

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DANIELLY TEIXEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE QUÍMICA E BIOLÓGICA DO SOLO EM SISTEMA DE
CULTIVO EM AMBIENTE DE SAVANA**

Boa Vista-RR

2013

DANIELLY TEIXEIRA DA SILVA

**Avaliação da Qualidade Química e Biológica do Solo em Sistema de
Cultivo em Ambiente de Savana**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa Roraima, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo.

Boa Vista-RR

2013

DANIELLY TEIXEIRA DA SILVA

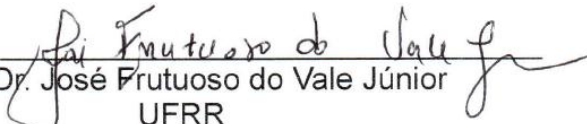
Avaliação de qualidade química e biológica do solo em sistema de cultivo e ambiente de Savana natural

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.


Aprovada: 28 de fevereiro de 2013.




Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo
Orientador - UFRR



Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
UFRR



Pesquisador Dr. Edmilson Evangelista da Silva
Embrapa Roraima



Pesquisadora Dra. Krisle da Silva
Embrapa Roraima

Dedicatória

À Deus, pela vida e saúde para encarar com serenidade as dificuldades do cotidiano.
Aos meus familiares e amigos dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo seu imenso amor, por me moldar a cada dia e por estar bem presente em todos os momentos de minha vida.

Ao meu esposo, pelo seu apoio em todas as minhas conquistas e por entender as minhas ausências.

Aos meus pais, Daniel e Lídia, que no decorrer de mais uma caminhada estiveram ao meu lado.

Aos meus familiares, tios, tias, avós, irmãs, por todo apoio e por compreender minhas ausências nos momentos em família.

Ao meu querido orientador Dr. Valdinar Ferreira Melo, pela incansável orientação, apoio e atenção durante todo o decorrer deste trabalho e até mesmo nos momentos pessoais difíceis, muito obrigada pelas importantes contribuições.

Aos novos amigos Izaías Junior, Hilton Araujo, Daniel Oliveira, Nayrah Lima, Manoel Luís, Maria da Conceição, Alexandre Baraúna, Francisco Clemilton, Ruy Guilherme, Tarcísio Gomes, Ricardo Bardalles, Marcela Liege, Nádia Santos, Ataiza Andrade, Pedro Paulo, Taís Goes, Samuel, Natália Trajano, Carlos, muito obrigada.

Às exemplares auxiliares de laboratório Semirames Moreira (UFRR), Rita de Cássia, Eliane, Aline, Márcio e Alex da EMBRAPA/RR, pelos Doutores Krisle, Jerry Zilli, Edvan Chagas, Paulo por terem me ajudado nas análises, pelas companhias e orientações durante noites, dias, feriados e finais de semana, muito obrigada.

Aos amigos e colegas do mestrado, servidores, ajudante de campo, bibliotecárias, Elene (secretária), equipe de limpeza, vigias, á todos pela ajuda direta e indireta, aos quais contribuíram para que o objetivo final fosse alcançado.

À Universidade Federal de Roraima, Embrapa Roraima, CAPES e ao POSAGRO, respeitáveis instituições, pela oportunidade de realização deste curso e todo apoio.

BIOGRAFIA

DANIELLY TEIXEIRA DA SILVA, filha de Daniel Lima da Silva e Lídia Teixeira da Silva, nasceu em 17 de dezembro de 1985, na cidade de Boa Vista, Roraima. Bacharel em Ciências Biológicas pelas Faculdades Cathedral de Ensino Superior – CATHEDRAL, 2007. Especialista em LATO SENSU–MBA em Perícia e Auditoria Ambiental pelo Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão– IBPEX, 2010. Em 2010, iniciou o mestrado em Agronomia, do Programa de Pós- Graduação, área de concentração Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima- UFRR.

“E eu vos introduzi numa terra fértil, para
comerdes o seu fruto e o seu bem”.
(Jeremias 2:7 a)

SILVA, Danielly Teixeira. Avaliação da qualidade química e biológica do solo em sistema de cultivo em ambiente de savana. 2013. 63p. Dissertação de Mestrado em Agronomia Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

RESUMO

A necessidade de avaliar as propriedades do solo tem crescido devido aos efeitos das práticas de manejo sobre a qualidade do solo. Neste trabalho teve-se como objetivo avaliar a qualidade do solo, tendo como base os indicadores químicos e biológicos de qualidade de solos em ambientes submetidos a diferentes sistemas de uso, incluindo savana natural, plantio de cana-de-açúcar, florestamento com sabiá, plantio consorciado de mandioca + milho + feijão e plantio de coco em agricultura de base ecológica na savana de Roraima. O estudo foi desenvolvido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima - UFRR, Boa Vista – RR. Em cada ambiente de estudo foram abertas quatro mini-trincheiras onde foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0,0 - 0,05 m, 0,05 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, totalizando 16 amostras de solo por cada área e 80 amostras de solos a serem analisadas. As amostras coletadas foram levadas para o laboratório para análises químicas e da matéria orgânica. Os valores de matéria orgânica foram superiores para as áreas cultivadas com cana, variando entre 2,56 a 0,60 g kg⁻¹ nas diferentes profundidades. O cultivo do MMF também obteve valores elevados (2,25 a 0,37 g kg⁻¹). Resultados inferiores foram observados para os tratamentos coco (0,81 a 0,97 g kg⁻¹), sabiá (0,70 a 0,98 g kg⁻¹) e savana (0,73 a 0,85 g kg⁻¹), cujas diferenças significativas ocorreram tanto em profundidades quanto entre os tratamentos. Os tratamentos MMF e cana tiveram maiores valores de CTC, devido aos maiores teores de matéria orgânica, encontrados nas diferentes profundidades. Como a classe de solo foi a mesma para todos os tratamentos (Latossolo Amarelo distrocoeso), a matéria orgânica é responsável pelo aumento de cargas negativas do solo. A saturação por bases (V%) obteve maiores valores para cana (56,82 a 64,20%), seguido por coco e MMF (36,38 a 47,32% e 45,29 a 49,72% respectivamente). O sabiá (7,48 a 12,92%) e savana (5,58 a 13,95%) obtiveram valores inferiores. Os resultados demonstram que a cana, coco e MMF foram os tratamentos que mais contribuíram com nutrientes catiônicos (K, Ca e Mg) para solução do solo. O C-CO₂ liberado na camada de 0,00 – 0,05 m em todas as áreas após 20 dias apresentou crescimento satisfatório sendo que após 25 dias somente a área de sabiá teve aumento em relação às outras áreas, enquanto, na camada de 0,05 – 0,10 m. Quanto a diversidade biológica, para o primer utilizado, grupamentos selecionados ou por tempo ou por tratamento, mostraram que os grupos são bastantes heterogêneos conforme dendrograma apresentado, no entanto, os dados sugerem novos estudos em experimentos adicionais mais conclusivos e eficazes para as análises de PCR-DGGE.

Palavras-chave: Qualidade do solo, carbono do solo, rotação de cultura, cana-de-açúcar

SILVA, Danielly Texeira. Evaluation of chemical and biological soil quality under cultivation system and savanna environment. 2013. 64p. Dissertation of Master in Agronomy - Federal University of Roraima, Boa Vista, 2013.

ABSTRACT

Evaluation of soil properties has grown due to the effects of management practices on soil quality. In this work had as objective to evaluate soil quality, based on the chemical and biological indicators of soil quality in environments subject to different uses, including natural savannah, planting sugar cane, forestry with *sabiá*, crop rotation with cassava + maize + beans, coconut based on agricultural of ecology base in the savanna of Roraima. The study was carried out in the experimental unit of the Agricultural Science Center – CCA, Campus Cauamé of Federal University of Roraima - UFRR, Boa Vista - RR. In each study environment were opened four mini-trenches, and collected soil samples at depths from 0.0 - 0.05 m, 0.05 - 0.10 m, 0.10 – 0.20 m and 0.20 - 0.40 cm, a total of 16 soil samples per area and a total of 80 soil samples to be analyzed. The samples were taken to the laboratory for soil chemical and organic matter analysis. The amounts of organic matter were higher for areas cultivated with sugarcane, ranging from 2.56 to 0.60 g kg⁻¹ at different depths. The cultivation of MMF also obtained high values (2.25 to 0.37 g kg⁻¹). Lower results were observed for treatments coconut (0.81 to 0.97 g kg⁻¹), *sabiá* (0.70-0.98 g kg⁻¹) and savanna (0.73 to 0.85 g kg⁻¹) which significant differences occurred in both depths and among treatments. Treatments MMF and sugarcane had higher CEC values due to higher levels of organic matter, into the different depths. As the soil class was the same for all treatments (Oxisol), organic matter is responsible for increase of the negative charges of soil. The base saturation (V%) showed higher values for sugarcane (56.82 to 64.20%), followed by coconut and MMF (36.38 to 47.32% and 45.29 to 49.72% respectively). The *sabiá* (7.48 to 12.92%) and savanna (5.58 to 13.95%) had lower values. The results show that sugarcane, coconut and MMF were treatments that most contributed to increase the cationic (K, Ca, and Mg) in the soil solution. The C-CO₂ released into 0.0 - 0.05 m in all areas after 20 days showed satisfactory growth and after 25 days only the *sabiá* had increased relative to the other areas, while in the layer of 0.05 - 0.10 m. As the biological diversity for the primer used, or selected groups by time or by treatment showed that the groups are rather heterogeneous as showed in the dendrogram, however, the data suggests further studies in additional experiments more conclusive and effective for PCR –DGGE analysis.

Key-words: Soil quality, soil carbon, crop rotation, sugar cane.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO ₂ durante 30 dias nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm.....	45
FIGURA 2	Dendrograma construído pelo coeficiente de correlação de Pearson e método UPGMA a partir da análise perfil DGGE do gene 16S rRNA de amostras de diferentes sistema de uso do solo	46

LISTA DE TABELA

- TABELA 1** Valores médios do pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de troca efetiva (CTe), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), submetidos a diferentes sistemas de tratamento do solo e profundidades. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%)..... **35**
- TABELA 2** Valores médios da saturação por alumínio (Al), (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de troca efetiva (CTe), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), submetidos a diferentes sistemas de tratamento do solo e profundidades. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%). Letras maiúsculas comparam valores das variáveis nas diferentes profundidades de amostragem. Letras minúsculas comparam valores das variáveis em cada profundidade..... **41**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivos específicos.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	Qualidade do solo.....	15
3.2	Indicadores utilizados na avaliação da qualidade dos solos	18
3.2.1	Indicadores químicos do solo	20
3.2.2	Indicadores Biológicos	22
3.3	Matéria orgânica.....	22
3.4	Propriedades químicas influenciadas pela matéria orgânica	24
3.5	Respiração do solo	25
3.6	Diversidade microbiana	25
3.7	Eletroforese em gel com gradiente de desnaturante –DGGE	27
4	METODOLOGIA	29
4.1	Caracterização das áreas de estudo	29
4.1.1	Localização e acesso	29
4.1.2	Caracterização fitofisionômica	29
4.1.3	Coleta de solo	30
4.1.4	Análises químicas e da matéria orgânica	30
4.1.5	Atividade microbiana avaliada pela produção de C-CO ₂	30
4.1.6	Extração de DNA de solo	31
4.1.7	PCR	31
4.1.8	Eletroforese em gel com gradiente de desnaturantes –DGGE	31
4.1.9	Análise Estatística	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Indicadores químicos	40
5.2	Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO ₂	44
5.3	PCR e DGGE	47
6	CONCLUSÕES GERAIS	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	Anexo	58

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é o resultado de contínuos processos que ocorrem e interferem na dinâmica dos fatores bióticos e abióticos do solo, onde a conservação e a degradação podem refletir na capacidade do solo de funcionar como um ecossistema vital. Neste sentido, o balanço dos componentes químicos, físicos e biológicos do solo constitui uma maneira de aferir a manutenção da qualidade do solo (NILSEN; WINDING, 2002).

A avaliação da qualidade do solo é uma ferramenta importante para se monitorar a capacidade que o solo tem de resistir a interferências antrópicas, evitando a degradação, bem como planejar a implantação de práticas sustentáveis de manejo (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana (GAMA, 2008); despertando forte interesse nos aspectos relacionados ao funcionamento biológico do solo sob sistemas naturais e agrícolas (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003).

Neste contexto, a atividade biológica do solo exerce função na decomposição dos compostos orgânicos, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, sendo apontada como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por alterações de uso e práticas de manejo (TRANNIN, 2007).

Nas Savanas de Roraima, as modificações decorrentes tanto da queima da vegetação de cobertura, uso intenso de máquinas pesadas se fazem sentir na compactação do solo, com aumento da densidade global, na diminuição da porosidade; na menor taxa de infiltração de água no solo, com repercussão na dinâmica interna e armazenamento de água no solo e na aeração. Essas alterações têm efeitos danosos no desenvolvimento das culturas com impedimento ao desenvolvimento radicular e impondo limitações por restrições hídricas (MELO *et al.*, 2010), ações estas que estão diretamente relacionadas com a qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas.

Desta forma, propõe-se neste avaliar os indicadores de qualidade do solo dentro de um enfoque multidisciplinar com o propósito de mitigar os problemas e propor soluções práticas, para racionalizar o uso das terras, tendo como referencial os indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os sistemas produtivos frente aos naturais no que tange aos indicadores de solo mais sensíveis a mudanças no uso pelas ações antrópicas, tendo como sistemas produtivos plantio de cana-de-açúcar, florestamento com sabiá, plantio consorciado de mandioca + milho + feijão e plantio de coco em agricultura de base ecológica e um sistema de savana natural.

2.1 Objetivos Específicos:

- 2.1.1 Determinar os indicadores químicos: pH, cátions trocáveis, P, SB, CTC.
- 2.1.2 Determinar a atividade microbiana por meio da produção de C-CO₂.
- 2.1.3 Determinar a diversidade microbiana em amostras de solos por meio da técnica do PCR/DGGE.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Qualidade do Solo

O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70 e durante os 10 anos seguintes estiveram muito associados ao conceito de fertilidade (KARLEN *et al.*, 2003). Acreditava-se, por exemplo, que um solo quimicamente rico era um solo com alta qualidade, isto porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu principalmente nos últimos 10 anos, e, num entendimento mais amplo, percebe-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas, também, possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos (ZILLI *et al.*, 2003).

Nesse sentido, as definições mais atuais de qualidade do solo são baseadas na multifuncionalidade do solo e não apenas no uso específico, mas este conceito continua a evoluir (SINGER & EWING, 2000). Estas definições foram sintetizadas pelo Comitê de Saúde da Sociedade de Ciência do Solo da América (KARLEN *et al.*, 1997). Assim, a qualidade do solo ficou definida como a capacidade de funcionamento do solo dentro dos limites de um ecossistema natural ou geridos, sustentando a produtividade de plantas e animais, bem como mantendo ou melhorando a qualidade do ar e da água, e sustentando a saúde humana e do habitat (DORAN; PARKIN. 1994).

A preocupação com a qualidade do solo não é nova conforme LOWDERMILK (1953) e KARLEN *et al.*, (1997). Esses autores explicam que no passado, esse conceito foi igualado com a produtividade agrícola por diferenciação feita entre pobres da terra e do solo. Terra de qualidade foram aquelas que permitiram a maximização da produção e minimização de erosões. Para classificar os sistemas foram gerados com base nessas ideias (DORAN E PARKIN, 1994). Estes incluíam termos como terras férteis. O conceito de qualidade do solo tem sido associado à sustentabilidade. Este conceito também inclui atributos como fertilidade, produtividade potencial, sustentabilidade e qualidade ambiental. Simultaneamente, a qualidade do solo é uma ferramenta utilizada para entender a utilidade e de saúde deste recurso. Apesar de sua importância, a ciência do solo não avançou o suficiente para definir claramente o que se entende por qualidade.

O termo qualidade do solo começou a ser reconhecido conforme as funções do solo: (1) promover a produtividade do sistema sem perder suas características químicas, físicas e biológicas (produtividade biológica sustentável), (2) reduzir os poluentes ambientais e

patógenos qualidade (ambiental) e (3) promover a saúde das plantas, animais e seres humanos (DORAN E PARKIN, 1994, KARLEN et al., 1997)

O entendimento atual do conceito de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN & SEMENOV, 2000; SPOSITO & ZABEL, 2003). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo refere-se à capacidade do solo sustentar a produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e animais e do próprio ser humano (DORAN et al., 1996; SPOSITO & ZABEL, 2003).

A qualidade e a saúde do solo são conceitos equivalentes, nem sempre considerados sinônimos (DORAN e PARKIN, 1994). A qualidade deve ser interpretada como a utilidade da terra para um propósito específico em um amplo espectro de tempo (CARTER *et al.*, 1997).

Para Gregorich *et al.* (1994) a qualidade do solo é uma medida da sua capacidade para funcionar corretamente em relação a uma utilização específica (ARSHAD e COEN, 1992). Porém foi dada a esse conceito uma conotação verde, definida como a capacidade de aceitar, armazenar e reciclar água, minerais e produção de culturas energéticas, a preservação de um ambiente saudável.

A qualidade do solo é constituída de dois elementos, um natural ou inerente, determinado por materiais geológicos e processos de formação do solo (tais como intemperização química e física), e outro dinâmico, determinado por práticas de seu manejo (GREGORICH, 2002). O elemento natural da qualidade do solo é constituído por características básicas praticamente inalteráveis do mesmo, tais como textura e constituição químico - mineralógica, as quais auxiliam na definição de um dado tipo de solo.

Por sua vez, o elemento dinâmico da qualidade do solo é constituído por propriedades bastante modificáveis, tais como estrutura e teor de matéria orgânica, as quais podem indicar o estado da qualidade atual de um solo em relação ao seu potencial, de forma análoga como a turbidez da água ou o conteúdo de oxigênio indica o estado da qualidade da água de um rio (BRADY, 2002).

Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO & ZABEL, 2003).

Em contrapartida, Doran (2000) descreve que a perda da qualidade do solo é determinada quando há o rompimento dos componentes a ele inseparável, ou seja, as propriedades físicas, químicas e biológicas que o determina, dentro das restrições impostas pelo clima e o ecossistema, influenciadas pelas decisões de uso da terra e práticas de manejo.

O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (MENDES, 2002). Assim, faz-se necessário o monitoramento dos solos manejados com vista à preservação da sua qualidade para que o mesmo possa proporcionar uma produção continuada.

No meio científico, além desses parâmetros, figuram as avaliações de atividade microbiana, como a respiração do solo e a utilização de fontes de carbono e o tamanho e biodiversidade de macro e micro-organismos (TURCO & BLUME, 1999).

FIALHO et al (2006) avaliando áreas sob vegetação natural e cultivos de bananeiras na Chapada do Apodi (CE), encontrou que o uso agrícola causa alterações ambientais que reduzem a biomassa e a atividade microbiana, tendo como consequência a redução de sua qualidade, quando comparado à área sob mata natural.

A necessidade de avaliar as propriedades do solo tem crescido devido ao interesse dos pesquisadores e agricultores em saber quais são os efeitos das práticas de manejo sobre a qualidade do solo, já que é uma questão que está diretamente relacionada à sustentabilidade das funções dos agroecossistemas. É considerável afirmar que quando a terra é utilizada em conformidade com sua capacidade, ou seja, com sua aptidão para exercer a sua função efetivamente isso provavelmente depende de se adotar um sistema agrícola sustentável para este fim (SCHOENHOLTZ *et al*, 2000).

Assim, a matéria orgânica fornece muitos benefícios para o solo. Ao aumentar a matéria orgânica deve aumentar a taxa de aplicação de pesticidas, o que resulta num efeito negativo (SCHOENHOLTZ *et al*, 2000).

Outro exemplo de efeitos negativos, dificilmente reconhecidos no contexto da qualidade do solo, é o número de vermes. Primeiro, esses invertebrados beneficiam significativamente a produção agrícola, mas depois, aumentam o fluxo e movimento rápido de contaminantes superficiais aplicados no solo e atuam como vetores de doenças de plantas (SCHOENHOLTZ *et al*, 2000).

3.2 Indicadores Utilizados na Avaliação da Qualidade dos Solos

Apesar da preocupação crescente com a degradação do solo, a diminuição da sua qualidade e seu impacto na saúde humana e do meio ambiente, ainda não há critérios universais para avaliar alterações na qualidade do solo (ARSHAD E COEN, 1992). A fim de operacionalizar este conceito, é necessário dispor de variáveis que podem ser utilizadas para avaliar as condições do solo.

Segundo Adriaanse (1993) indicadores são ferramentas analíticas que simplificam, quantificam e comunicam fenômenos complexos. Tais indicadores são aplicados em diversas áreas do conhecimento (economia, saúde, recursos naturais, etc.)

A avaliação da qualidade dos solos é feita através de indicadores que podem ser características (atributos) físicas, químicas e biológicas e processos que ocorrem no solo como associações simbióticas tais como micorrizas (ocorre na maioria das plantas cultivadas) e associações entre rizóbios e leguminosas. Os indicadores são mensurados para monitorar sistemas de manejo que induzem modificações no solo (D'ANDRÉA *et al*, 2002).

Os indicadores utilizados devem refletir as restrições de solo principais, de acordo com a função ou as funções principais são avaliados, como sugerido por Astier *et al* (2002). Hünнемeyer *et al*. (1997) estabeleceu que os indicadores devem permitir: (a) analisar a situação atual e identificar os pontos críticos no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, (b) analisar os impactos potenciais antes da intervenção, (c) monitorar o impacto das ações humanas e (d) ajudar a determinar se o uso de recursos é sustentável.

Os indicadores podem ser medidos por métodos qualitativos e quantitativos: A quantitativa seria medir a taxa de infiltração de água do solo. A avaliação qualitativa tem um elemento de subjetividade e, portanto, a avaliação deve ser feita por uma única pessoa ao longo do tempo para minimizar a variabilidade dos resultados. Já a medida quantitativa pode ser feita por diferentes pessoas obtendo-se resultados similares (D'ANDRÉA *et al*, 2002).

Para avaliação da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos do solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação. A proposta atual é a definição de um conjunto mínimo de atributos químicos, físicos e biológicos, que, acompanhados ao longo do tempo, são

capazes de detectar as alterações da qualidade do solo em função do manejo (D'ANDRÉA *et al*, 2002).

Os indicadores da qualidade dos solos possuem determinadas características que possibilitam a sua utilização tais como ():

- a) Fáceis de mensurar;
- b) Capazes de medir modificações nas funções básicas do solo;
- c) Sensíveis às variações de manejo;
- d) Podem ser aplicáveis às condições de campo;
- e) Representativos dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo;
- f) Podem ser avaliados por métodos qualitativos e quantitativos;

O critério para escolha dos indicadores da qualidade dos solos é a sua relação com características específicas do solo.

De um modo geral os DORAN e PARKIN, 1994 indicadores da qualidade do solo podem ser classificados, conforme (GOMES, 2001), em quatro grupos; visuais, físicos, químicos e biológicos. Ainda que esta divisão em grupos seja usual, o pesquisador salienta que estes atributos e processos, em sua maioria, são inter-relacionados.

Sendo assim, os melhores indicadores da qualidade do solo são aqueles que agregam os efeitos combinados de diversas características ou processos do solo, estando associados à função para a qual se pretende usar o mesmo. Dessa maneira, Gomes (2011) define que um bom indicador deve ser de fácil medida, respondendo às mudanças propostas, estar relacionado com os requerimentos de qualidade do solo, e ter um limite claro entre o que é sustentável e não sustentável.

Condições para alcançar os indicadores de qualidade do solo foram citadas por (DORAN e PARKIN, 1994) estas necessitam:

- a) Descrever os processos do ecossistema;
- b) Integrar os grupos físicos químicos e biológicos do solo;
- c) Refletir os atributos de sustentabilidade a serem medidos;
- d) Ser sensível a mudanças no clima e gestão;
- e) Acessível para muitos usuários e aplicável a condições de campo;
- f) Ser reprodutível;
- g) Ser fácil de entender;
- h) Sensíveis a alterações que ocorrem no solo como um resultado da degradação antropogênica.

Dado que existem muitas propriedades alternativas para avaliar a qualidade do solo, LARSON E PIERCE (1991), DORAN E PARKIN (1994) e SEYBOLD *et al.*, (1997) levantou um conjunto mínimo de propriedades do solo a ser utilizados como indicadores para avaliação de alterações que ocorrem no solo com o tempo. Os indicadores disponíveis para avaliar a qualidade do solo podem variar de local para local, dependendo do tipo e da função, utilização, e os fatores de formação do solo (ARSHAD E COEN, 1992).

A identificação eficaz de indicadores apropriados para avaliar a qualidade do solo depende do objetivo, para considerar os vários componentes da função do solo, em particular a produção e o meio ambiente. A identificação é complicada pela multiplicidade de processos químicos, físicos e biológicos que controlam os processos biogeoquímicos e sua variação na intensidade com o tempo e espaço (DORAN *et al.*, 1996).

3.2.1 Indicadores Químicos do Solo

Apresentam relevância nos estudos, tanto agronômicos quanto ambientais, normalmente agrupados em quatro classes: a) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento. Ex: pH, carbono orgânico; b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions. Ex: tipo de argila (1:1 ou 2:1), CTC, CTA, óxidos de ferro; óxidos de alumínio; c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas. Ex: N, P, K, Ca, Mg e elementos traços (micronutrientes); d) aqueles que indicam contaminação ou poluição. Ex: Metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxicos (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Os indicadores químicos propostos referem-se a tais condições que afetam as relações solo-planta, qualidade da água, a capacidade tampão do solo, disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e microorganismos (IQS, 1996). Alguns indicadores são a disponibilidade de nutrientes, carbono orgânico total, lábil de carbono orgânico, pH, condutividade elétrica, capacidade de adsorção de fosfato, capacidade de troca catiônica, as mudanças na matéria orgânica, nitrogênio total e nitrogênio mineralizável.

3.2.2 Indicadores Biológicos

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais como: a atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana, são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso

agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (TURCO *et al.*, 1994; SANTANA & BAHIA FILHO, 1998; DORAN & PARKIN, 1996).

As atividades de interação entre a biota do solo é um requisito implícito para a prestação de funções do solo, tanto ecológica e sócio-econômica. A Biota do solo atua na decomposição da matéria orgânica, media os processos do solo que suprem nutrientes, regulariza o abastecimento de água e traça as emissões de gases, modifica a estrutura do solo, além de ser um importante recurso genético e uma componente significativa, mas em grande parte desvalorizada, da biodiversidade terrestre. Logicamente, que os componentes biológicos do solo são consideráveis como indicadores de qualidade do solo-embora os detalhes mecanicistas das relações entre a biota do solo e as funções associadas são ainda imperceptíveis (SPARLING, 1997).

Indicadores biológicos integram grande número de fatores que afetam a qualidade do solo e pela abundância de organismos micro e macro, incluindo bactérias, fungos, nematóides, minhocas, anelídeos e artrópodes. Incluem funções como respiração, ergosterol e outros subprodutos de fungos, as taxas de decaimento de resíduos vegetais, N e biomassa microbiana C (IQS, 1996, KARLEN *et al.*, 1997). À medida que a biomassa microbiana é muito mais sensível a alterações do que o total de C tem sido proposto relação $\frac{\text{microbiana C}}{\text{orgânica do solo C}}$ para detectar alterações precoces na dinâmica da matéria orgânica (SPARLING, 1997).

A microbiota do solo é considerada um bioindicador da qualidade do solo (VARGAS & SCHOLLES, 2000), tendo em vista ser uma medida do status biológico do solo (SANTOS e CAMARGO, 1999). Os microrganismos são muito sensíveis e podem ser influenciados pelos fatores bióticos e abióticos (VARGAS & SCHOLLES, 2000; ANDRADE, 1999). Dentre esses fatores que Influenciam na atividade microbiológica pode-se citar o clima e a umidade como fatores abióticos e a cobertura vegetal de um solo como os fatores bióticos.

Nesse sentido, as condições de clima quente ou frio podem influir de maneira direta ou indireta no intemperismo das rochas, na conservação e fertilidade do solo, textura, cor, compactação e a quantidade de organismos que vivem no solo. Pois a população microbiana varia de acordo com as características das espécies vegetais, edáficas e climáticas específicas de cada ambiente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Assim os fatores climáticos influem, também, na velocidade e no vigor da hidratação, oxidação, hidrólise, entre outros processos químicos do solo. O intemperismo, que é um processo físico,

químico e biológico, atua na litosfera em conjunto, causando a desagregação física e a decomposição química dos minerais das rochas expostas às condições atmosféricas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Os processos microbianos são uma parte integral da qualidade do solo e a atividade dos microrganismos do solo pode servir como indicador biológico para a compreensão da estabilidade e produtividade dentro de um sistema (TURCO & BLUME, 1999). Um indicador biológico é frequentemente definido como a presença ou ausência de certa espécie (planta ou animal) em dada área, associada a determinada condição ambiental. Em muitos casos, uma espécie representativa é selecionada e as alterações observadas na população são indicativas das condições dos outros componentes biológicos do ecossistema (TURCO & BLUME, 1999). Essa estratégia é bastante útil, uma vez que elimina a necessidade de se estudar todos os indivíduos da comunidade biológica.

Uma vez que a abundância e atividade dos microrganismos são muito suscetíveis às variações sazonais (sazonalidade dos fatores abióticos), principalmente temperatura e umidade. Além disso, a biomassa microbiana fornece apenas uma estimativa quantitativa da diversidade de microrganismos, não considerando sua composição, ou a estrutura das comunidades microbianas. Assim, compreende-se ser necessário agregar ao conhecimento da biomassa microbiana informações sobre seus aspectos qualitativos, de forma a permitir uma avaliação mais adequada da qualidade de um solo.

Já a diversidade microbiana como indicador vem das observações de que os microrganismos, em último nível, são os responsáveis por recuperarem formas de energia e nutrientes que outros organismos mais evoluídos, como os animais, não conseguem (LOUREAU, 2001). A diversidade pode ser medida por intermédio de índices matemáticos, que levam em consideração informações taxonômicas na definição das unidades de medida (taxa). Alguns índices, como o de diversidade, de Shannon Weaver, Simpson e Hill; de riqueza, de Margalef e Menhinik; e de equitabilidade, de Pielou, fornecem informações importantes acerca do padrão de distribuição de espécies microbianas dentro do ecossistema (KENNEDY, 1999).

3.3 Matéria Orgânica do Solo

A matéria orgânica do solo é representada pelos resíduos vegetais em vários estágios de decomposição, incluindo a fração mais estável denominada húmus, biomassa microbiana, sistema radicular das plantas e restos culturais depositados na superfície do solo (BAYERS; MIELNICZUK, 2008).

O teor de matéria orgânica é provavelmente o principal indicativo da qualidade do solo, pois o seu declínio ao longo do tempo indica alguma inadequação no sistema de manejo adotado, podendo ser baixa fertilidade, déficit na produção de resíduos vegetais, excesso de revolvimento do solo, erosão acelerada, entre outros, assim como o incremento indica manejo eficiente do solo (MIELNICZUK, 2008).

Um dos principais fatores responsáveis pelos baixos teores de matéria orgânica nas regiões de clima tropical e subtropical é a dificuldade de produção de biomassa. No entanto, nessas áreas o principal limitante de produtividade é o teor de N no solo, por este ser um dos constituintes das proteínas das plantas, e conseqüentemente, afetando a produção de biomassa (BAYER; MIELNICZUK, 2008). A interação de componentes minerais do solo e a matéria orgânica é um fator importante para compreender por que solos de regiões tropicais, apesar das temperaturas mais elevadas, apresentam conteúdos semelhantes de MO, comparativamente a solos de regiões temperadas. Nas regiões tropicais, de maneira geral, os solos apresentam grau mais avançado de intemperismo, havendo predomínio, na fração argila, de minerais, como óxidos de ferro e alumínio - entre outros - e argilossilicatos, como caulinita. A elevada área de superfície específica e os grupos funcionais dispostos na superfície determinam a grande interação desses minerais e a MOS. Como resultado, observa-se maior estabilidade da fração orgânica à decomposição pelos microrganismos (MURAGE, 2007).

Dentre os benefícios gerados pela MOS, destacam-se a melhoria das condições físicas do solo e o fornecimento de energia para o crescimento microbiano (SILVA & RESCK, 1997), o que reflete em maior ciclagem de nutrientes e aumento da CTC do solo (PAES *et al.*, 1996). Estes e outros benefícios conferem à MOS um papel fundamental na avaliação da qualidade do solo (MIELNICZUK *et al.*, 2003).

A avaliação da matéria orgânica (MO) do solo pode ser feita pelo teor de carbono orgânico total, que é considerado como um indicador chave da qualidade do solo, onde se destaca o húmus, originado da degradação química e biológica de resíduos orgânicos (animais e vegetais) e da atividade sintética da biota do solo. A entrada de MO no solo está relacionada, principalmente, com o aporte de resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas, liberação de exsudados radiculares, lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e transformação desses materiais carbonados pelos macro e microorganismos do solo, processo estes que fazem parte da biosfera (PEIXOTO, 2008).

Vários trabalhos desenvolvidos nas zonas tropicais têm demonstrado o importante papel desempenhado pela matéria orgânica sobre as propriedades edáficas que intervêm

na fertilidade do solo. Nos últimos anos, em razão do efeito estufa, existe interesse cada vez maior na identificação de sistemas de manejo de culturas e pastagens que favoreçam maior manutenção da matéria orgânica no solo. As pastagens cultivadas aparecem com forte potencial de armazenamento de carbono e, para as culturas anuais, grande interesse tem sido atribuído aos sistemas de manejo que preconizam o cultivo mínimo.

3.4 Propriedades Químicas influenciadas pela matéria orgânica

A matéria orgânica através da deposição da palhada no solo influencia significativamente nos atributos químicos do solo. Muitos nutrientes apresentam interação com a matéria orgânica influenciando na ciclagem e adsorção dos nutrientes, evitando desta forma perdas por lixiviação, com liberação gradativa às plantas em curto espaço de tempo (BRONICK; LAL, 2005). Esta influência da matéria orgânica nas características químicas dos solos ocorre pela geração de cargas provenientes da matéria orgânica mais humificada, denominada de substâncias húmicas (SH) por apresentarem alta superfície específica comparada com as argilas do solo (ALVAREZ-PUEBLA *et al.*, 2005). Em decorrência disto, influenciam significativamente na capacidade de troca catiônica (CTC), no ponto de carga zero (PCZ) e complexão de elementos tóxicos.

A influência da matéria orgânica na CTC torna-se de grande importância para os solos tropicais, contribuindo com 20-90% da CTC das camadas superficiais de solos minerais e praticamente, toda a CTC dos solos orgânicos (SILVA, 2006).

Outro aspecto importante da CTC dos solos é que:

- As cargas negativas atraem íons H^+ , funcionando desta forma como reservatório desses íons que estão em equilíbrio com o H^+ da solução do solo. Desta forma, aumenta o poder tampão do solo, influenciando na variação do pH deste solo.

- Apresenta maior capacidade de retenção de água. Em solos tropicais e subtropicais a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos, a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção de nutrientes e na diminuição de sua lixiviação.

O pH influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, a absorção e utilização deles pela planta (MC BRIDE & BLASIAK, 1979; FAGERIA *et al.*, 1997).

3.5 Respiração do Solo

A respiração do solo representa a soma total da atividade metabólica do solo e os processos biológicos responsáveis por esse fenômeno que são a respiração microbiana, a respiração da fauna do solo e a respiração das raízes do solo (LUNDEGARTH, 1927). A atividade da microbiota do solo pode ser avaliada de diversas formas, como pela medição da sua biomassa, da atividade de certas enzimas no solo, medidas da respiração basal (TÓTOLA, 2002). Assim como outros processos metabólicos, a respiração é dependente do estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo, como: a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a relação C/N, a presença de resíduos orgânicos, entre outros. Altas taxas de respiração podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM, 2000).

A respiração reflete diretamente a atividade de microrganismos heterótrofos do solo e estes são importantes nos processos de ciclagem de nutrientes que têm como consequência a fertilidade e a qualidade do ambiente (PAUL & CLARK, 1996; SCHINNER *et al.*, 1996). Medidas de respiração são determinadas tanto através de produção de CO₂, como de consumo de O₂; embora as medidas de CO₂ sejam consideradas mais sensíveis (PAUL & CLARK, 1996). Como os solos variam na sua composição e características físico-químicas, também a população microbiana varia em consequência da adaptação ao ambiente (PAUL & CLARK, 1996; SCHINNER *et al.*, 1996).

Uma das medidas indiretas da biomassa microbiana é feita através do método de respiração induzida por adição de substrato facilmente degradável, como por exemplo a glicose, e medidas da resposta respiratória das populações microbianas (ANDERSON & DOMSCH, 1978; SCHINNER *et al.*, 1996). Esta resposta respiratória é proporcional à quantidade de carbono microbiano presente no solo, cujo valor é obtido após aplicação de um fator de conversão (ANDERSON & DOMSCH, 1978; SCHINNER *et al.*, 1996).

3.6 Diversidade Microbiana

A proposta de se utilizar a diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo vem das observações de que os microrganismos, em último nível, são os responsáveis por recuperarem formas de energia e nutrientes que outros organismos mais evoluídos, como os animais, não conseguem (LOREAU, 2001).

A importância da caracterização da diversidade microbiana nos solos está em: aumentar o conhecimento das fontes de diversidade genética em uma comunidade;

entender os padrões de distribuição relativa dos microrganismos; aumentar o conhecimento do papel funcional dessa diversidade em diferentes situações, dentre elas a presença de contaminantes; entender a regulação da biodiversidade; entender o envolvimento da biodiversidade no funcionamento e na sustentabilidade dos ecossistemas de acordo com as condições ambientais (SANTOS, 2006).

A diversidade microbiana estrutural e funcional do solo tem sido estudada recentemente através de métodos que se baseiam na investigação de parte da sequência do DNA, notadamente os genes que codificam o 16S rRNA em bactérias e o 18S rRNA em fungos, que são amplificados pela Reação em Cadeia da Polimerase (PCR – Polymerase Chain Reaction) e posteriormente, caracterizados através da clonagem e sequenciamento ou, então, analisados por eletroforese através das técnicas da Análise de Restrição do DNA Ribossomal Amplificado (ARDRA- Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis), Polimorfismo de Comprimento de DNA Amplificado ao Acaso (RAPD – Random Amplified Polymorphic DNA), Análise do Espaçador Intergênico Ribossomal (RISA- Ribosomal Intergenic Spacer Analysis), Eletroforese em Gel com Gradiente de Desnaturantes (DGGE- Denaturing Gradient Gel Electrophoresis), Eletroforese em Gel com Gradiente de Temperatura (TGGE - Temperature Gradient Gel Electrophoresis) e Polimorfismo Conformacional da Fita Simples (SSCP- Single Strand Conformational Polymorphism) Onde um perfil de fragmentos de DNA do micro-organismo ou da comunidade é obtido (RANJARD *et al.*, 2000; KOZDROJ & VAN ELSAS, 2001).

Embora haja diferenças entre as várias metodologias empregadas nos estudos de perfis de fragmentos de DNA de microrganismos ou comunidades microbianas, seus resultados são expressos na forma de dendrogramas, nos quais são mostrados os agrupamentos entre os microrganismos ou entre as comunidades microbianas.

CHEN *et al.*, (2005) realizaram estudo com objetivo de caracterizar microrganismos bacterianos e fúngicos, bem como estudar a distribuição da diversidade destes em três usos de terra no cerrado. As amostras de solo foram coletadas em três locais pertencentes ao Instituto Federal Goiano localizado na cidade de Urutaí. Os três usos do solo são pastagens (P) mata (M) e área de cultivo em Pivô (C). Assim, o autor sustenta que foram coletadas três amostras de solos nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Em cada uso de terra foram coletadas cinco amostras simples que foram misturadas compondo respectivamente três amostras compostas. O número de UFC (Unidades Formadoras de Colônias) na mata foi superior a de pastagem e agricultura tanto no meio seletivo com fungicida como com antibiótico. Logo a profundidade do solo

que apresentou maior UFC foi de 0-20 cm em todas as áreas analisadas e o gênero *Penicillium* apresentou maior frequência.

Nessa perspectiva, o autor mencionado acima relata que por meio do estudo foi possível observar o efeito de parâmetros do solo na população microbiana. Pois, a concentração de microorganismos diminui à medida que se aprofunda o perfil do solo. Do mesmo modo, o autor observou que o solo sob vegetação de mata apesar de apresentar fertilidade mais baixa e mais ácido foi o que apresentou maior densidade de microorganismos, devido ao maior teor de MO.

3.7 Eletroforese em Gel com Gradiente de Desnaturantes- DGGE

Inicialmente desenvolvida para análises de mutações, a técnica de DGGE (eletroforese em gel com gradiente de desnaturantes) foi posteriormente ajustada e utilizada para análises de comunidades microbianas por Muyzer 1993. Desde então vem sendo amplamente utilizada e é hoje considerada uma técnica importante para estudos em ecologia microbiana.

Nesses estudos, regiões de DNA das diferentes espécies microbianas presentes em uma determinada comunidade, previamente amplificadas por PCR, são separados com relação a suas seqüências de bases nucleotídicas ao invés de seu tamanho (como em um gel de agarose). É necessário que um dos iniciadores apresente uma região rica em G+C (grampo G-C) para impedir a total desnaturação da dupla fita do DNA durante a eletroforese (FUNGARO, 1996).

Esta técnica consiste em um gel de poliacrilamida contendo um gradiente crescente de uréia e formamida (desnaturantes). Esses agentes desnaturantes favorecem o rompimento das ligações (pontes de hidrogênio) entre os nucleotídeos, provocando a abertura das fitas. Variações nas seqüências nucleotídicas levam a uma diferença nas condições de desnaturação e as moléculas com diferentes seqüências vão cessar sua migração em posições diferenciadas no gel (FUNGARO, 1996).

A análise dos géis de DGGE é realizada através da comparação dos perfis de bandas das diferentes amostras. Em Ecologia, estudam-se, principalmente, diferenças espaciais e temporais de amostras ambientais, assim como entre diferentes condições abióticas. Essas análises podem ser feitas através de construção de matrizes que possibilitam o estudo estatístico dos perfis.

Existem vários protocolos que permitem a extração de DNA, alguns mais laboriosos e outros mais simplificados. Para fins de PCR é possível utilizar métodos rápidos e simplificados, uma vez que essa técnica requer quantidades mínimas de DNA e este não precisa apresentar alto grau de pureza, podendo ser extraído a partir de amostras de ambientes complexos, tais como solos, rios e açudes, alimentos e amostras clínicas. Para a detecção de um dado fungo em qualquer tipo de amostra é necessário se ter primers que propiciem a amplificação de um gene ou segmento específico daquela espécie ou daquela função que se deseja identificar.

Assim, o desenvolvimento de procedimentos de diagnóstico baseados em PCR requer o conhecimento de seqüências de nucleotídeos de pelo menos parte da região alvo a fim de que primers específicos possam ser desenhados (FUNGARO, 1996).

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização das áreas de Estudo

4.1.1 Localização e acesso

O estudo foi desenvolvido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima, BR 174, km 12, no município de Boa Vista – RR, coordenadas geográficas de referências 02° 52' 49' N e 60° 42' 89' W. O solo é do tipo Latossolo Amarelo Distrocoeso, em ambientes de savana, sob cultivo consorciado de milho + mandioca + feijão caupi, plantio de cana, coco e plantio florestal com sabiá.

4.1.2 Caracterização fitofisionômica

Área de estudo compreende parte dos “Campos de Roraima”, inseridos no domínio de savana, que se caracteriza por uma cobertura vegetal rasteira, gramíneas dos gêneros *Traquipogon* e *Andropogon*, e descontinua com ocorrência de espécies arbóreas, predominando o Caimbé (*Curatella amaricana*) e Murici (*Byrsonima coccolobifolia*), nas partes mais altas (BENEDETTI *et al.*, 2011).

As áreas definidas como objetos de estudos, definidas como tratamentos, estão distribuídas numa faixa de 300 m de extensão dentro do Campus Cauamé, identificadas com as seguintes feições:

1 - Savana natural,

2 - Plantio Florestal com Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) por mais de vinte anos;

3 - Agricultura de base agroecologia com coqueiro (*Cocos nucifera*) utilizado na recuperação de solo degradado por erosão e altamente compactado no qual foi adicionado composto orgânico feito a base de esterco bovino e palhada;

4 - Cultivo consorciando de milho, feijão e mandioca por mais de dez anos, após a erradicação de uma plantação de banana.

5 - Cultivo de cana-de-açúcar por 08 anos em sucessão a cultivo de hortaliças por mais de 10 anos.

4.1.3 Coleta de Solo

Em cada ambiente de estudo foram abertas quatro mini trincheiras escolhidas de forma aleatórias em cada ambiente (tratamentos), distanciadas entre si por 10 m de num formato quadrangular, representando as repetições. Em cada trincheira foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0,0 - 0,05 cm, 0,05 - 0,10 cm, 0,10 - 0,20 cm e 0,20 - 0,40 cm, totalizando 16 amostras de solo por cada área e 80 amostras de solos a serem analisadas.

As amostras coletadas foram embaladas e acondicionadas em saco impermeável e identificadas com os dados dos ambientes de coleta e levadas para o laboratório para serem feitas as análises.

4.1.4 Análises químicas e da matéria orgânica

O pH foi determinado em água utilizando-se proporções de 1:2,5 (v/v) de solo:solução. Os cátions trocáveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}), extraídos em KCl 1 mol L^{-1} , determinados por espectrometria de absorção atômica. O Al^{3+} , extraído por KCl 1 mol L^{-1} , foi determinado volumetricamente por titulação com NaOH 0,025 mol L^{-1} . A acidez potencial foi determinada após extração com acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} a pH 7,0 sendo o H^+ + Al quantificados por titulação com NaOH (EMBRAPA, 1997). P , K^+ e Na^+ foram extraídos por extrator Mehlich-1, determinando-se o K^+ e o Na^+ por fotometria de chama e o P por colorimetria (EMBRAPA, 1997). A partir dos resultados obtidos do complexo sortido foram calculados os valores para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T) e efetiva (t), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Yeomans & Bremner (1988) e o nitrogênio do solo foi determinado pelo método de destilação Kjedahl (EMBRAPA, 1999).

4.1.5 Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO_2

Para a realização da respiração utilizou-se 50g de solo. Os mesmos foram acondicionados em frascos de 100 mL, e num segundo frasco de mesmo volume ou um pouco menor foram acrescentados 10 mL de uma solução 1Molar de NaOH . Ambos os frascos foram colocados em uma jarra de 3L hermeticamente fechada. Foram utilizados 03 provas em branco onde foram acrescentados 10 mL da solução 1Molar de NaOH . Ambas as provas também foram colocadas em uma jarra de 3L hermeticamente fechada.

Foram feitas anotações do período de incubação. Após cinco dias foi realizada a 1ª bateria de titulação. Num período de 30 dias com intervalos de cinco dias, foram realizadas 06 leituras para cada amostra e provas em branco, com três repetições.

4.1.6 Extração de DNA de solo

Para a extração de DNA de solo utilizou-se o protocolo do Kit NucleoSpin®Soil da Macherey – Nagel, onde o princípio básico da extração de DNA de solo consiste de uma alíquota de solo em uma solução contendo detergentes que enfraquecem as paredes celulares dos microrganismos, as células sob forte agitação se rompem, liberando no meio seus componentes moleculares. A extração é finalizada com etapas de purificação do DNA liberado na solução.

4.1.7 PCR

Para a realização da PCR o protocolo e o programa utilizado no laboratório da Embrapa-RR foram adaptados do método de Peixoto Neto et al. (2002). As seqüências dos iniciadores e do grampo GC que foi utilizado são:

Primers	Sequencia
L1401	5'-GCGTGTGTACAAGACCC- 3'
U968-GC	(5'-CGCCCGGGGCGCGCCCC GGGCGGGGCGGGGGCACGGGGGGAACGCGAAGAACCTCAC-3'

4.1.8 Eletroforese em Gel com Gradiente de Desnaturantes- DGGE

Para a realização do DGGE foi utilizado o protocolo Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) Protocol de Milan Macek M.D. for Hum Mutation 9: 136/1997.

Os experimentos com DGGE foram realizados com o equipamento “Dcode™ Universal Mutation Detection System” (BIO-Rad, Richmond, EUA). O gradiente do gel desnaturante foi ajustado de acordo com o fragmento de DNA amplificado por PCR.

O gel utilizado foi de poliácridamida com um gradiente linear de desnaturantes de 40% a 60%, formados a partir de soluções estoque de poliácridamida (6%), uma com 0% e outra contendo 100% dos agentes desnaturantes (100% corresponde a 7M de uréia e 40% de formamida deionizada), conforme foi calculado.

Os dados químicos foram submetidos a análises de variância e submetidos a testes de médias de 5%.

4.1.9 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância utilizando o programa SISVAR 5.0 (Ferreira, 2010), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os gráficos foram construídos utilizando o programa Sigmaplot 11.1 (Systat Software, 1999).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Indicadores Químicos

Os dados químicos são indicadores dos teores de nutrientes presentes no solo para melhor entendimento da disponibilidade dos mesmos para as plantas, a relação entre nutriente e planta, se há toxidez de alguns elementos ou excesso de sais.

Os valores de pH (Tabela 1) foram mais elevados nos sistemas de cultivo com cana e o Consórcio mandioca + milho + feijão (MMF), com acidez fraca (superior a 6,0) nas três primeiras profundidades do solo. O aumento do pH nessas formas de manejo está diretamente relacionado com as práticas adotadas, principalmente a calagem. O incremento de matéria orgânica, conforme pode ser observado, corroboram com Pavan *et al.* (1997) quando observaram que o acúmulo de matéria orgânica no solo significa redução de perdas de ânions orgânicos do sistema e aumento do consumo de H^+ , reduzindo a acidez do solo. O maior acúmulo de ânions orgânicos em lavoura adensada aumenta o consumo de H^+ , liberado na rizosfera em resposta à absorção de NH_4^+ e H^+ produzido pela oxidação de NH_4^+ ou $R-NH_2$ a NO_3^- (THEODORO *et al.* 2003).

Os sistemas de manejo Cana e MMF, quando comparados com o solo sob savana natural e sabiá, os quais não receberam calagem e adição de fertilizantes, indicam que a adoção de cultivos com práticas sistemas de cobertura do solo com restos culturais, nestes ambientes, tem contribuído para melhoria das condições químicas do solo. Caires *et al.* (2003) obtiveram maiores valores de pH na profundidade de 0-5 cm devido à calagem realizada, fato não observado no presente estudo. Em experimento com cana-de-açúcar sob diferentes formas de relevo, Souza *et al.* (2004) não observaram variabilidade do pH para as profundidades 0-20 e 60-80 cm.

Na profundidade de 0-5 cm, os maiores valores de pH foram observados nos tratamentos cana e MMF (5,83 e 6,04 respectivamente), diferindo dos valores encontrados para coco, sabiá e savana (4,91, 4,37 e 4,78 respectivamente).

Para as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, os maiores valores para o pH foram observados para as culturas do coco (5,69 e 5,90), cana (6,22 e 6,34) e MMF (6,10 e 6,32). Os tratamentos sabiá e savana obtiveram os menores valores para a variável.

O pH para o tratamento MMF (6,34) foi o mais elevado na profundidade de 20-40 cm, seguido dos valores de cana (5,42) e coco (5,17), os quais não diferiram estatisticamente. Valores inferiores foram observados para o sabiá e savana (4,59 e 4,86).

A prática da calagem realizada nos tratamentos cana e MMF elevaram o pH do solo nas diferentes profundidades. O maior acúmulo de matéria orgânica no solo em virtude do implemento dessas culturas eleva a CTC do solo, adsorvendo íons H^+ provenientes da solução do solo e aumentando o pH. Os menores valores de pH para os solos sob os tratamentos sabiá e savana justificam-se por não serem submetidos à calagem e obterem menores teores de matéria orgânica nas diferentes profundidades.

O coco, que nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, obteve pH semelhante aos das culturas MMF e cana, tiveram valores intermediários nas profundidades de 0-5 e 20-40 cm, acompanhando a variação de matéria orgânica no perfil. Para Bayer e Bertol (1999), o não revolvimento do solo, caso do coco, sabiá e savana, resulta em uma acumulação dos resíduos culturais na superfície do solo, o que eleva os níveis de matéria orgânica e pH, contrastando com os resultados encontrados nesse estudo.

Os valores de matéria orgânica foram superiores para as áreas cultivadas com cana e MMF, variando entre de 2,65 a 1,40 dag kg^{-1} e 2,25 a 0,35 dag kg^{-1} , respectivamente e nas diferentes profundidades. Resultados inferiores foram observados para os tratamentos coco (1,81 a 0,71 dag kg^{-1}), sabiá (1,46 a 0,57 dag kg^{-1}) e savana (0,92 a 0,795 dag kg^{-1}). Não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades. Estes resultados trazem informações que indicam a necessidade da adoção de práticas de melhoria da fertilidade dos Latossolos Amarelos das savanas de Roraima conforme pode ser observado em estudos desenvolvidos por Benedetti et al. (2011). A baixa fertilidade do solo e as ações de queima constante da vegetação nativa tem contribuído para os baixos teores de carbono nestes solos (MELO; GIANLUPPI; UCHÔA, 2004).

Tabela 01- Valores médios do pH, matéria orgânica (MO), Carbono (C) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), (H+Al) e a relação C/N submetidos a diferentes sistemas de tratamento do solo e profundidades. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%). Letras maiúsculas comparam valores das variáveis nas diferentes profundidades de amostragem. Letras minúsculas comparam valores das variáveis em cada profundidade.

TRAT.	pH H ₂ O	MO --dag kg ⁻¹ --	C ---dag kg ⁻¹ ---	N -----mg kg ⁻¹ -----	P -----mg kg ⁻¹ -----	K -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Ca -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Mg -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Al -----cmol _c kg ⁻¹ -----	H + Al -----cmol _c kg ⁻¹ -----	C/N
0 - 5 cm											
COCO	4,91b	1,95Abc	1,13	0,06B	22,98bc	0,08c	0,75b	0,05b	0,03c	1,50Ac	18,83
CANA	5,83a	2,65Aa	1,53	0,12A	117,93a	0,14ab	2,01a	0,55a	0,00d	2,03Ac	12,75
MMF	6,04a	2,25Aab	1,30	0,10A	49,33b	0,18a	2,31a	0,57a	0,00d	3,40Ab	13,00
SABIA	4,37b	1,46Ac	0,84	0,06B	3,65c	0,10bc	0,28c	0,13b	0,53a	5,90Aa	14,00
SAVANA	4,78b	0,92Ad	0,53	0,02C	0,70c	0,03d	0,22c	0,10b	0,22b	3,70Ab	26,5
MÉDIA	5,18B	1,85A	1,06	0,07	38,92A	0,10A	1,11A	0,28A	0,15A	3,31A	14,81
CV%	6,77	60,10		1,38	81,11	53,64	47,80	65,30	57,93	15,35	33,51
5 - 10 cm											
COCO	5,69a	1,09Bab	0,63	0,04B	26,85bc	0,04a	1,58 b	0,13 b	0,17c	1,73Ad	15,75
CANA	6,22a	1,56Ba	0,58	0,08A	118,88a	0,06 a	2,33 a	0,61 a	0,00d	2,20Acd	7,25
MMF	6,10a	1,46Bab	0,84	0,05A	32,68b	0,06 a	1,85 a	0,69 a	0,00d	2,98Abc	16,8
SABIA	4,62b	0,92Bb	0,53	0,04B	3,33c	0,04 a	0,39 c	0,16b	0,74 a	5,13Aa	13,25
SAVANA	4,69b	0,92Ab	0,53	0,02C	0,33c	0,02 a	0,13c	0,09b	0,38b	3,80Ab	26,5
MÉDIA	5,46A	1,19A	0,62	0,23	36,41A	0,05 B	1,26A	0,34A	0,26A	3,17A	15,91
CV%	6,77	60,10		1,38	81,11	53,64	47,80	65,30	57,93	15,35	33,51
10 - 20 cm											
COCO	5,90a	0,77Bab	0,44	0,02B	36,26bc	0,02a	1,55b	0,06b	0,12 c	1,73Ab	22,00
CANA	6,34a	1,54Ba	0,89	0,07A	148,53a	0,04a	2,68a	0,69 a	0,00d	1,90Ab	12,71
MMF	6,32a	0,73BCab	0,42	0,02A	70,55b	0,04a	1,76a	0,47 a	0,00d	2,63Ab	21,00
SABIA	4,42b	0,63Bb	0,36	0,03B	3,75c	0,02a	0,30c	0,16b	0,69 a	4,18Ba	12,00
SAVANA	4,83b	0,76Aab	0,44	0,02C	0,30c	0,01a	0,53c	0,09b	0,41b	3,70Aa	22,00
MÉDIA	5,56A	0,89A	0,51	0,16	51,88A	0,03A	1,36A	0,29A	0,24A	2,83A	17,94
CV%	6,77	60,10		1,38	81,11	53,64	47,80	65,30	57,93	15,35	33,51
20 - 40 cm											
COCO	5,17bc	0,71Ba	0,41	0,01B	31,33bc	0,01a	1,07b	0,06b	0,29c	1,73Ac	41,00
CANA	5,42b	0,60Ca	0,34	0,04A	108,20a	0,03a	2,05a	0,55a	0,00d	1,80Ac	8,50
MMF	6,34a	0,35Ca	0,20	0,02A	71,13b	0,04a	2,13a	0,56a	0,00d	2,60Abc	10,00
SABIA	4,59c	0,44Ba	0,25	0,02B	3,28c	0,01a	0,38c	0,19b	0,62 a	3,63Ba	12,50
SAVANA	4,86bc	0,57Ca	0,33	0,01C	0,35c	0,01a	0,27c	0,05b	0,53b	3,50Aab	33,00
MÉDIA	5,38AB	0,76A	0,30	0,01	53,48A	0,02C	1,40A	0,34A	0,23A	2,44A	21,00
CV%	6,77	60,10		1,38	81,11	53,64	47,80	65,30	57,93	15,35	33,51

Valores mais baixos para o sistema Coco podem ser explicados pelas condições em que o solo foi submetido anterior à introdução do sistema Coco, o mesmo encontrava-se sem cobertura vegetal e erodida superficialmente, sem horizonte A. No entanto, pode se observar que este sistema foi eficiente na melhoria das condições edáficas deste solo. A falta de um programa de melhoria da fertilidade do solo para a área com Sabiá e baixa ciclagem biogeoquímica pode ser considerada a razão para os baixos teores de carbono naquele sistema. A queima da predominância da vegetação natural da savana e a baixa fertilidade do solo, explicam os menores teores de matéria orgânica nesses tratamentos.

Dias Filho (2005) destaca que a pastagem aumenta os teores de matéria orgânica do solo devido ao crescimento radicular dessas culturas. Marchiori Júnior & Melo (2000) encontraram valores mais elevados de matéria orgânica para a mata natural em comparação ao cultivo de cana. Com relação à profundidade, Souza & Melo (2003) afirmam que o preparo convencional resulta em maior valor de matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm para o milho. Sato *et al.* (2012) encontraram maiores teores de matéria orgânica na superfície do solo em diferentes consórcios entre milho e forrageira.

Buscando correlacionar a variabilidade espacial de pH com os níveis de matéria orgânica, Zanão *et al.* (2007) perceberam homogeneidade dos valores de pH entre as profundidades. Teixeira *et al.* (2003) obtiveram resultados semelhantes. Outros estudos (DEMARIA, 1999; FALLEIRO *et al.*, 2003) observaram valores mais elevados de pH na superfície do solo.

Os teores de P foram superiores no solo cultivado com cana (108,20 a 148,53 mg kg⁻¹), seguidos por MMF (32,68 a 71,13 mg kg⁻¹) e coco (22,98 a 36,26 mg kg⁻¹). Os tratamentos com sabiá e savana obtiveram os menores valores para o elemento (3,28 a 3,75 mg kg⁻¹ e 0,30 a 0,70 mg kg⁻¹ respectivamente). Não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades.

Os valores elevados da matéria orgânica para as culturas da cana e MMF aumentam a CTC do solo. Segundo Novais *et al.* (2007), esse aumento reflete na maior adsorção de cátions e, consigo, íons fosfato. Esse fator, em conjunto ao pH próximo de 6, disponibiliza boa parte do fosfato adsorvido à matéria orgânica e partículas de argila. Partelli *et al.* (2009) correlacionam positivamente CTC com P, assegurando um aumento do P_{lábil} e P_{não-lábil} com o crescimento dos teores de matéria orgânica. Os valores diminutos de matéria orgânica e pH coincidiram com o menor conteúdo de P para os tratamentos sabiá e savana como consequência da baixa CTC *in situ* e o não revolvimento do solo. O coco manteve valores intermediários para as três variáveis supracitadas. Schlindwein e Anghinoni (2000) consideram que a prática de revolvimento do solo expõe novos sítios de absorção, elevando a capacidade de adsorção de P.

Foram observadas diferenças significativas entre as profundidades para os teores de K. Valores superiores foram encontrados na camada de 0-5 cm (0,10 cmol_c kg⁻¹), com diminuição gradativa para as profundidades de 5-10 cm (0,05 cmol_c kg⁻¹), 10-20 cm (0,03 cmol_c kg⁻¹) e 20-40 cm (0,02 cmol_c kg⁻¹). Esse decréscimo pode ser resultado da lixiviação acentuada do nutriente em solos de características arenosas, como observado por Werle *et al.* (2008), caso do Latossolo Amarelo distrocoeso no presente estudo.

Diversos autores constataram uma diminuição da concentração de K ao longo do perfil (ELTZ *et al.*, 1989; ANGHINONI; SALET, 1998; SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000). Daí a afirmação de que a recomendação de adubação potássica deve levar em conta os horizontes superficiais do solo, sobretudo nas profundidades de 0 a 10 cm (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000).

Na profundidade de 0-5 cm, as culturas do MMF e cana obtiveram os maiores teores de K (0,18 e 0,14 mg kg⁻¹ respectivamente). Valores intermediários foram encontrados para os tratamentos sabiá (0,10 cmol_c kg⁻¹) e coco (0,08 cmol_c kg⁻¹), com menores concentrações para a savana (0,03 mg kg⁻¹). As profundidades de 5-10, 10-20 e 20-40 cm não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

O aumento da matéria orgânica e, por conseguinte, da CTC do solo para as culturas do MMF e cana nas profundidades de 0-5 cm, eleva a capacidade de retenção de cátions como o K. Esse fator, em conjunto a correção dos solos cultivados com essas culturas via calagem e a conseqüente elevação do pH, aumenta a disponibilidade de K no solo nessa profundidade. Em contraponto, o aumento da acidez ao longo do perfil em concomitância a diminuição da CTC do solo e manutenção das concentrações de Ca e Mg, eleva a competição do K pelos sítios ativos do solo, o que pode aumentar a lixiviação do K em solução. Oliveira *et al.* (2001) perceberam um aumento da lixiviação do K à medida que a relação (Ca+Mg)/K aumenta. Ernani *et al.* (2007) destacam a boa mobilidade do K no perfil, sobretudo em solos com baixa CTC. Essa mobilidade depende, diretamente, da quantidade de K disponível do solo e, inversamente, da quantidade de cargas negativas ao longo do perfil (CIOTTA *et al.*, 2002). Como essas características foram semelhantes para todos os tratamentos ao longo das profundidades de 5-10, 10-20 e 20-40 cm, é plausível que não haja diferença significativa entre eles.

As concentrações de Ca e Mg tiveram comportamento semelhante entre os tratamentos, não diferindo significativamente entre as profundidades. Valores superiores foram encontrados para as culturas do MMF e cana, tanto para Ca (1,76 a 2,31 cmol_c kg⁻¹ em MMF e 2,01 a 2,68 cmol_c kg⁻¹ em cana) como para Mg (0,47 a 0,69 cmol_c kg⁻¹ em MMF e 0,55 a 0,69 cmol_c kg⁻¹ em cana).

Em se tratando do Ca, a cultura do coco obteve valores intermediários (0,75 a 1,58 cmol_c kg⁻¹), com as menores concentrações para os tratamentos sabiá (0,28 a 0,39 cmol_c kg⁻¹) e savana (0,13 a 0,53 cmol_c kg⁻¹). Já para o Mg, os menores teores foram observados nos tratamentos coco, sabiá e savana, com concentrações variando de 0,05 a 0,13, 0,13 a 0,19 e 0,05 a 0,10 cmol_c kg⁻¹, respectivamente.

A calagem realizada antes da introdução das culturas do MMF e cana elevou os teores de Ca e Mg presentes no solo.

O procedimento da calagem (CaCO_3) substitui o H^+ no complexo de troca por Ca^{2+} , formando água e CO_2 . Isso diminui a acidez do solo, aumentando a disponibilidade de diversos nutrientes, solubiliza o Al^{3+} , tóxico para as plantas, além de fornecer Ca e Mg. A competição entre o K, Ca e Mg pelos sítios ativos na profundidade de 0-5 cm pode aumentar a sua concentração em solução, sendo facilmente lixiviados para as zonas mais profundas do solo. Isso explica os valores de Ca e Mg semelhantes nas diferentes profundidades. Resultados semelhantes foram observados por Ernani *et al.* (2007). Wadt (1999) perceberam o aumento da lixiviação do K com aplicação de duas fontes de calcário. Diversos autores constataram o aumento da disponibilidade de Ca e Mg no solo após calagem (MORAIS & ALBUQUERQUE, 2006; SOUZA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011; TIRLONI *et al.*, 2011).

As concentrações de Al foram superiores para o sabiá em todos os horizontes (0,53 a 0,74 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Valores intermediários foram encontrados na savana (0,22 a 0,53 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), seguidos do coco (0,03 a 0,29 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Os menores teores de Al foram associados aos tratamentos cana e milho (0,00 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$).

Os valores de Al encontrados para as culturas da cana e do milho refletem a ação da calagem realizada anteriormente a introdução das culturas.

O calcário neutraliza o alumínio trivalente encontrado no solo, reagindo Al^{3+} e OH^- para formar $\text{Al}(\text{OH})_3$ que precipita. Para o coco, adubações realizadas periodicamente fornecem macronutrientes importantes como K, Ca e Mg, que competem com o Al pelas zonas aniônicas do complexo de troca dos coloides. Parte desse Al^{3+} precipita na forma de hidróxido, diminuindo a concentração do elemento. Os teores de Al foram mais elevados nas áreas que não receberam nenhum tratamento químico para correção, caso do sabiá e savana. Diversos autores observaram diminuição dos teores de Al^{3+} após aplicação de calcário (REIS *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2010; MELO *et al.*, 2011; BRIEDIS *et al.*, 2012). Correa *et al.* (2008) afirmam que o controle do Al e incremento nos teores de Ca e Mg auxiliam no crescimento radicular. Valores elevados de Al^{3+} no solo dificultam a absorção, transporte e utilização de nutrientes como o Ca e Mg pelas plantas (REIS *et al.*, 2009).

Houve interação entre o tratamento sabiá e as profundidades para H+Al. O sabiá obteve maiores concentrações para as profundidades superficiais (5,90 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ em 0-5 cm e 5,13 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ em 5-10 cm) e menores para as zonas mais profundas do solo (4,18

$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em 10-20 e $3,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em 20-40 cm). Os outros tratamentos tiveram resultados semelhantes nas diferentes profundidades.

Na profundidade de 0-5 cm, o sabiá obteve maiores valores para H+Al ($5,90 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), seguido por savana e MMF ($3,70$ e $3,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente). Valores inferiores foram encontrados para as culturas da cana e do coco ($2,03$ e $1,50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente).

Em 5-10 cm, o sabiá obteve os maiores teores ($5,13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), seguido por savana ($3,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), MMF ($2,98 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), cana ($2,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e coco ($1,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

A acidez trocável (H+Al) na profundidade de 10-20 cm foi semelhante à profundidade de 5-10 cm. As maiores concentrações foram encontradas para os tratamentos sabiá e savana ($4,18$ e $3,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente). Valores inferiores foram associados às culturas do MMF ($2,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), cana ($1,90 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e coco ($1,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

Conforme a Tabela 1, entre 20-40 cm, os tratamentos sabiá e savana foram, novamente, os que apresentaram maiores teores de H+Al ($3,63$ e $3,50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente). Valores intermediários foram encontrados em MMF ($2,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), acompanhados por cana ($1,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e coco ($1,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). O decréscimo da matéria orgânica do solo para a cultura do sabiá refletiu na diminuição a CTCt do solo ao longo da profundidade. Conseqüentemente a diminuição das cargas negativas, há uma menor adsorção de cátions como H+Al.

Os maiores valores de H+Al para o sabiá nas diferentes profundidades são o resultado da soma de dois fatores: alta CTCt com elevada acidez. Apesar dos baixos teores de matéria orgânica observados para o tratamento, a baixa relação C/N para a espécie, fato que será abordado mais adiante, aumenta a atividade microbiana e expõe cargas negativas provindas da matéria orgânica. Como esse tratamento não sofreu manejos de correção e adubação, incluindo calcareamento, essas cargas negativas são ocupadas, sobretudo, por H e Al. Valores intermediários foram encontrados para savana (0-5 e 5-10 cm), mas semelhantes ao sabiá nas zonas mais profundas do solo (10-20 e 20-40 cm).

A Soma de Bases (SB), resultado da soma das concentrações de K, Ca e Mg, teve comportamento semelhante aos tratamentos sabiá e savana (Tabela 2). Os maiores valores para SB foram para as culturas do MMF ($2,27$ a $3,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e cana ($2,62$ a $3,41 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Valores intermediários foram observados para o coco ($0,88$ a $1,76 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). As menores concentrações foram vinculadas ao sabiá ($0,48$ a $0,59 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

e a savana (0,24 a 0,63 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades.

A relação C/N do solo (Tabela 1) foi alterada pelo tipo de uso do solo, com menores valores para os tratamentos cana e MMF, com tendência de aumento com a profundidade. Os valores de relação C/N no solo foram reflexo da qualidade química do solo e dos teores de matéria orgânica, cuja melhoria da fertilidade do solo, ao longo do tempo, foi fator preponderante no incremento de biomassa, onde algumas espécies fixadoras de N, proporcionando baixa relação. A relação carbono/nitrogênio de modo geral, considerando todas as profundidades do solo, os tratamentos coco (15,75 a 41) e savana (22 a 33,51) foram os que apresentaram os maiores resultados. Este dados contrariam as afirmações de autores (BAYER & MIELNICZUK, 1997), cujas as perdas de matéria orgânica são afetadas pelo preparo do solo, especialmente pela intensidade de revolvimento, que altera a temperatura, a aeração, a umidade, a ruptura de agregados e o grau de fracionamento e incorporação de resíduos culturais e cobertura do solo. Nesta caso podemos afirmar que os teores de matéria orgânica estão mais relacionados com o status nutricional do solo, pois os solos das savanas de Roraima são de baixa fertilidade e a vegetação é submetida a ação de fogo.

Os valores da SB foram influenciados na sua totalidade pelos teores de Ca e Mg. O Ca correspondeu a 74% e 75% da SB, nos tratamentos cana e MMF, enquanto o Mg correspondeu a 20% e 18,62% da SB. Por conseguinte, os maiores valores de Ca e Mg, devido a calagem, para as culturas do MMF e cana determinam a SB. Como os outros tratamentos não foram submetidos a esse procedimento, as suas concentrações foram inferiores, sendo o coco intermediário devido aos elevados valores de Ca quando comparados aos tratamentos sabiá e savana conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 02- Valores médios da saturação por alumínio (Al), (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de troca efetiva (CTe), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), submetidos a diferentes sistemas de tratamento do solo e profundidades. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%). Letras maiúsculas comparam valores das variáveis nas diferentes profundidades de amostragem. Letras minúsculas comparam valores das variáveis em cada profundidade.

TRATAMENTO	SB	CTCe	CTCt	V%	m%
	-----cmol _c kg ⁻¹ -----		-----	-----%	-----
0-5 cm					
COCO	0,88 b	0,91b	2,38c	36,38b	2,00b
CANA	2,70 a	2,70 a	4,73 a	56,82a	0,00b
MMF	3,06 a	3,06 a	6,46 a	45,87b	0,00b
SABIA	0,50 c	1,02b	6,40 a	7,48c	53,35a
SAVANA	0,34 c	0,56b	4,04b	8,07c	44,58a
MÉDIA	1,50 A	1,65A	4,80A	30,92A	19,99A
CV%	47,64	41,96	18,44	33,03	71,95
5-10 cm					
COCO	1,76b	1,92b	3,48c	45,68b	13,05b
CANA	3,01a	3,01a	5,21a	56,97a	0,00b
MMF	2,61a	2,61a	5,58a	45,83b	0,00b
SABIA	0,59c	1,33b	5,72a	10,17c	59,43a
SAVANA	0,24c	0,62b	4,04b	5,58c	62,23a
MÉDIA	1,64A	1,90A	4,81A	32,84A	26,94A
CV%	47,64	41,96	18,44	33,03	71,95
10-20 cm					
COCO	1,62b	1,74b	3,34c	47,32b	5,32b
CANA	3,41a	3,41a	5,31a	64,20a	0,00b
MMF	2,27a	2,27a	4,90a	45,29b	0,00b
SABIA	0,48c	1,17b	4,65a	10,19c	59,21a
SAVANA	0,63c	1,03b	4,33b	13,95c	42,38a
MÉDIA	1,68A	1,92A	4,51A	36,19A	21,38A
CV%	47,64	41,96	18,44	33,03	71,95
20-40 cm					
COCO	1,14b	1,42 b	2,86c	38,71b	21,50b
CANA	2,62a	2,62 a	4,42a	59,65a	0,00b
MMF	2,73a	2,73 a	5,33a	49,72b	0,00b
SABIA	0,58c	1,20b	4,20a	12,92c	54,66a
SAVANA	0,33c	0,85b	3,83b	7,95c	67,95a
MÉDIA	1,77A	1,99A	4,20A	40,25A	19,04A
CV%	47,64	41,96	18,44	33,03	71,95

A CTCt do tratamento savana, apesar de elevada, foi inferior ao tratamento sabiá, fazendo com que as concentrações de H+Al fossem ligeiramente menores na savana quando comparados ao sabiá. Os menores valores para H+Al foram encontrados para as culturas do coco, cana e MMF, sendo este mais elevado que aqueles nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) devido à sua maior CTCt nessas profundidades. Caires *et al.* (2000), em estudo com calagem em superfície sob plantio direto, observaram menor acidez potencial em superfície quando comparados as zonas mais profundas do solo,

resultados divergentes dos encontrados para as culturas que receberam a calagem, caso da cana e MMF. Outros estudos encontraram maiores valores para H+Al com o aumento da profundidade (BRITO *et al.*, 2005; MORETI *et al.*, 2007). Rodrigues *et al.* (2007) constataram maiores concentrações de H+Al para a mata nativa perante outros tratamentos como *Pinus* e solo exposto nos horizontes superficiais, corroborando os resultados encontrados no presente estudo.

A CTCe e CTCt dos solos submetidos aos diferentes tratamentos tiveram comportamento semelhante. Em se tratando da CTCe, os maiores valores foram encontrados para MMF e cana (2,27 a 3,06 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 2,62 a 3,41 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente). Concentrações inferiores foram encontradas para coco (0,91 a 1,92 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), sabiá (1,02 a 1,33 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) e savana (0,56 a 1,03 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). A CTCt obteve valores superiores para MMF (4,90 a 6,46 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), cana (4,42 a 5,31 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) e sabiá (4,20 a 6,40 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Savana e coco obtiveram teores mais modestos (3,83 a 4,33 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 2,38 a 3,48 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Não houve diferença significativa entre as profundidades.

As culturas do MMF e cana tiveram maiores CTCe e CTCt devido aos maiores teores de matéria orgânica encontrados nas diferentes profundidades. Como a classe de solo foi a mesma para todos os tratamentos (Latosolo Amarelo distrocoeso), a matéria orgânica é responsável pelo aumento de cargas negativas do solo e, conseqüentemente, maior adsorção de cátions ao complexo de troca. Os tratamentos coco e savana obtiveram valores inferiores de CTCe e CTCt em virtude do menor incremento de matéria orgânica ao solo. Vários autores destacaram o aumento da CTC do solo com o incremento de matéria orgânica (BAYER; BERTOL, 1999; NASCIMENTO *et al.*, 2004; LEITE *et al.*, 2011). Em se tratando do sabiá, que obteve valores diminutos para CTCe, valores elevados para CTCt foram observados. Vale salientar que o sabiá é uma Fabaceae, leguminosa, que possui uma relação C/N baixa. Isso aumenta a taxa de mineralização da matéria orgânica e sua disponibilidade no solo, mesmo em baixos teores incorporados. Fabian *et al.* (2008) observaram relação C/N de 40:1 e 20:1 para gramíneas e leguminosas, respectivamente. Wisniewski & Holtz (1997) afirmam que esse fator contribui para a mineralização ou imobilização da matéria orgânica, refletindo na CTC do solo. A qualidade da matéria orgânica, (teores de ácido húmicos, ácidos fúlvicos e humina) também influencia na CTC do solo, fator não analisado no presente estudo.

A saturação por bases ($V\% = SB/CTCt$) obteve maiores valores para cana (56,82 a 64,20%), seguido por coco e MMF (36,38 a 47,32% e 45,29 a 49,72% respectivamente). Sabiá (7,48 a 12,92%) e savana (5,58 a 13,95%) obtiveram valores inferiores. Não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades

Os resultados demonstram que a cana, coco e MMF foram as culturas que mais contribuíram com nutrientes catiônicos (K, Ca e Mg). Com a calagem realizada antes da introdução da cultura, caso da cana e MMF, e a introdução de adubações orgânicas para o coco, esses elementos são disponibilizados no solo, ocupando as cargas negativas do complexo de troca provindas das argilas e matéria orgânica.

Veiga *et al.* (2010) perceberam um maior vigor das sementes e incremento de matéria orgânica em solos com $V\%$ mais alta. Caires *et al.* (2000) recomendam o método da saturação por bases para 65% como o mais adequado para elevar o pH e aumentar a disponibilidade de nutrientes. Esse fato não foi observado nos tratamentos sabiá e savana porque não estavam sob manejo cultural, sendo os macros e micronutrientes disponibilizados, apenas, pela mineralização da matéria orgânica.

Valores mais elevados para saturação por alumínio ($m\%$) foram encontrados para os tratamentos sabiá e savana (53,35 a 59,43% e 42,38 a 67,95%). Valores inferiores foram observados no coco (2,00 a 21,50%). A $m\%$ apresentou-se nula para as culturas da cana e MMF. A saturação por alumínio ($m\%$) não variou dentro das profundidades em cada tratamento, ao longo do perfil.

O Latossolo amarelo distrófico é um solo ácido, com elevada acidez potencial em seu estado natural. A correção do pH e, conseqüentemente, diminuição do $H+Al$ podem ser realizadas através da calagem (SCHONINGER *et al.* 2010; BRIEDIS *et al.*, 2012). Os valores nulos encontrados para as culturas da cana e MMF comprovam isso. Nas áreas onde não houve calagem, caso do coco, sabiá e savana, valores elevados de Al são apresentados, o que reflete, diretamente, no aumento da $m\%$. Santos *et al.* (2002), em estudo com arroz irrigado submetido a diferentes manejos de irrigação e dosagens de K, afirmam que os cátions K, Ca e Mg influenciam na diminuição dos teores de Al e $m\%$. Raij *et al.* (1983) não recomenda o método de calagem através da concentração de Al trocável. A diminuição do $m\%$ é mais acentuada quando a calagem é realizada considerando o método da elevação da saturação por bases para 65% (RAIJ *et al.*, 1983; CAIRES *et al.*, 2000).

5.2 Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO₂

Nas Figuras 1 e 2, encontram-se os resultados da respiração basal acumulada dos tratamentos nas profundidades de 0 - 5 cm, 5 – 10 cm, 10 - 20 cm e de 20 - 40 cm.

A produção de C-CO₂ foi influenciada pelo tipo de uso do solo e apresentou interação significativa entre os tratamentos nas quatro profundidades. Os tratamentos MMF e Sabiá apresentaram maiores valores de evolução de CO₂ a partir dos primeiros dias de avaliação, mantendo-se com superioridade aos demais tratamentos na profundidade de 0 – 5 cm. Este efeito pode ser atribuído à maior diversidade de culturas consorciadas no MMF e o fator do Sabiá concentrar teores de matéria orgânica em superfície, mais disponível à ciclagem biogeoquímica, influenciado à atividade microbiológica. A produção de CO₂ no interior do solo está relacionada à atividade biológica, incluindo a respiração das raízes e a decomposição da matéria orgânica do solo pela atividade microbiana, o que pode ser atribuído aos processos de produção e transporte de CO₂ no interior do solo, que são fortemente influenciados pelas condições de temperatura e umidade do mesmo (SÁ *et al.*, 2001), qualidade da matéria orgânica e status nutricionais dos solos.

O C-CO₂ liberado na camada de 0-5 cm em todas as áreas após 20 dias apresentou crescimento satisfatório sendo que após 25 dias somente a área de Sabiá teve aumento em relação às outras áreas (Figura 1), enquanto, na camada de 5-10 cm, após 25 dias as áreas não apresentaram variações entre os tratamentos.

Segundo BROOKES (1995) quando a respiração microbiana é determinada em amostras de solo coletadas no campo, situação verificada no presente estudo, essas amostras estão sob influência das condições climáticas do momento da coleta, o que poderá proporcionar acentuadas variações nos resultados.

Conforme Figura 2 podemos observar nos gráficos que entre as profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm a maior liberação de CO₂ foi na profundidade de 20-40 cm para todos os tratamentos a partir do décimo quinto dia.

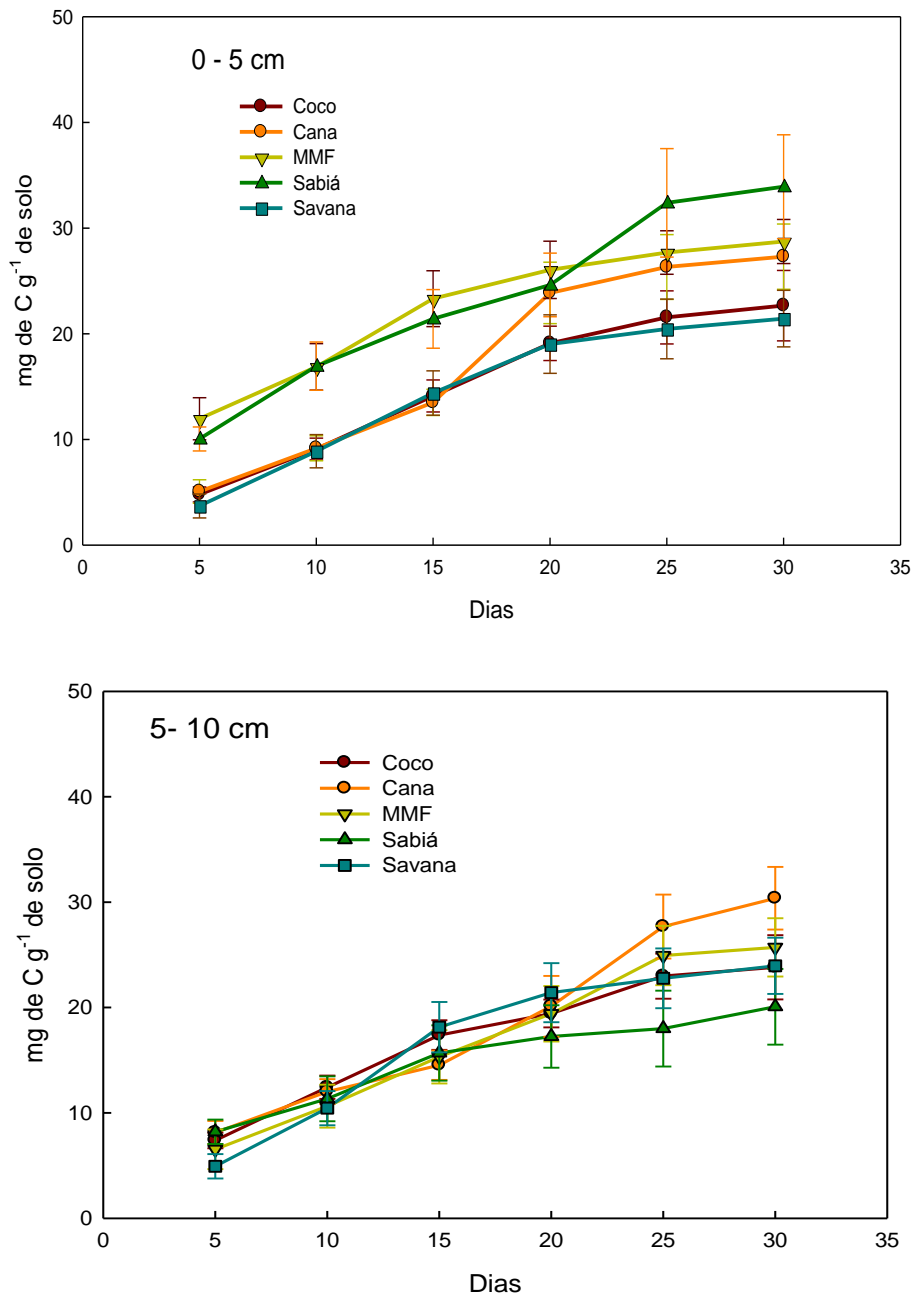


Figura 1- Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO₂ durante 30 dias nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.

A taxa máxima de emissão de CO₂ foi verificada no trigésimo dia para todos os tratamentos nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.

O teor de C-CO₂ variou bastante na profundidade de 0-5 cm em todos os tratamentos. Cattelan e Vidor (1990) afirmam que essa flutuação é maior nas camadas superiores do solo, onde existem as maiores oscilações no conteúdo de água do solo e de temperatura.

Nas demais profundidades, o sabiá comportou-se com valores de evolução de CO₂ nos padrões da Savana, o que enfatiza a forte influência da matéria orgânica e sua qualidade na atividade microbiana do solo.

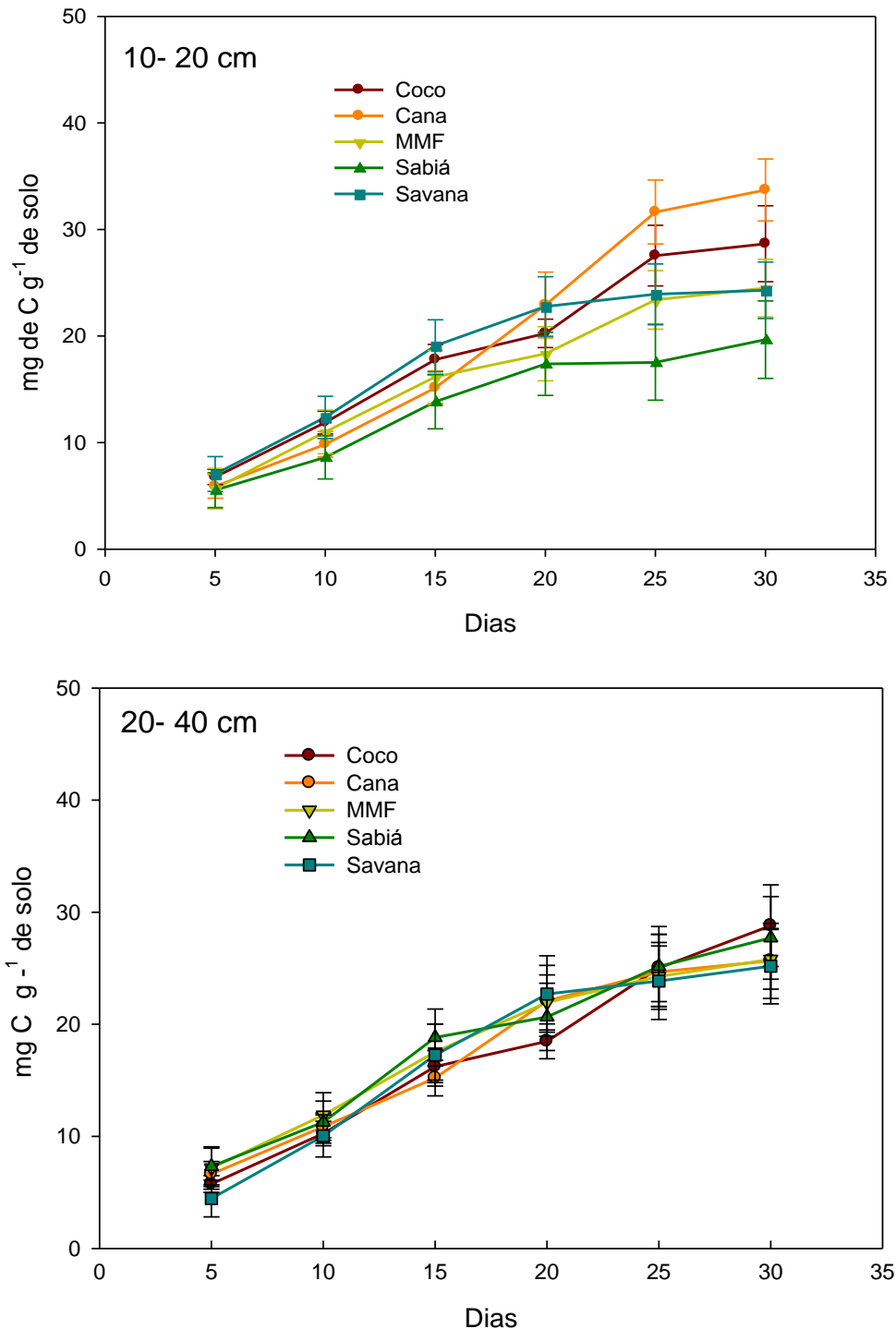


Figura 2- Atividade microbiana avaliada por meio da produção de C-CO₂ durante 30 dias nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm.

5.3 PCR e DGGE

O perfil de bandas gerado pelo PCR- DGGE (codifica o 16s rRNA), obtidos para as amostras de solo, demonstram que os tratamentos formaram três grandes grupos principais, refletindo que os tratamentos não foram responsáveis por grandes variações nas populações microbianas (Figura 3).

Pela análise do dendrograma os três grandes grupos formados são: O primeiro grupo engloba as amostras de milho, mandioca e feijão (0-5 cm) x coco (0-5 cm); o segundo grupo engloba as amostras de coco (5-10 cm) x savana (5-10 cm) X milho, mandioca e feijão (0-5 cm); e o terceiro agrupamento engloba as amostras de sabiá (5 – 10 cm), savana (0 – 5 cm) e cana (0 – 5 e 5 – 10 cm).

Uma maior similaridade (99%) foi apresentada pelo tratamento savana e coco na profundidade de 5 -10 cm. As demais amostras se agrupam aos índices que variam de 85% a 96% de similaridade. Avaliando a divergência entre os perfis de DGGE gerados, observou-se que em todos os replicados, as bandas indicam que os solos apresentaram em sua diversidade bacteriana poucos membros e cada amostra caracterizou a presença de uma mesma comunidade bacteriana.

Diante do exposto não é possível verificar, para o primer utilizado, grupamentos selecionados ou por tempo ou por tratamento, mostrando que os grupos são bastante heterogêneos, o que demanda estudos mais aprofundados em experimentos adicionais.

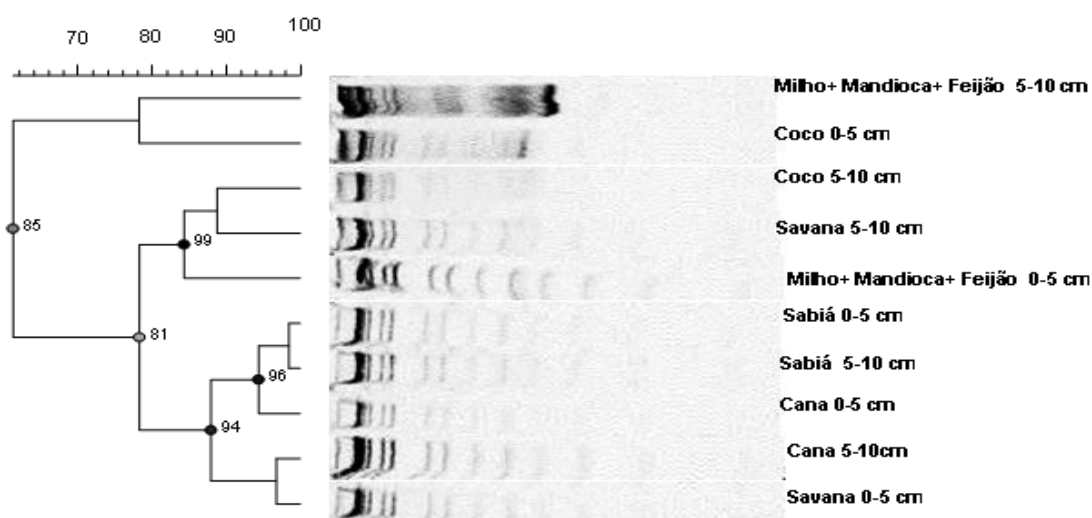


Figura 3- Dendrograma construído pelo coeficiente de correlação de Pearson e método UPGMA a partir da análise perfil DGGE do gene 16S rRNA de amostras de diferentes sistema de uso do solo.

6 CONCLUSÕES GERAIS

1. As formas de manejo do solo proporcionaram melhoria da fertilidade do solo e na matéria orgânica, quando comparados às condições naturais de savana e florestamento com sabiá, sendo essas alterações mais evidentes nas camadas superficiais.

2. Os valores de matéria orgânica foram superiores nas áreas cultivadas com cana e no consórcio MMF, enquanto que os os tratamentos coco, sabiá e savana apresentaram os menores valores.

3. A fertilidade do solo foi mais satisfatória nos tratamentos MMF e cana, cuja saturação por base e CTC foram mais elevadas, em função dos maiores teores de matéria orgânica.

4. O tratamento MMF apresentou melhor comportamento na evolução do CO₂ quando comparados aos demais tratamentos nas profundidades de 0 – 5 cm, juntamente com o Sabiá, fato atribuído aos teores de matéria orgânica.

5. Não foi possível verificar variações em termos de diversidade biológicas dos solos entre os tratamentos em função dos mesmos gerarem grupos bastante heterogêneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIAANSE, A. Environmental policy performance indicators. General of Environmental Dutch Ministry of Housing, 1993. 35p,
- ALEXANDER, M. Biodegradation and bioremediation. 2 ed. New York. Academic Press. 1980. 453p.
- ALVAREZ- PUEBLA, I.A.; GOULET, P.J.C.; GARRIDO, J.J. Characterization of the porous structure of different humic fraction. Colloids Surfaces. Physicochemical and Engineering Aspects, Colloids Surface A. v. 256, n. 3-2, p. 129-135, 2005.
- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. Use of selective inhibitors in the study of respiratory activities and shifts in bacterial and fungal populations in soil. Ann. Microbiol., Paris, v.24, p.189-194, 1974.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurements of microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem., v.10, p.215-221, 1989.
- ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurements of microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem., v.10, p.215-221, 1978.
- ANDRADE, J. B. L. Análise de fluxo e das características físicas, químicas e microbiológicas dos resíduos de serviços de saúde: proposta de metodologia para o gerenciamento em unidades hospitalares. São Carlos, 1992, 245p. (Tese de Doutorado, USP/SP).
- ANGHINONI, I., SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J., (ed.). Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages: Núcleo Regional Sul/SBCS, p. 27-52, 1998.
- ARSHAD M.A; and COEN, G.M. Characterization of soil quality. U.S. chemical and physical criteria J. Alternative Agriculture 7: 25-31, 1992.
- ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S.; AGIS, E.; MASERA, O. El marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS) y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México. In: SARANDÓN, S. (Ed.). Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. La Plata: Ediciones Científicas Americanas, p641-658, 2002.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistema de preparo, com ênfase á matéria orgânica. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, v.23, n. 3, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas. Rev. Bras. Ci. Solo, 23:687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v. 21, n. 1, p.105-112, 1997.
- BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). Fundamentos de

matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, cap.2, 2008. P.7-18.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR.; SCHAEFER, J. F. C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. R. Bras. Ci. Solo, 35:299-312, 2011.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. Prentice Hall, 13th ed., 960p, 2002.

BRIEDIS, C.; SÁ, J.C.; CAIRES, E.F.; NAVARRO, J.A.; INAGAKI, T.M.; FERREIRA, A.O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.7, p.1007-1014, 2012.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biology Fertility Soil, 19:269-279, 1995.

BRUGGEN, A.H.C.; SEMENOV, A.M. In a search of biological indicators for soil health and disease suppression. Applied Soil Ecology, v. 15, n.1, p. 13-24, 2000.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n.1, p.161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; J. BLUM, J.; G. BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 27:275-286, 2003.

CARTER, K.A., BEAULIEU, L.J. Conducting a Community Needs Assessment: Primary Data Collection Techniques. Florida Cooperative Extension Service. Florida, June, 36-40, 1997.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. Rev. Bras. Ci. do Solo, v.14, n.2, p.125-132, 1990.

CHEN, W. M.; FARIA, S. M.; STRALIOTTO, R.; PITARD, R. M.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; CHOU, J.H.; CHOU, Y. J.; BARRIOS, E.; PRESCOTT, A. R.; ELLIOTT, G. N.; SPRENT, J. I.; YOUNG, J. P. W.; JAMES, E. K. Proof that Burkholderia strains form effective symbioses with legumes: a study of novel mimosa-nodulating strains from South America. Applied and Environmental Microbiology, Washington, v. 71, n. 11, p. 7461-7471, 2005.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos Biológicos Indicadores da Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo na Região do Cerrado no Sul do Estado de Goiás. Rev. Bras. Ci. Solo, 26:913-923, 2002.

DEMARIA, I.C. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. Soil & Tillage Research. v.51, n.1, p.71-79, 1999.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. Advances in Agronomy, San Diego, v.56, p.1-54, 1996.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWARD, B.A. (eds.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p.3-21. (SSSA. Special Publication, 35), 1994.

ELTZ, P. A.; LANTMANN, A. F.; PALHANO, J. B.; OLIVEIRA, E. L. Manejo del suelo en sistemas de cultivos multiples. In: Evaluación de la fertilidad dei suelo. San José, IICA, p. 301- 343, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. 3.ed. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 97p. (EMBRAPA-CNPQA. Documentos, 19). 1997.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análises de Solos, Plantas e Fertilizantes. Brasília, Embrapa, CTT, 1999. 370p.

ERNANI, P.R.; BAYER C.; ALMEIDA, J.A.; CASSOL. P.C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação. R. Bras. Ci. Solo, 31:393-402, 2007.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA; C.S.W.; SEDIYAMA, C. S. SILVA. A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas. R. Bras. Ci. Solo, 27:1097-1104, 2003.

FIALHO, J.S; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; JÚNIOR, J.M.T.S. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi- CE. Revista Ciência Agronômica, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

FUNGARO, M.H. Aplicações de PCR em ecologia molecular. Jaguariuna: 125-131p, 1996.

GOMES, J.B.V.; ARAUJO FILHO, J.C.; CURI, N. Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 32, n. 71, p 233-246, 2001.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo de Interesse Agrícola. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 8p.

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M. R. (Ed.). Soil sampling and methods of analysis. Boca Raton: Lewis, 1994. p. 397-407.

GREGORICH, E.G. Quality. In: LAL, R. (Eds.) Encyclopedia of Soil Science. Marcel Decker, New York, 2002 , p. 1058-1061.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. Agriculture, Ecosystems e Environment, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

KENNEDY, A.C. Bacterial diversity in Agroecosystems Agriculture. Ecosystems and Environment, v. 74, p. 65-76, 1999.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWARD, B.A.

(eds.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p.3-21. (SSSA. Special Publication, 35), 1991.

LEITE, D. C.; CUNHA, A.C.B. DA; BIZANI, D. Análise de macro e micronutrientes em um estudo comparativo de solo húmico. *Revista de ciências ambientais*, v.5, n.2, p.93-102, 2011.

LOREAU, M. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, v. 294, p. 804-808, 2001.

LOWDERMILK, W. C. Conquest of the land through seven thousand years. *Soil Conservation Service Agriculture Inform Bulletin*, v. 99, p. 1-30, 1953.

MARCHIORI, M. J. ; MELO, W.J. DE. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, 2000.

MATSUOKA, M.; MENDES, L.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *R. Bras. Ci. Solo*, 7:425-433, 2003.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S. C. P. Características edafológicas dos solos do estado de Roraima. *Boa Vista: DSI/UFRR*, P. 46, 2004.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; UCHÔA, S.C.P. Indian land use in the Raposa–Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of a soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation, *Catena*, 80:95-105, 2010.

MENDES, I.C. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos e cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA, 2002, Foz do Iguaçu. *Perspectivas do agronegócio da soja: anais*. Londrina: Embrapa Soja, 2002. P. 246-257. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

MORAIS, F.H.; ALBUQUERQUE, R.A.; composição mineral da soja e propriedades químicas de um latossolo amarelo com pastagens degradadas de paragominas em função da calagem e da Adubação fosfatada. *Rev. Cien. Agrár.*, n. 46, p.89-105, 2006.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O., *Microbiologia e Bioquímica do solo*. Editora UFLA, Lavras, 2002. 626p.

MURAGE, J.L. the limiting factor for golf course development in Hawaii, USGA. *Green Sect. Rec.*, v. 25, p. 11-13. 2007.

MUYZER, G. DGGE/TGGE a method for identifying genes from natural ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, v.2, p. 317-322, 1993.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA., A. B. Alterações químicas em solos e crescimento De milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:385-392, 2004.

NOVAIS, R.F. Fósforo recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no solo e do "fator capacidade". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.3, p.41-46, 2007.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. (Eds.) *Soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, P. 19-25,1996.

PEIXOTO, J.A. Compostos orgânicos. Revisão anual de patologias de plantas e solos. p185 - 226, 2008.

PEIXOTO NETO, P.A. de S.; AZEVEDO, J.L.; ARAÚJO, W.L. de. Microrganismos endofíticos. ***Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento***, v.29, p.62-77, 2002.

PORTO, W.S. CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.4, p.491-499, 2007.

RAIJ, R.B.; CANTARELLA, H.; SILVA, M.; NELSON, P. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. Seção de Fertilidade do Solo, Estação Experimental de Piracicaba), Seção de Fertilidade do Solo, Seção de Algodão, Instituto Agrônômico. 1983, 8p.

RANJARD, L.; POLY, F.; NAZARET, S. Monitoring complex bacterial communities using culture- independent molecular techniques: application to soil environment. *Research in Microbiology*, Amsterdam, v. 151, n. 3, p. 167- 177, 2000.

SANTANA, D. F.; BAHIA-FILHO, A.F.C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: *World congress of soil science*, 16., 1998, Montpellier, França. *Proceedings...* Montpellier: CIRAD, 1998. CD-ROM.

SANTOS, I. L. V. L. Prospecção de microorganismos e gens envolvidos em biodegradação de petróleo. Natal/UFRN. 2006. 59p.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J .P. Atributos químico do solo afetados pelo amendo da água e do fertilizantes potássico na cultura de arroz irrigado. *Rev. Bras. Eng. Agri. e Ambiental*, v.6,n.1, p12-16, 2002.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. *Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, p. 197-240, 1999.

SATO, J.H.; FIGUEIREDO, C.H.; TAIRONE, P. L.; RAMOS, M.L.G.; EIYTI KATO. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.16, n.2, p.189–193, 2012.

SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (Eds.) *Methods in soil biology*. Germany: Springer-Verlag, 389-403, 1996.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. do Solo*, v.24, p.85-91, 2000.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A.A. review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.

SCHONINGER, E.V; LANGE, A.; SILVA, A.F.; LEMKE, F.; STEFAN, M.; SILVA, J.A.N.. Atributos químicos do solo e produtividade da cultura de soja em área de semeadura direta após calagem superficial *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1253-1262, 2010.

SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L.; ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (eds.). *Soil processes and the carbon cycle*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p.387-404, 1997.

SINGER, M.J.; EWING, S.S. Soil quality. In: SUMMER, M.E. (Ed.). *Handbook of soil science*. Georgia, USA: University of Georgia, p271-298, 2000.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:885-896, 2000.

SOUZA, Z.M.; JUNIOR, J.N.; PEREIRA, G.T.; MOREIRA, L.F. Espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *R. Cien. Rural*, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.

SOUZA, H.A.; NATALE, W.; ROZANE, D.E.; HERNANDEZ, A.; ROMUALDOS, L.M. Calagem e adubação na produção de feijoeiro. *Rev. Agr.* v.42, n. 2, p. 249-257, 2011.

SOUZA, H.A., NATALE, W.; SOUZA, H.A., NATALE, W.; ROMUALDOS, M.L.; HERNANDES, A. Efeito da Calagem sobre o crescimento de goiabeiras. *Rev. Ceres*, v.3, p.336-341, 2009.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica em um latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 113-1122, 2003.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). *Biological indicators of soil health*. Cambridge: CAB International, 97-120, 1997.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. *Geoderma*, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

TEIXEIRA, R.I; SOUZA, C.M.; BORÉM,A.; SILVA, G.F. Variação de pH em Argissolo Vermelho-Amarelo Bragantia, v.62, n.1, p.119-126, 2003.

TÓTOLA, M.R. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V.H; SCHAEFER, C.E.G.R; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds) *Tópicos em Ciência do Solo*, Vol. 2. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.195-276, 2002.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:261-269, 2007.

TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529 - 550.

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B. A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madson: Soil Science Society of American, P. 73-90. (Special publicacion, 35), 1994.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral d eum solo Podzólico vermelho- escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 24, n. 1, p, 35-42, 2000.

WADT, P.G.S. WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um latossolo vermelho-amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. Scientia Agricola, v.56, n.4, p.1157-1164, 1999.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 9: p.1467-1476, 1988.

ZANÃO, J.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES E.D.; Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. Ciência Rural, v.37, n.4, p.1000-1007, 2007.

ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M.C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. Cadernos de Ciência & Tecnologia 20: 391-411, 2003.

ANEXO

FOTOGRAFIAS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS



Cultivo de cana-de-açúcar com 8 anos.



Cultivo consorciando de milho, feijão e mandioca por mais de 10 anos.



Savana Natural



Plantio de coqueiro em área degradada.



Plantio Florestal com Sabiá (*Minomosa sp*) por mais de 20 anos

ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Variável analisada: M

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	51389.735058	12847.433764	40.144	0.0000
PROF	3	1643.732264	547.910755	1.712	0.1741
AREA*PROF	12	4621.576493	385.131374	1.203	0.3020
erro	60	19201.966375	320.032773		

Total corrigido	79	76857.010189			

CV (%) =	71.95				
Média geral:	24.8646250	Número de observações:	80		

Variável analisada: PH

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	33.869507	8.467377	64.018	0.0000
PROF	3	1.760164	0.586721	4.436	0.0070
AREA*PROF	12	3.384292	0.282024	2.132	0.0277
erro	60	7.935875	0.132265		

Total corrigido	79	46.949839			

CV (%) =	6.77				
Média geral:	5.3708750	Número de observações:	80		

Variável analisada: FOSF

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	161724.270500	40431.067625	33.349	0.0000
PROF	3	3863.567000	1287.855667	1.062	0.3719
AREA*PROF	12	5566.570500	463.880875	0.383	0.9648
erro	60	72742.020000	1212.367000		

Total corrigido	79	243896.428000			

CV (%) =	80.64				
Média geral:	43.1800000	Número de observações:	80		

Variável analisada: K

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	6199.175000	1549.793750	4.158	0.0049
PROF	3	544.900000	181.633333	0.487	0.6923
AREA*PROF	12	783.225000	65.268750	0.175	0.9990
erro	60	22361.500000	372.691667		

Total corrigido	79	29888.800000			

CV (%) =	97.50				
Média geral:	19.8000000	Número de observações:	80		

Variável analisada: CA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	54.036812	13.509203	39.239	0.0000
PROF	3	0.694950	0.231650	0.673	0.5720
AREA*PROF	12	3.535787	0.294649	0.856	0.5944
erro	60	20.656550	0.344276		
Total corrigido	79	78.924100			
CV (%) =	47.80				
Média geral:	1.2275000	Número de observações:	80		

Variável analisada: MG

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	4.533033	1.133258	30.100	0.0000
PROF	3	0.043094	0.014365	0.382	0.7666
AREA*PROF	12	0.140138	0.011678	0.310	0.9851
erro	60	2.258975	0.037650		
Total corrigido	79	6.975239			
CV (%) =	65.30				
Média geral:	0.2971250	Número de observações:	80		

Variável analisada: AL

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	4.572570	1.143143	58.830	0.0000
PROF	3	0.181124	0.060375	3.107	0.0330
AREA*PROF	12	0.383270	0.031939	1.644	0.1036
erro	60	1.165875	0.019431		
Total corrigido	79	6.302839			
CV (%) =	60.84				
Média geral:	0.2291250	Número de observações:	80		

Variável analisada: H_AL

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	98.976750	24.744187	117.759	0.0000
PROF	3	5.452375	1.817458	8.649	0.0001
AREA*PROF	12	9.138250	0.761521	3.624	0.0004
erro	60	12.607500	0.210125		
Total corrigido	79	126.174875			
CV (%) =	15.35				
Média geral:	2.9862500	Número de observações:	80		

Variável analisada: SB

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	89.383707	22.345927	36.321	0.0000
PROF	3	0.859365	0.286455	0.466	0.7073
AREA*PROF	12	4.525522	0.377127	0.613	0.8228
erro	60	36.914000	0.615233		
Total corrigido	79	131.682595			
CV (%) =	49.79				
Média geral:	1.5752500	Número de observações:	80		

Variável analisada: CTC_E

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	57.739787	14.434947	24.914	0.0000
PROF	3	0.431344	0.143781	0.248	0.8625
AREA*PROF	12	3.556862	0.296405	0.512	0.8991
erro	60	34.763375	0.579390		
Total corrigido	79	96.491369			
CV (%) =	42.19				
Média geral:	1.8043750	Número de observações:	80		

Variável analisada: CTC_T

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	67.393507	16.848377	13.927	0.0000
PROF	3	0.319390	0.106463	0.088	0.9667
AREA*PROF	12	7.632622	0.636052	0.526	0.8897
erro	60	72.587500	1.209792		
Total corrigido	79	147.933020			
CV (%) =	24.11				
Média geral:	4.5615000	Número de observações:	80		

Variável analisada: V

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	32831.140480	8207.785120	86.471	0.0000
PROF	3	797.766030	265.922010	2.802	0.0475
AREA*PROF	12	1480.903220	123.408602	1.300	0.2425
erro	60	5695.193950	94.919899		
Total corrigido	79	40805.003680			
CV (%) =	29.32				
Média geral:	33.2280000	Número de observações:	80		

Variável analisada: MO

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	5.551557	1.387889	3.570	0.0112
PROF	3	0.363865	0.121288	0.312	0.8168
AREA*PROF	12	0.641722	0.053477	0.138	0.9997
erro	60	23.329050	0.388817		
Total corrigido	79	29.886195			
CV (%) =	62.03				
Média geral:	1.0052500	Número de observações:		80	

Variável analisada: N

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AREA	4	0.029480	0.007370	31.362	0.0000
PROF	3	0.028585	0.009528	40.546	0.0000
AREA*PROF	12	0.009590	0.000799	3.401	0.0008
erro	60	0.014100	0.000235		
Total corrigido	79	0.081755			
CV (%) =	33.51				
Média geral:	0.0457500	Número de observações:		80	