científica Rural, Bagé, R.S, v. 10, n.2, p. 143-150, 2005.

RIGOTTI, Nilo. In: Recuperação de áreas degradadas: estudo de caso. Porto Alegre, FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002, p.99-113.

ROBERTS, Terry;. Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos no mundo. Potafos - Informações Agronômicas, Nº 107, setembro 2004, p. 1- 14.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. Bio. Fertil. Soils, v.17, p.39-44, 1994.

SANTOS, Noemi Maria Lunkes; ÁVILA, Marta Sueli Vaz; PINTO, Luiz Fernando Spinelli; PAULETTO, Eloy Antônio; NUNES, Maria Cândida. Caracterização química de solos construídos na Área de Mineração de Carvão de Candiota. In: FERTBIO, 2004, Lages – SC, CD – Rom, 2004.

SCHAFER, W.M.; NIELSEN, G.A. & NETTLETON, W.D. Minesoil genesis and morphology in a spoil chronosequence in Montana. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:802-807, 1980.

SILVEIRA, Rafael Botelho; MELLONI, Rogério; MELLONI, Eliane Guimarães Pereira. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas em Itajubá/MG. Revista Cerne. Lavras. v.12, n.1, p.48-55, jan./mar. 2006.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 45).

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p.357-393.

SPARLING, G. P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration In situ using microbial respiration and ¹⁴C labeled cells. Soil Biology Biochemistry, v.20, n.3, p.337-343, 1988.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. p.496.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Methods of soil analysis, Madison: American Society of Agronomy, v.2, n.1, p.1551-1572, 1965.

TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS, 1995.

TÓTOLA, M. R.; CHAER G. M. Tópicos em Ciência do solo. In: Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Volume II. 2002 p.195-275.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. Na extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology Biochemistry., v. 19, n.6 p. 703-707, 1987.

WARDLE, D. A. & HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: Microorganismos de importância agrícola. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1994, p.195-216.

APÊNDICES

Apêndice A - Matéria Seca e pH o em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
		MS (Mg ha ⁻¹)				
T1	1	2,66	3,05	3,08	4,41	3,30
	2	3,67	1,89	2,34	3,01	2,73
	3	4,58	2,59	3,70	1,64	3,13
T2	1	1,19	2,31	1,91	3,62	2,26
	2	2,22	2,09	2,73	4,73	2,94
	3	1,25	2,94	3,53	2,57	2,57
T3	1	1,41	2,15	1,20	2,08	1,71
	2	2,71	1,95	1,58	3,40	2,41
	3	1,48	1,62	1,89	2,58	1,89
T4	1	1,48	1,89	1,89	3,34	2,15
	2	2,28	2,36	2,85	3,43	2,73
	3	1,12	4,25	3,80	3,08	3,06
T5	1	1,96	2,44	2,51	2,37	2,32
	2	2,92	2,54	2,77	2,74	2,74
	3	2,99	1,80	1,29	2,44	2,13
T6	1	1,05	2,51	2,55	2,26	2,09
	2	2,11	3,65	3,63	3,44	3,21
	3	1,39	1,81	1,48	1,23	1,48
		pH				
T1	1	7,50	7,01	7,54	7,55	7,40
	2	7,30	7,30	7,62	7,42	7,41
	3	7,47	7,42	7,39	7,32	7,40
T2	1	7,30	7,30	7,57	7,55	7,43
	2	7,35	7,03	7,38	7,27	7,26
	3	7,33	6,83	7,51	7,02	7,17
T3	1	7,19	7,32	7,12	7,37	7,25
	2	7,29	7,40	7,21	7,38	7,32
	3	7,03	7,54	7,43	7,54	7,39
T4	1	7,49	7,18	7,38	7,57	7,41
	2	7,42	7,45	7,26	7,43	7,39
	3	7,54	7,29	7,17	7,18	7,30
T5	1	7,47	7,42	7,29	7,40	7,40
	2	7,42	7,26	7,37	7,50	7,39
	3	7,62	6,58	7,28	7,20	7,17
T6	1	7,33	7,05	7,34	7,54	7,32
	2	7,23	7,25	7,42	7,31	7,30
	3	7,50	6,35	7,37	6,58	6,95

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice B – Cálcio e Magnésio em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
Ca (cmol_c dm⁻³)						
T1	1	17,30	15,84	12,64	12,14	14,48
	2	9,43	9,02	10,98	11,44	10,22
	3	16,46	13,64	13,70	14,64	14,61
T2	1	15,76	15,62	13,44	10,80	13,91
	2	7,62	8,79	9,22	11,28	9,23
	3	13,07	11,94	15,52	14,58	13,78
T3	1	16,58	15,79	12,21	10,97	13,89
	2	8,49	9,61	9,91	10,85	9,72
	3	13,01	14,64	14,14	16,15	14,48
T4	1	15,76	15,68	11,88	11,08	13,60
	2	9,10	9,22	9,76	10,60	9,67
	3	14,33	14,33	13,13	13,70	13,87
T5	1	16,53	16,07	12,69	11,52	14,20
	2	8,23	10,06	10,04	10,93	9,82
	3	15,58	11,69	13,76	14,64	13,92
T6	1	15,76	15,28	12,91	11,36	13,83
	2	8,13	9,53	9,17	10,52	9,34
	3	15,27	12,88	13,82	13,38	13,84
Mg (cmol_c dm⁻³)						
T1	1	3,43	4,19	3,52	2,96	3,53
	2	3,73	3,87	4,07	3,95	3,91
	3	3,40	3,51	3,65	3,72	3,57
T2	1	3,37	4,65	3,57	2,67	3,57
	2	4,20	3,88	3,96	3,79	3,96
	3	3,79	3,16	3,68	3,37	3,50
T3	1	3,64	4,65	3,71	2,84	3,71
	2	4,12	3,88	4,01	3,88	3,97
	3	3,61	3,26	3,86	3,51	3,56
T4	1	3,11	4,44	3,42	2,72	3,42
	2	3,96	4,34	4,16	4,08	4,14
	3	3,47	3,61	3,68	3,82	3,65
T5	1	3,69	3,71	3,48	3,04	3,48
	2	3,81	4,12	4,10	3,71	3,94
	3	3,26	3,09	3,58	3,40	3,33
T6	1	3,17	4,26	3,38	2,72	3,38
	2	3,99	3,73	3,85	4,11	3,92
	3	3,37	3,19	3,61	3,82	3,50

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice C – Fósforo e Potássio solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
		P (mg dm ⁻³)				
T1	1	27,15	25,55	22,65	26,87	25,56
	2	182,75	98,84	123,29	85,27	122,54
	3	30,13	4,20	4,87	15,63	13,71
T2	1	25,12	20,36	22,70	22,63	22,70
	2	74,01	110,02	60,06	52,82	74,23
	3	7,23	13,60	1,70	2,27	6,20
T3	1	25,16	19,78	22,64	22,98	22,64
	2	51,14	65,61	55,66	36,16	52,14
	3	0,99	3,87	1,11	4,58	2,64
T4	1	28,67	28,43	25,98	20,86	25,99
	2	71,29	110,84	71,98	55,81	77,48
	3	5,43	6,85	12,99	5,95	7,81
T5	1	10,84	17,86	12,98	10,25	12,98
	2	74,86	59,36	69,80	75,17	69,80
	3	7,84	2,08	15,30	8,31	8,38
T6	1	14,46	17,48	11,11	14,35	14,35
	2	26,72	82,21	58,53	74,82	60,57
	3	2,03	11,29	11,57	2,88	6,94
		K (mg dm ⁻³)				
T1	1	59,26	42,15	48,05	49,82	49,82
	2	190,98	150,37	188,49	138,84	167,17
	3	151,83	178,98	166,38	201,55	174,68
T2	1	138,57	135,20	132,16	144,99	137,73
	2	227,16	242,60	171,91	124,80	191,62
	3	136,09	192,62	146,44	111,27	146,61
T3	1	99,78	99,78	102,90	96,66	99,78
	2	153,40	230,58	168,43	116,30	167,18
	3	109,18	99,53	107,60	170,05	121,59
T4	1	89,25	107,69	115,01	118,81	107,69
	2	163,90	161,96	224,50	177,94	182,08
	3	159,45	129,49	191,57	148,53	157,26
T5	1	74,68	56,55	92,81	74,68	74,68
	2	147,34	152,90	190,97	158,88	162,52
	3	146,76	144,34	193,15	148,01	158,07
T6	1	89,18	111,36	131,15	113,77	111,37
	2	132,30	258,05	183,97	190,47	191,20
	3	94,96	85,82	165,85	134,36	120,25

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice D – Condutividade elétrica e Sódio em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
C.E (mS cm⁻¹)						
T1	1	0,083	0,088	0,075	0,096	0,085
	2	0,092	0,123	0,094	0,130	0,110
	3	0,054	0,046	0,058	0,051	0,052
T2	1	0,063	0,070	0,078	0,097	0,077
	2	0,071	0,095	0,097	0,153	0,104
	3	0,042	0,043	0,074	0,093	0,063
T3	1	0,085	0,068	0,069	0,080	0,076
	2	0,105	0,104	0,095	0,112	0,104
	3	0,057	0,048	0,056	0,086	0,061
T4	1	0,081	0,086	0,074	0,078	0,080
	2	0,085	0,092	0,098	0,089	0,091
	3	0,049	0,051	0,042	0,052	0,048
T5	1	0,083	0,095	0,074	0,102	0,088
	2	0,090	0,139	0,087	0,103	0,105
	3	0,043	0,071	0,050	0,057	0,055
T6	1	0,079	0,086	0,074	0,102	0,085
	2	0,130	0,129	0,069	0,137	0,116
	3	0,070	0,113	0,041	0,154	0,094
Na (mg dm⁻³)						
T1	1	63,50	57,49	45,41	63,57	57,49
	2	15,50	14,49	13,01	18,99	15,50
	3	16,90	10,86	10,86	14,49	13,28
T2	1	76,98	108,03	47,43	75,49	76,98
	2	9,50	8,98	11,50	15,49	11,37
	3	9,22	10,86	15,52	15,52	12,78
T3	1	90,10	94,91	77,56	47,68	77,56
	2	9,49	8,98	8,50	16,51	10,87
	3	10,76	9,73	9,31	18,11	11,98
T4	1	52,11	45,03	34,31	48,67	45,03
	2	9,48	8,49	13,00	13,00	10,99
	3	15,37	10,25	11,38	10,86	11,97
T5	1	65,14	49,00	27,25	54,63	49,01
	2	10,98	14,47	8,98	13,00	11,86
	3	16,90	20,18	12,42	11,38	15,22
T6	1	120,50	133,28	112,73	84,43	112,74
	2	10,00	12,99	14,50	13,49	12,75
	3	7,68	9,22	13,45	16,04	11,60

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A.forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice E - Carbono orgânico total e nitrogênio total em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
COT (g Kg⁻¹)						
T1	1	5,52	8,25	7,28	8,85	7,48
	2	6,26	8,93	8,06	9,42	8,17
	3	6,00	7,67	7,90	8,76	7,58
T2	1	6,31	6,51	7,04	7,07	6,73
	2	6,70	8,54	7,62	8,45	7,83
	3	5,76	8,43	8,10	7,29	7,40
T3	1	7,09	7,67	9,28	8,08	8,03
	2	7,67	8,40	7,19	6,89	7,54
	3	6,19	7,19	7,05	8,57	7,25
T4	1	5,86	6,70	8,04	9,04	7,41
	2	7,28	6,89	8,01	7,53	7,43
	3	7,52	6,95	7,81	7,81	7,52
T5	1	5,96	7,33	7,13	8,66	7,27
	2	6,70	7,48	9,52	7,87	7,89
	3	7,19	7,76	7,73	8,24	7,73
T6	1	6,50	7,62	7,32	7,79	7,31
	2	6,65	7,53	8,30	9,03	7,88
	3	6,57	7,67	7,09	9,24	7,64
NT (g Kg⁻¹)						
T1	1	0,48	0,64	0,56	0,41	0,52
	2	0,56	0,65	0,68	0,69	0,64
	3	0,69	0,76	0,73	0,77	0,74
T2	1	0,59	0,53	0,58	0,40	0,53
	2	0,60	0,75	0,61	0,70	0,67
	3	0,62	0,74	0,85	0,64	0,71
T3	1	0,48	0,59	0,73	0,45	0,56
	2	0,64	0,66	0,63	0,52	0,61
	3	0,69	0,67	0,64	0,69	0,67
T4	1	0,50	0,47	0,64	0,48	0,52
	2	0,65	0,54	0,73	0,61	0,63
	3	0,59	0,68	0,75	0,75	0,69
T5	1	0,40	0,58	0,61	0,43	0,51
	2	0,56	0,74	0,69	0,62	0,65
	3	0,66	0,74	0,90	0,72	0,76
T6	1	0,48	0,57	0,63	0,41	0,53
	2	0,57	0,67	0,80	0,64	0,67
	3	0,67	0,64	0,63	0,74	0,67

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice F – Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
CM (mg Kg ⁻¹)						
T1	1	79,87	87,41	187,35	69,71	106,09
	2	537,77	104,00	232,70	56,33	232,70
	3	95,82	104,20	120,00	50,83	92,71
T2	1	125,86	44,86	70,49	39,69	70,23
	2	376,66	317,06	121,52	134,20	237,36
	3	113,57	86,51	74,63	103,35	94,52
T3	1	76,24	78,21	78,83	32,92	66,55
	2	336,66	188,00	236,20	183,96	236,21
	3	73,00	71,58	146,00	69,59	90,04
T4	1	85,92	48,31	99,24	132,64	91,53
	2	106,66	240,00	33,73	146,66	131,76
	3	56,80	81,63	107,51	95,04	85,25
T5	1	65,35	120,77	48,23	71,64	76,50
	2	486,66	317,44	227,64	67,46	274,80
	3	63,06	99,02	136,00	60,40	89,62
T6	1	91,97	39,11	99,24	79,39	77,43
	2	216,00	188,71	96,81	253,33	188,71
	3	90,86	25,73	44,08	131,56	73,06
NM (mg Kg ⁻¹)						
T1	1	3,24	16,20	3,24	6,48	7,29
	2	6,55	6,55	3,27	3,27	4,91
	3	4,91	4,55	6,55	4,91	5,73
T2	1	9,72	3,24	3,24	3,24	4,86
	2	3,27	6,55	6,55	6,55	5,73
	3	9,82	3,27	6,55	9,82	7,37
T3	1	3,24	6,48	9,72	6,48	6,48
	2	6,55	8,18	3,27	3,27	5,32
	3	3,27	13,09	3,27	4,91	6,14
T4	1	3,24	9,72	6,48	6,48	6,48
	2	6,55	6,55	3,27	3,27	4,91
	3	4,91	9,82	4,91	6,55	6,55
T5	1	6,48	3,24	6,48	6,48	5,67
	2	8,18	8,18	4,91	3,27	6,14
	3	8,18	3,27	6,55	6,55	6,14
T6	1	6,48	12,96	6,48	3,24	7,29
	2	11,46	9,82	4,91	3,27	7,36
	3	6,55	3,27	4,91	13,09	6,96

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice G - Carbono orgânico total/nitrogênio total e carbono da biomassa microbiana/nitrogênio da biomassa microbiana em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
COT/NT						
T1	1	11,44	12,98	12,94	21,62	14,75
	2	11,28	13,81	11,85	13,69	12,66
	3	8,7	10,09	10,82	11,38	10,25
T2	1	10,79	12,20	12,19	17,59	13,19
	2	11,13	11,47	12,52	12,1	11,81
	3	9,29	11,39	9,53	11,39	10,40
T3	1	14,71	12,96	12,70	17,83	14,55
	2	12,32	12,82	11,46	13,36	12,49
	3	8,97	10,73	11,02	12,42	10,79
T4	1	11,80	14,33	12,65	19,64	14,61
	2	11,29	12,73	11,05	12,36	11,86
	3	12,75	10,22	10,41	10,41	10,95
T5	1	15,10	12,70	11,62	20,07	14,87
	2	11,88	10,16	13,73	12,8	12,14
	3	10,89	10,49	8,59	11,44	10,35
T6	1	13,69	13,37	11,65	19,04	14,44
	2	11,59	11,22	10,34	14,21	11,84
	3	9,81	11,98	11,25	12,49	11,38
CM/NM						
T1	1	24,64	5,39	57,81	10,76	24,65
	2	82,15	15,89	71,10	17,21	46,59
	3	19,52	15,91	18,32	10,35	16,03
T2	1	12,95	13,84	21,75	12,25	15,20
	2	115,08	48,44	18,56	20,50	50,65
	3	11,57	26,46	11,39	10,52	14,99
T3	1	23,53	12,07	8,11	5,08	12,20
	2	51,43	22,98	72,17	56,21	50,69
	3	22,32	5,47	44,65	14,17	21,65
T4	1	26,51	4,97	15,31	20,47	16,82
	2	16,29	36,66	10,31	44,81	27,02
	3	11,57	8,31	21,90	14,51	14,07
T5	1	10,08	37,26	7,44	11,05	16,46
	2	59,47	38,80	46,37	20,61	41,31
	3	7,71	30,28	20,76	9,22	16,99
T6	1	14,19	3,02	15,31	24,50	14,26
	2	18,85	19,22	19,72	77,40	33,79
	3	13,87	7,87	8,98	10,05	10,19

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice H - Carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total e nitrogênio da biomassa microbiana/nitrogênio total em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
CM/COT (%)						
T1	1	1,45	1,06	2,57	0,79	1,47
	2	8,59	1,16	2,89	0,60	3,31
	3	1,60	1,36	1,52	0,58	1,27
T2	1	2,00	0,69	1,00	0,56	1,06
	2	5,62	3,71	1,59	1,59	3,13
	3	1,97	1,03	0,92	1,42	1,34
T3	1	1,08	1,02	0,85	0,41	0,84
	2	4,39	2,24	3,29	2,67	3,15
	3	1,18	1,00	2,07	0,81	1,27
T4	1	1,47	0,72	1,23	1,47	1,22
	2	1,46	3,48	0,42	1,95	1,83
	3	0,75	1,17	1,38	1,22	1,13
T5	1	1,10	1,65	0,68	0,83	1,07
	2	7,26	4,25	2,39	0,86	3,69
	3	0,88	1,28	1,76	0,73	1,16
T6	1	1,41	0,51	1,36	1,02	1,08
	2	3,25	2,51	1,17	2,81	2,43
	3	1,38	0,34	0,62	1,42	0,94
NM/NT (%)						
T1	1	0,67	2,55	0,58	1,58	1,35
	2	1,18	1,01	0,48	0,48	0,78
	3	0,72	0,86	0,90	0,64	0,78
T2	1	1,66	0,61	0,56	0,81	0,91
	2	0,54	0,88	1,08	0,94	0,86
	3	1,58	0,44	0,77	1,53	1,08
T3	1	0,67	1,10	1,33	1,43	1,13
	2	1,05	1,25	0,52	0,63	0,86
	3	0,47	1,95	0,51	0,72	0,91
T4	1	0,65	2,08	1,02	1,41	1,29
	2	1,01	1,21	0,45	0,54	0,80
	3	0,83	1,45	0,66	0,87	0,95
T5	1	1,64	0,56	1,06	1,50	1,19
	2	1,45	1,11	0,71	0,53	0,95
	3	1,24	0,44	0,72	0,91	0,83
T6	1	1,36	2,27	1,03	0,79	1,36
	2	2,00	1,46	0,61	0,52	1,15
	3	0,98	0,51	0,78	1,76	1,01

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice I - Quociente metabólico em solo construído, média das quatro repetições nos três períodos de amostragens.

Tratamentos	Amostragens	Blocos				Médias
		1	2	3	4	
		$qCO_2 \times 10^{-3}$				
T1	1	1,781	1,959	1,251	2,399	1,848
	2	0,207	0,187	0,580	6,481	2,285
	3	4,183	6,303	5,737	12,725	7,237
T2	1	0,947	4,480	2,502	8,663	4,148
	2	0,232	0,350	0,882	1,626	0,773
	3	1,572	11,766	8,667	6,355	7,090
T3	1	1,496	2,265	2,696	6,720	3,294
	2	0,743	0,528	0,437	2,265	0,993
	3	1,604	2,800	4,131	9,494	4,507
T4	1	1,767	2,550	1,481	1,692	1,873
	2	0,744	0,347	6,118	0,920	2,032
	3	3,947	5,518	5,795	8,184	5,861
T5	1	2,341	1,125	2,349	4,566	2,595
	2	0,579	1,025	0,854	2,059	1,129
	3	7,174	1,042	4,537	12,746	8,719
T6	1	1,335	7,747	1,362	2,752	3,299
	2	0,533	1,262	2,172	0,736	1,175
	3	2,249	6,323	26,15	43,89	9,778

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro e T6 = Pensacola + A. forrageiro.

Apêndice J - Equações dos gráficos de Evolução do CO₂ em solo construído, nos três períodos de amostragens.

Tratamentos		1ª Amostragem		
T1		$Y = -0,0077x^2$	+ 0,907x	$R^2 = 0,9807$
T2		$Y = -0,0119x^2$	+ 1,2357x	$R^2 = 0,9499$
T3		$Y = -0,0065x^2$	+ 0,8383x	$R^2 = 0,9816$
T4		$Y = -0,0075x^2$	+ 0,8486x	$R^2 = 0,9772$
T5		$Y = -0,0084x^2$	+ 0,9589x	$R^2 = 0,9804$
T6		$Y = -0,0078x^2$	+ 0,951x	$R^2 = 0,9795$
		2ª Amostragem		
T1		$Y = -0,0099x^2$	+ 1,0932x	$R^2 = 0,9640$
T2		$Y = -0,0068x^2$	+ 0,7311x	$R^2 = 0,9640$
T3		$Y = -0,0096x^2$	+ 1,1116x	$R^2 = 0,9738$
T4		$Y = -0,0077x^2$	+ 0,7728x	$R^2 = 0,8962$
T5		$Y = -0,0162x^2$	+ 1,5541x	$R^2 = 0,8983$
T6		$Y = -0,0094x^2$	+ 1,0261x	$R^2 = 0,9645$
		3ª Amostragem		
T1		$Y = -0,0459x^2$	+ 4,2414x	$R^2 = 0,8695$
T2		$Y = -0,0412x^2$	+ 4,0347x	$R^2 = 0,9419$
T3		$Y = -0,0303x^2$	+ 2,8013x	$R^2 = 0,8773$
T4		$Y = -0,0359x^2$	+ 3,4407x	$R^2 = 0,8909$
T5		$Y = -0,0473x^2$	+ 4,6413x	$R^2 = 0,9487$
T6		$Y = -0,0285x^2$	+ 3,0202x	$R^2 = 0,9676$
SN		$Y = -0,0521x^2$	+ 5,0064x	$R^2 = 0,8750$

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A.forrageiro, T6 = Pensacola + A. forrageiro e SN = Solo natural.

Apêndice L - Equações dos gráficos de matéria seca, cálcio, magnésio e fósforo.

Trat.	MS			Ca		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	-0,4837x	+ 3233,8	0,0889	0,0004x	+ 12,968	0,0007
T2	0,8718x	+ 2258,1	0,2132	-0,0004x	+ 12,442	0,0006
T3	0,4969x	+ 1814,1	0,0623	0,0016x	+ 12,081	0,0129
T4	2,5059x	+ 1693	0,9765	0,0007x	+ 12,098	0,0033
T5	-0,5257x	+ 2596,6	0,0934	-0,0008x	+ 12,939	0,0033
T6	-1,6942x	+ 2903,3	0,1235	3E-05x	+ 12,326	4E-06
SN	-	-	-	7,58		#N/D
	Mg			P		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	0,0001x	+ 3,6282	0,0092	-0,0326x	+ 66,308	0,0098
T2	-0,0002x	+ 3,7497	0,0199	-0,0453x	+ 51,602	0,054
T3	-0,0004x	+ 3,9033	0,1307	-0,0549x	+ 46,686	0,1613
T4	0,0006x	+ 3,4966	0,0978	-0,0499x	+ 56,072	0,0633
T5	-0,0004x	+ 3,7399	0,0557	-0,0126x	+ 35,189	0,0045
T6	0,0003x	+ 3,4747	0,0448	-0,0204x	+ 35,022	0,0163
SN	1,88		#N/D	-9E-18x	+ 4,13	-6E-1

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A.forrageiro, T6 = Pensacola + A. forrageiro e SN = Solo natural.

Apêndice M - Equações dos gráficos de potássio, condutividade elétrica, sódio, pH, carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana, nitrogênio total e nitrogênio microbiano.

Trat.	K			C.E.		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	0,343x +	0,2012	0,795	-0,0919x +	117,25	0,3335
T2	0,0244x +	149,38	0,0236	-0,0385x +	95,97	0,1137
T3	0,0599x +	106,75	0,1005	-0,039x +	95,047	0,1074
T4	0,1362x +	97,261	0,4282	-0,086x +	105,73	0,5036
T5	0,2291x +	44,701	0,7101	-0,0911x +	117,38	0,4361
T6	0,0244x +	131,67	0,0103	0,0249x +	89,045	0,0822
SN	-1E-15x +	362,54	#N/D	59,18		0
Trat.	Na			pH		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	-01215x +	74,91	0,7876	-2E-17x +	7,4033	3E-25
T2	-0,1764x +	100,73	0,7335	-0,0007x +	7,5581	0,9694
T3	-0,1802x +	101,93	0,7373	0,0004x +	7,1738	1
T4	-0,0908x +	57,177	0,7278	-0,0003x +	7,4815	0,8811
T5	-0,0928x +	60,639	0,6761	-0,0006x +	7,5601	0,7825
T6	-0,2779x +	151,28	0,7585	-0,001x +	7,5763	0,7904
SN	10,86		#N/D	5,63		#N/D
Trat.	COT			CM		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	0,0003x +	7,6389	0,018	-0,0368x +	157,8	0,0075
T2	0,0018x +	6,6205	0,3652	0,0667x +	108,68	0,0181
T3	-0,0021x +	8,421	0,9786	0,0645x +	106,41	0,0163
T4	0,0003x +	7,3385	0,8811	-0,0173x +	109,4	0,0155
T5	0,0013x +	7,1498	0,5106	0,036x +	133,28	0,0035
T6	0,0009x +	7,2655	0,3324	-0,012x +	117,63	0,0011
SN	-7E-17x +	30,1	-6E-16	6E-16x +	214,23	#N/D
Trat.	NT			NM		
	Y		R ²	Y		R ²
T1	0,0006x +	0,4037	0,9973	-0,0043x +	7,6052	0,4162
T2	0,0005x +	0,4488	0,9067	0,0069x +	3,3663	0,9696
T3	0,0003x +	0,4985	0,9973	-0,0009x +	6,3349	0,0813
T4	0,0005x +	0,4359	0,972	0,0002x +	5,9069	0,0014
T5	0,0007x +	0,379	0,9952	0,0013x +	5,4927	0,75
T6	0,0004x +	0,4772	0,75	-0,0009x +	7,5478	0,5966
SN	2,22		0	7E-17x +	19,23	1E-15

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A. forrageiro, T6 = Pensacola + A. forrageiro e SN = Solo natural.

Apêndice N - Equações dos gráficos das relações carbono orgânico total/nitrogênio total, carbono da biomassa microbiana/nitrogênio da biomassa microbiana, carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total e nitrogênio da biomassa microbiana/nitrogênio Total.

Trat.	COT/NT			CM/NM				
	Y		R ²	Y		R ²		
T1	-0,0124x	+	17,251	0,9983	-0,0237x	+	38,089	0,0748
T2	-0,0077x	+	14,713	1	-0,0006x	+	27,166	3E-05
T3	-0,0103x	+	16,535	0,997	0,026x	+	18,315	0,0555
T4	-0,0101x	+	16,294	0,9223	-0,0076x	+	22,174	0,0406
T5	-0,0124x	+	17,172	0,9858	0,0015x	+	24,367	0,0003
T6	-0,0084x	+	15,748	0,8598	-0,0112x	+	23,662	0,026
SN	-4E-17x	+	13,63	#N/D	-4E-17x	+	12,62	-1E-1

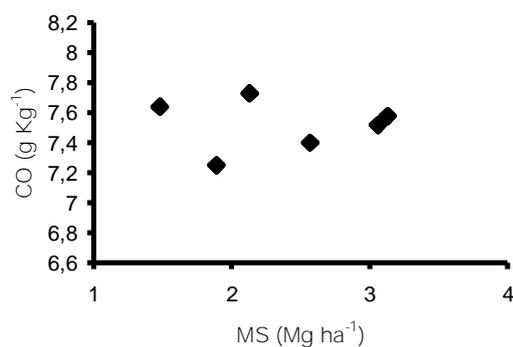
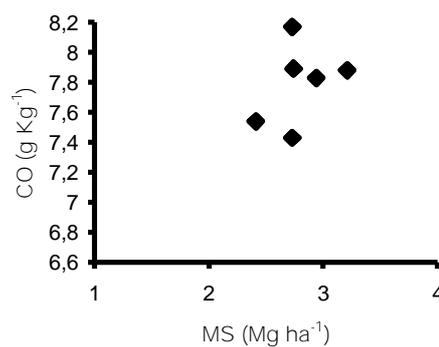
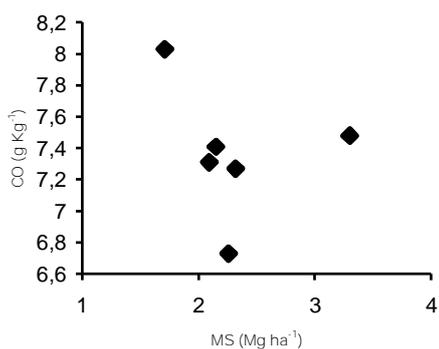
Trat.	CM/COT			NM/NT				
	Y		R ²	Y		R ²		
T1	-0,0005x	+	2,2255	0,0079	-0,0016x	+	1,5651	0,75
T2	0,0008x	+	1,551	0,0155	0,0005x	+	0,7725	0,5432
T3	0,0012x	+	1,3044	0,0306	-0,0006x	+	1,1963	0,5864
T4	-0,0002x	+	1,4873	0,014	-0,0009x	+	1,3683	0,4585
T5	0,0002x	+	1,8794	0,0009	-0,001x	+	1,3658	0,9643
T6	-0,0004x	+	1,6295	0,0072	-0,001x	+	1,5387	0,9868
SN	-2E-18x	+	0,72	-1E-1	0,9			#N/D

T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A.forrageiro, T6 = Pensacola + A. forrageiro e SN = Solo natural.

Apêndice O - Equações dos gráficos de Quociente metabólico.

Trat.	qCO ₂			
	Y		R ²	
T1	0,0148x	-	1,8359	0,8104
T2	0,0081x	+	0,9323	0,2166
T3	0,0033x	+	1,665	0,1155
T4	0,011x	-	0,908	0,7799
T5	0,0168x	-	2,2455	0,5784
T6	0,0178x	-	2,0131	0,5225
SN	-9E-18x	+	3,63	-6E-16

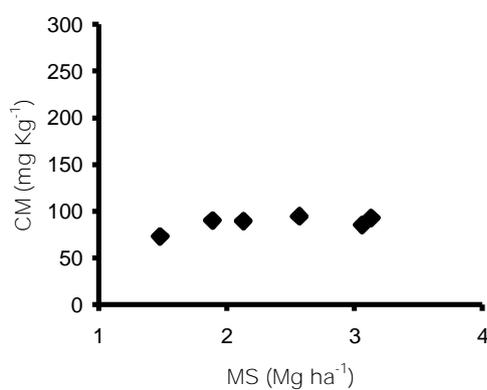
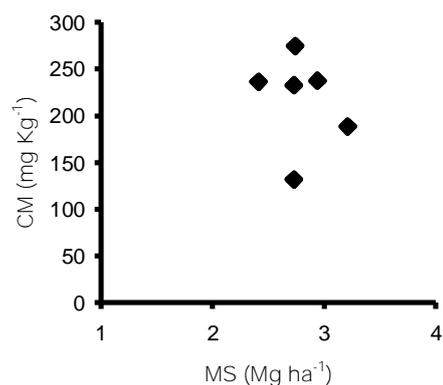
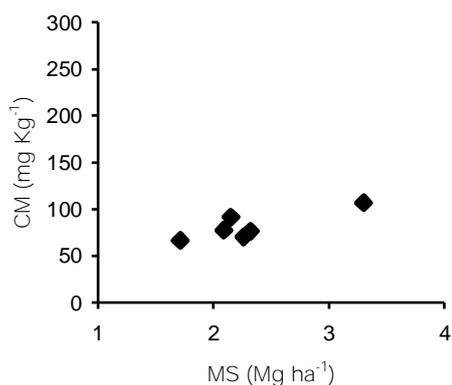
T1 = Hemartria, T2 = Tifton, T3 = Pensacola, T4 = Hemartria + A. forrageiro, T5 = Tifton + A.forrageiro, T6 = Pensacola + A. forrageiro e SN = Solo natural.



Apêndice P - Correlação carbono orgânico total - matéria seca 1^a, 2^a e 3^a amostragem respectivamente.

Apêndice Q - Equações da correlação Carbono orgânico total - Matéria seca

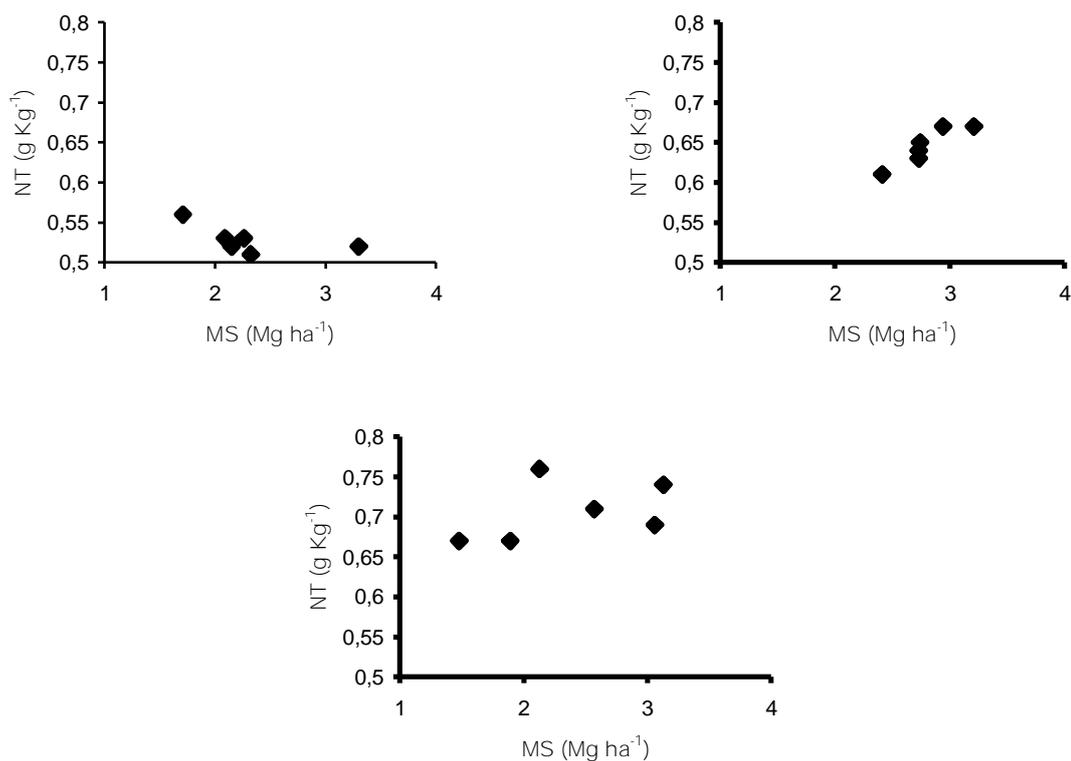
Amostragem	Y	R ²
1 ^a	-0,176x + 7,7772	0,0503
2 ^a	0,3757x + 6,7405	0,1399
3 ^a	-0,0028x + 7,5266	0,0001



Apêndice R - Correlação carbono da biomassa microbiana - matéria seca 1^a, 2^a e 3^a amostragem respectivamente.

Apêndice S - Equações da correlação Carbono da biomassa microbiana - Matéria seca

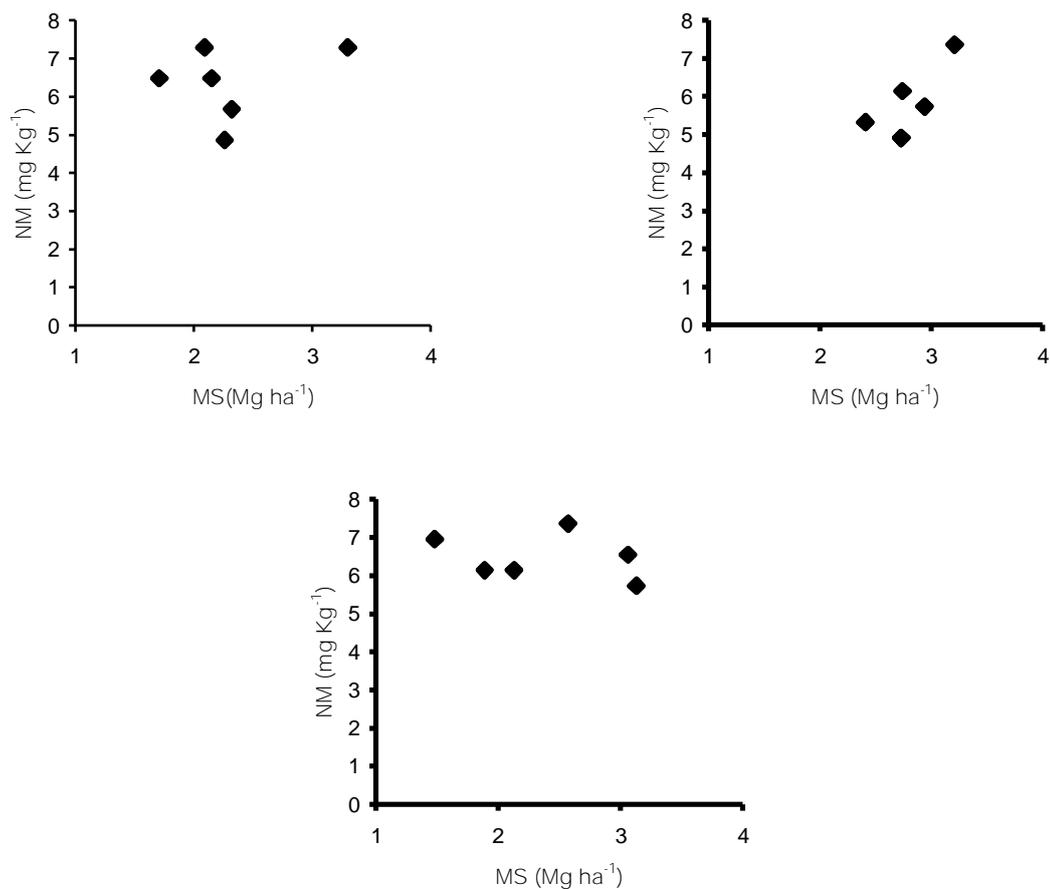
Amostragem	Y	R ²
1 ^a	23,946x + 26,328	0,7139
2 ^a	-42,058x + 334,41	0,0502
3 ^a	6,8705x + 71,204	0,3409



Apêndice T - Correlação nitrogênio total - matéria seca 1^a, 2^a e 3^a amostragem respectivamente.

Apêndice U - Equações da correlação Nitrogênio total - Matéria seca

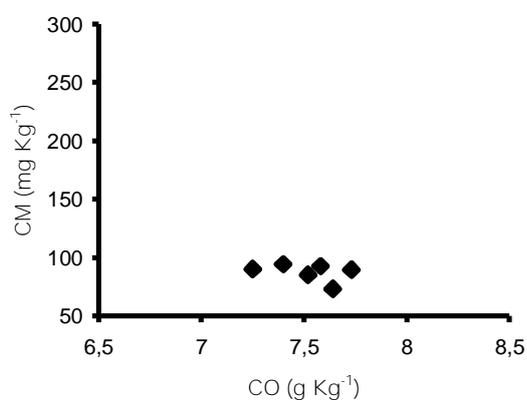
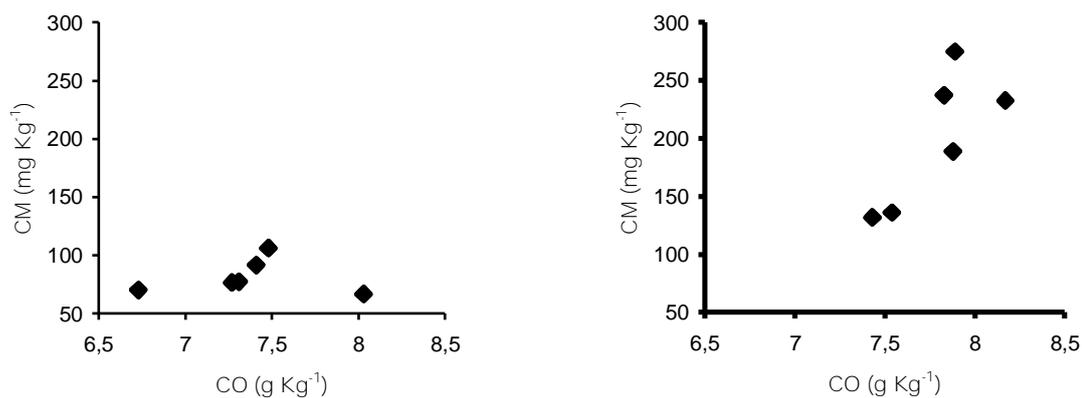
Amostragem	Y	R ²
1 ^a	-0,0187x + 0,5715	0,3355
2 ^a	0,0808x + 0,4194	0,8369
3 ^a	0,0239x + 0,6499	0,179



Apêndice V - Correlação nitrogênio da biomassa microbiana - matéria seca 1^a, 2^a e 3^a amostragem respectivamente.

Apêndice X - Equações da correlação nitrogênio da biomassa microbiana - Matéria seca

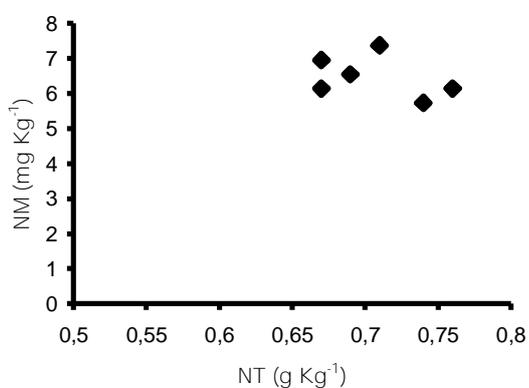
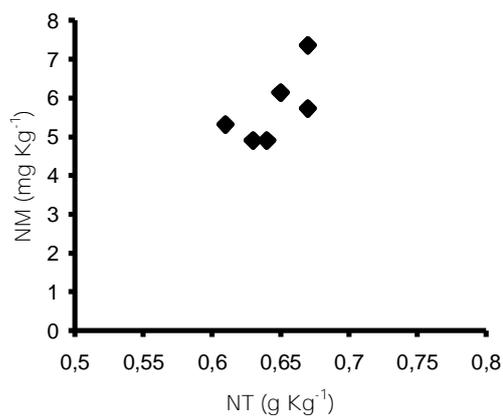
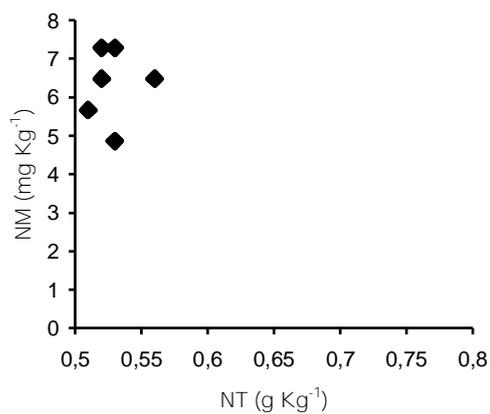
Amostragem	Y	R ²
1 ^a	0,4889x + 5,2181	0,0755
2 ^a	2,602x - 1,5399	0,5508
3 ^a	-0,2421x + 7,057	0,0699



Apêndice Z - Correlação Carbono orgânico total - carbono da biomassa microbiana 1^a, 2^a e 3^a amostragem respectivamente.

Apêndice A1 - Equações da correlação Carbono orgânico total - carbono da biomassa microbiana

Amostragem	Y	R ²
1 ^a	1,3722x + 71,273	0,0015
2 ^a	170,97x - 1131,6	0,6156
3 ^a	-16,755x + 213,53	0,1394



Apêndice B1 - Correlação Nitrogênio total – nitrogênio da biomassa microbiana 1ª, 2ª e 3ª amostragem respectivamente.

Apêndice C1 - Equações da correlação Nitrogênio total - nitrogênio da biomassa microbiana

Amostragem	Y	R ²
1ª	4,5506x + 3,9408	0,0069
2ª	26,745x - 11,522	0,4535
3ª	-6,7019x + 11,218	0,171