

**ATRIBUTOS DA QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE
BANANEIRA EM SISTEMA DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICO**

SINNARA GOMES DE GODOY

Orientador(a):

Prof.(a) Dr.(a) Eliana Paula Fernandes

Co-orientador(a):

Dr.(a) Anna Cristina Lanna

**Prof.(a) Dr.(a) Eli Regina Barboza de
Souza**

Goiânia, GO – Brasil
Julho - 2009

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: SINNARA GOMES DE GODOY

Título do trabalho: ATRIBUTOS DA QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE BANANEIRA EM SISTEMA DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICO

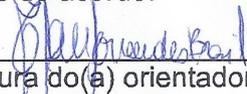
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 06 / 11 / 2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

SINNARA GOMES DE GODOY

**ATRIBUTOS DA QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE
BANANEIRA EM SISTEMA DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de Concentração: Solo e Água.

Orientador(a):

Prof.(a) Dr.(a) Eliana Paula Fernandes

Co-orientador(a):

Dr.(a) Anna Cristina Lanna

Prof.(a) Dr.(a) Eli Regina Barboza de Souza

Goiânia, GO – Brasil
Julho - 2009

G588a Godoy, Sinnara Gomes de
Atributos da qualidade do solo sob cultivo de bananeira em sistema de transição agroecológico/ Sinnara Gomes de Godoy. – Goiânia, 2009.
58 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2009.

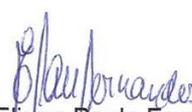
Bibliografia.
Anexo.

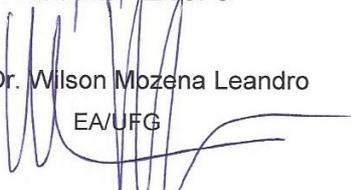
1. Bananeira – Sistema de cultivo – Itapuranga (GO). 2. Bananeira – Insumos químicos. 3. Agroecologia – Sistema de cultivo – Bananeira I. Fernandes, Eliana Paula. II. Lanna, Anna Cristina. III. Souza, Eli Regina Barboza de. IV. Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos V. Título.

CDU: 634.773

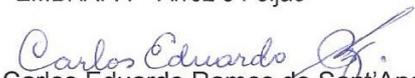


ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE SINNARA GOMES DE GODOY – Aos vinte e quatro dias do mês de julho do ano de dois mil e nove (24.07.2009), às 14h15min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes – Orientadora, Dr^a. Anna Cristina Lanna – Co-Orientadora, Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro e Prof. Dr. Carlos Eduardo Ramos de Sant’Ana, para, sob a presidência da primeira e em sessão pública realizada no Mini-Auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA, da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - EA, da Universidade Federal de Goiás-UFG, procederem à avaliação da defesa da dissertação intitulada **Atributos da qualidade do solo sob cultivo de bananeira em sistema de transição agroecológico**, em nível de **Mestrado**, área de concentração em **Solo e Água**, de autoria de **SINNARA GOMES DE GODOY**, discente do PPGA/EA/UFG. A sessão foi iniciada pela presidente da Banca Examinadora, Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação que em 40 minutos apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca Examinadora argüiu a examinanda, tendo-se adotado o sistema de diálogo seqüencial. Concluída a fase de argüição, os componentes da Banca Examinadora procederam a avaliação da defesa. Considerando o que consta na Resolução nº 658/2004, do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura - CEPEC, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG, e procedidas as correções recomendadas, a dissertação foi **APROVADA** por unanimidade, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM AGRONOMIA**, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega, na Secretaria do PPGA, da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa dissertação em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de procedidas as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de pauta, às 16h 45min a presidente da Mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e, para constar, eu, Prof. Jácomo Divino Borges, Sub-Coordenador do PPGA, lavrei a presente ATA, que depois de lida e aprovada será assinada pelos componentes da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.


Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes
Presidente – EA/UFG


Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
EA/UFG


Dr^a. Anna Cristina Lanna
EMBRAPA – Arroz e Feijão


Prof. Dr. Carlos Eduardo Ramos de Sant’Ana
IESA/UFG

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos pela oportunidade de realizar este curso de mestrado e aos seus docentes e discentes.

À Dr.^a Eliana Paula Fernandes por, além da orientação, pela amizade, incentivo, compreensão e paciência, representando para mim muito mais do que ela imagina.

À Dr.^a Eli Regina Barboza de Souza pela ajuda e eterno sorriso.

Ao Dr. Wilson Leandro Mozena pela ajuda na conclusão desta dissertação.

Ao Dr. Pedro Marques da Silveira pelo incentivo e apoio.

À Dr.^a Anna Cristina Lanna que sempre me acompanhou incentivando a realização de minhas metas, tornando-se não apenas uma amiga, mas uma integrante de minha família.

À Dr.^a Wladia Correchel pelo apoio e contribuição.

Ao Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Universidade Federal de Goiás e aos técnicos integrantes e estagiário Daniel, pela realização de análises.

Aos agricultores Sr. Ilzo Lucas da Costa e Sr. Bertolino João de Sousa por permitirem a realização deste estudo em seus bananais.

Ao Dr. Joel Orlando Bevilaqua Marin por permitir-me à participação no projeto de “Desenvolvimento agroecológico no município de Itapuranga - GO” para a realização deste estudo.

E pelos seus colaboradores da Cooperativa de Agricultores Familiares de Itapuranga (COOPERAFI), em especial a Fabiano e Vanderson pelo acompanhamento na área experimental.

Aos membros desta banca examinadora que aceitaram tão gentilmente o convite.

E a todos que de alguma forma participaram deste trabalho.

OFEREÇO

A Deus, pela minha vida e por estar ao meu lado em todos os momentos.

DEDICO

Aos meus pais Siney de Fátima Godoy e Eurípedes Amaro de Godoy, meu irmão Saulo Amaro de Godoy e ao meu esposo Theyllor França do Amaral, que tanto me incentivaram, apoiaram e me impulsionaram a seguir em frente; e ao meu filho amado Davi, que é o maior presente de Deus em nossas vidas.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CERRADO.....	14
2.2 AGROECOLOGIA.....	16
2.3 CULTURA DA BANANEIRA.....	17
2.3.1 Exigências edafoclimáticas.....	19
2.3.2 Agricultura familiar.....	20
2.3.2.1 Cultivo da bananeira no município de Itapuranga - GO.....	21
2.4 QUALIDADE DO SOLO.....	21
2.4.1 Atributos da qualidade do solo.....	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	30
3.2 COLETA DE DADOS.....	31
3.2.1 Amostragem de solo.....	31
3.2.2 Determinação dos atributos químicos e físicos.....	33
3.2.3 Determinação dos atributos microbiológicos.....	34
3.3.4 Análise estatística dos dados.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DO SOLO.....	35
4.2 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO.....	42
5 CONCLUSÕES	46
6 REFERÊNCIAS	47
ANEXO	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Levantamento sistemático da produção total e regional de banana no Brasil – Safra 2008 (IBGE, 2009).....	18
Tabela 2. Teores médios de argila, silte e areia (em g.kg ⁻¹), na camada de 0 – 10 cm, do solo sob produção de bananeira em sistema em transição agroecológico, no município de Itapuranga – GO	35
Tabela 3. Temperaturas do ar máximas, mínimas e médias (°C) e precipitações pluviais máximas, mínimas e médias (mm) por decêndio, ocorridas no período de amostragem, registrada na Estação pluviométrica da cidade de Goiás, para o município de Itapuranga – GO	57
Tabela 4. Principais classes de solos cultivados com bananeira no Brasil, suas limitações e práticas de manejo recomendadas (Borges & Souza, 2004).....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribuição espacial das classes de uso da terra no Bioma Cerrado no ano de 2002 (Sano et al., 2008)	15
Figura 2.	Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo (Tótola & Chaer, 2002)	24
Figura 3.	Inter-relação entre micro organismos, matéria orgânica e estrutura e interferência do manejo do solo (Tótola & Chaer, 2002).....	27
Figura 4.	Áreas em transição para cultivo agroecológico de bananeira com aplicação de insumos químicos (A1) e sem aplicação de insumos químicos (A2)	31
Figura 5.	Coleta de amostras de solo deformadas para avaliação dos atributos químicos e microbiológico da qualidade do solo (A); Coleta de amostras de solo indeformadas para avaliação dos atributos físicos da qualidade do solo (B)	32
Figura 6.	Valores médios de porosidade total (Pt) e densidade (Ds) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.....	38
Figura 7.	Valores médios de microporosidade (Pmic) e macroporosidade (Pmac) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09	38
Figura 8.	Valores médios de matéria orgânica (MO) e pH do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09	40
Figura 9.	Valores médios de capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.....	41
Figura 10.	Valores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.....	41
Figura 11.	Valores médios de fósforo (P) e potássio (K) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09	42

Figura 12. Valores médios de carbono da biomassa microbiana (C-BM) e nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09	42
Figura 13. Valores médios de quociente metabólico do solo (qCO_2) e respiração basal do solo (RB) sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.....	44
Figura 14. Valores médios de atividade enzimática total (AET) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.....	45

RESUMO

GODOY, S. G. **Atributos da qualidade do solo sob cultivo de bananeira em sistema de transição agroecológico**. 2009. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água)– Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2009.¹

O alcance da sustentabilidade de agroecossistemas é a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, que pode ser mensurada por meio de atributos químicos, físicos e microbiológicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos, químicos e microbiológicos, sob uma abordagem biológica, em cultivo de bananeira sob irrigação no sistema de transição agroecológico em referência a um sistema em equilíbrio. O experimento foi realizado entre o inverno de 2008 e o verão de 2009 em duas áreas sob cultivo de bananeira com e sem a aplicação de insumos químicos associados a insumos orgânicos, no município de Itapuranga – GO. Foram coletadas amostras na profundidade de 0 – 10 cm nos meses de setembro de 2008 e março de 2009 na região da rizosfera da bananeira. Os atributos avaliados foram: textura, pH em CaCl₂, macronutrientes (P, K, Ca e Mg) e teor de matéria orgânica do solo, densidade, porosidade, biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e atividade enzimática total. A estatística clássica foi aplicada para identificar o efeito da aplicação de insumos químicos nas diferentes áreas sob avaliação. O solo apresenta características químicas, físicas e microbiológicas diversificadas em função do ambiente de transição agroecológico no cultivo da bananeira, em que a área onde houve a aplicação de insumos químicos não impactou negativamente a qualidade do solo, já a área em que houve apenas a aplicação de insumos orgânicos ainda necessita de adequação no sistema de cultivo da bananeira para o alcance de sua sustentabilidade.

Palavras-chave: agroecologia, Cerrado, banana, sustentabilidade.

¹ Orientador: Prof.^a Dr.^a Eliana Paula Fernandes, EA–UFG.

Co-Orientadores Dr.^a Pesq.^a Anna Cristina Lanna, Embrapa Arroz e Feijão.

Prof.^a Dr.^a Eli Regina Barboza de Souza, EA–UFG.

ABSTRACT

GODOY, S. G. **Attributes of soil quality under banana cultivation in the transitional agro-ecological system.** 2009. 58f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water)– Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.¹

The scope of the sustainability of agricultural ecosystems is the maintenance and / or improving soil quality, which can be measured by means of chemical, physical and microbiological. The aim of this study was to evaluate the physical, chemical and microbiological, in a biological approach in banana cultivation under irrigation in the transitional agro-ecological system in reference to a system in equilibrium. The experiment was conducted between winter 2008 and summer 2009 in two areas under banana cultivation with and without the application of chemical inputs associated with organic inputs in the municipality of Itapuranga - GO. Samples were collected at a depth 00-10 cm in September 2008 and March 2009 in the region of banana roots. The attributes were: texture, pH in CaCl₂, macronutrients (P, K, Ca and Mg) and organic matter content of soil, density, porosity, microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and total enzymatic activity. The classical statistics was applied to identify the effect of chemical inputs in different areas under evaluation. The soil has chemical, physical and microbiological environment varied as a function of agroecological transition in banana cultivation in the area where there was an application of chemical inputs does not negatively impacted the quality of soil, since the area in which there was only the application of organic inputs still requires adequate system of banana cultivation for achieving sustainability.

Key words: agroecology, Cerrado, banana, sustainability.

¹Adviser: Prof.^a Dr.^a Eliana Paula Fernandes, EA–UFG.

Co-adviser: Dr.^a Pesq.^a Anna Cristina Lanna, Embrapa Arroz e Feijão.

Prof.^a Dr.^a Eli Regina Barboza de Souza, EA–UFG.

1 INTRODUÇÃO

O solo tem como funções principais prover um meio para crescimento vegetal e *habitat* para animais e microrganismos, regular o fluxo de água no ambiente, além de servir como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente, cuja abrangência se efetua tanto para o meio ambiente quanto para as atividades relacionadas à agropecuária (Larson & Pierce, 1994).

As funções ecológicas incluem a produção de biomassa (alimentos, fibras e energia), transformações bioquímicas e *habitat* biológico como reserva genética de plantas, animais e organismos, que devem ser protegidos da extinção. Já as funções ligadas à atividade humana, o solo assume papel de meio físico, fonte de material particulado (areia, argila e minerais), que serve de base para estruturas industriais e atividades sócio-econômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; além de ser parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para preservação da história da humanidade (Blum & Santelises, 1994).

Devido ao crescimento populacional e a uma constante crise de oferta de alimentos no mundo, o manejo intensivo do solo, mecanização, irrigação, monocultura e uso de insumos químicos (agrotóxicos e fertilizantes) tornaram-se práticas comuns na busca por uma maior produção agrícola. A utilização destas “técnicas modernas de produção” e da expansão de terras para a agricultura tem ocasionado perda de matéria orgânica do solo, erosão e contaminação das águas subterrâneas, além de prejuízos à microbiota do solo e seus processos bioquímicos (Ferreira, 2005). No século passado, aproximadamente 8,7 bilhões de hectares de terra no mundo eram utilizados para práticas agrícolas e florestais, e destes cerca de 2 bilhões de hectares já se encontravam em processo de degradação (Daniel, 2000; Arshad & Martin, 2002). No Brasil, esta situação evidencia-se também na região de Cerrado, onde ocorre uma conversão inadequada de ambientes naturais por sistemas agrícolas de produção, o que tem provocado a degradação de extensas áreas deste bioma (Fonseca et al., 2007).

É neste contexto que surge a preocupação de expor a idéia de um desenvolvimento sustentável que possa garantir a manutenção da biodiversidade e do

ambiente como um todo. Dessa forma, a sustentabilidade de agro ecossistemas tem como um dos principais objetivos a melhoria da qualidade do solo, definida como a capacidade do solo em funcionar dentro dos limites da terra e do ecossistema, exercendo várias funções para sustentar a qualidade produtiva e biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (Doran & Parkin, 1994).

A qualidade do solo pode ser mensurada através de atributos que medem ou refletem a situação ambiental ou condição de sustentabilidade do ecossistema, podendo estes serem caracterizados através de atributos físicos, químicos ou microbiológico (Araújo & Monteiro, 2007).

A maioria dos estudos sobre a qualidade do solo relacionava-se, principalmente, com a utilização de indicadores físicos e químicos (Larson & Pierce, 1994). Contudo, como os processos bióticos do solo influenciam diretamente em muitos fatores químicos e físicos do solo; atualmente, a avaliação da comunidade microbiana e seus processos são fundamentais para o entendimento do funcionamento e do equilíbrio de ecossistemas (Lee, 1994). A partir disso, considera-se que a abordagem integrada entre atributos microbiológico e sua inter-relação com as demais propriedades do solo e do sistema de produção objetiva otimizar o entendimento sobre a capacidade produtiva do solo utilizado para produção de alimentos.

Pelo fato de ser comestível, popular e de ser acessível a todas as classes sociais, a bananicultura é de grande importância para o Brasil, sendo a segunda fruta mais importante em área colhida, quantidade produzida e valor de produção e consumo, constituindo-se de um fator de grande relevância para este trabalho no que se refere às opções de produção da banana no Brasil. Atualmente o cultivo da banana está sendo reforçado por diretrizes da produção integrada, cuja premissa fundamenta-se na implementação de boas práticas de manejo agrícola, para produção de frutos de maior qualidade (Embrapa, 2004) e da preservação da qualidade do solo.

Neste contexto, este presente trabalho objetivou avaliar os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, sob cultivo de banana, em sistema de transição agroecológico (com e sem aplicação de insumos químicos), tomando-se como referência um sistema em equilíbrio (mata nativa).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CERRADO

Representando uma área de aproximadamente 25 % do território brasileiro, o Cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de hectares (IBGE, 2004) na região central do Brasil e engloba parte dos estados de Goiás, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal. Esta região apresenta clima estacional, em que o período de outubro a março é chuvoso seguido por um período seco que se estende até setembro (Klink & Machado, 2005).

Apesar da comprovada importância sócio-ambiental, o Cerrado ainda se encontra pouco valorizado em termos de conservação, que, apesar de suas características, (serem muito intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes e com elevada concentração de alumínio), tem grandes extensões ocupadas, haja vista que para torná-lo produtivo, utilizam-se fertilizantes e calcário (Klink & Machado, 2005).

Dentre os fatores que impulsionaram o início da ocupação e, em consequência, a degradação do Bioma Cerrado, destacam-se: (1) econômicos - terras mais baratas, incentivos governamentais e proximidade de mercados consumidores, (2) culturais - uso indiscriminado dos recursos naturais, com práticas agrícolas inadequadas, e (3) físico-naturais - disponibilidade de recursos hídricos e terras planas para a agricultura mecanizada (Carvalho et al., 2008).

Estudos recentes, com base em dados de sensoriamento remoto, apontam um estágio de conversão deste bioma na ordem de 64 %, fortemente marcadas pela expansão da pecuária e pela tecnificação da agricultura (Figura 1) (Machado et al., 2004; Ferreira et al., 2005), tornando-se necessário um enfoque multidisciplinar na avaliação dos problemas e no estudo de soluções para a racionalização do uso desta área.

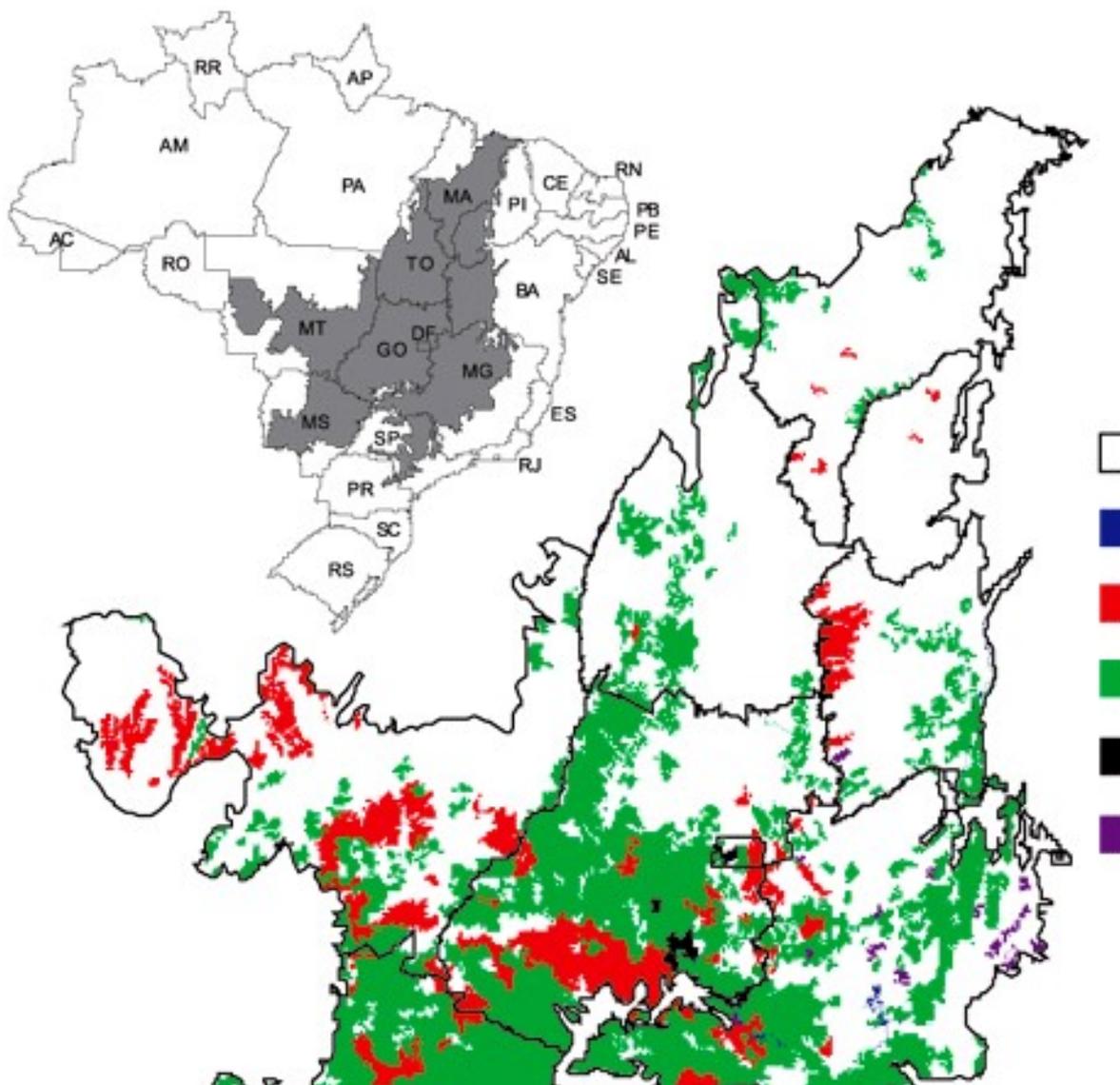


Figura 1. Distribuição espacial das classes de uso da terra no Bioma Cerrado no ano de 2002. (Sano et al., 2008)

É inegável que a expansão agrícola e o uso de tecnologias modernas no Cerrado geraram benefícios sócio econômicos em várias localidades. Contudo, mediante ao histórico desta região, isto também implica que a expansão agrícola desta região continuará, proporcionando maiores impactos tanto para o Cerrado, quanto para outros ecossistemas (Klink & Machado, 2005).

De acordo com Machado et al. (2004), caso a importância da conservação do Cerrado for elevada tão quanto à sua importância para produção agrícola e pecuária, ainda há tempo para se reverter uma possível perda total deste bioma. Neste contexto, o uso sustentável dos recursos naturais, especialmente o solo, cresce unido à preocupação com a

qualidade desse recurso, devendo ser monitorada para a constatação da sustentabilidade da prática agrícola realizada.

2.2 AGROECOLOGIA

O século passado foi caracterizado pela máxima expressão da interferência do homem na natureza que trouxe como consequência o esgotamento dos recursos produtivos naturais, a extinção de espécies de flora e fauna, crise energética, poluições dos meios essenciais à vida e o êxodo rural. Tais percalços levaram o mundo, sobretudo o Brasil, a repensar sobre o modelo produtivo agrícola aplicado e a buscar um modelo que fosse mais adequado às suas tradições e às características socioeconômicas, bem como ao seu ambiente tropical e sub-tropical (Paschoal, 1994). Assim, em tempos mais recentes, o modelo agroecológico de produção vem sendo estabelecido por representar um estilo menos agressivo de agricultura ao meio ambiente e como agente de inclusão social ao promover melhores condições sociais e econômicas aos agricultores (Caporal & Costabeber, 2002a).

Apesar da ampla discussão em torno do termo agroecologia, normalmente este é vinculado a produtos “limpos” ou ecológicos: os alimentos orgânicos (produto de uma prática agrícola). Contudo, a agroecologia deve ser analisada sob enfoque científico, no apoio à transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural de práticas convencionais para modelos de desenvolvimento rural e de práticas sustentáveis (Caporal & Costabeber, 2002a).

De acordo com Norgaard & Sikor (2002), a agroecologia é representada como um enfoque diferente de desenvolvimento agrícola, pois está baseada em premissas filosóficas mais amplas que as da agricultura convencional, uma vez que a agroecologia é um conhecimento que permite analisar criticamente a agricultura convencional, com razões de insustentabilidade, e dar subsídios para o redesenho do manejo de agroecossistemas, na perspectiva de sustentabilidade (Caporal & Costabeber, 2002b).

Segundo Gliessman (2000) sustentabilidade é a capacidade de um agroecossistema manter-se produtivo, de forma ambiental e social, ao longo do tempo. Neste contexto, para que um sistema seja considerado agroecológico este deve estar baseado na interação das dimensões ecológica, econômica, sócio-cultural, política e ética.

Assim, o conceito de sustentabilidade inclui uma noção de preservação dos recursos naturais como constituinte na continuidade dos processos de reprodução sócio econômica e cultural da sociedade, considerando perspectivas atuais e futuras (Caporal & Costabeber, 2002b).

2.3 CULTURA DA BANANEIRA

A bananeira (*Musa spp.*) é uma cultura monocotiledônea e herbácea (parte aérea é cortada após a colheita), apresenta caule curto e subterrâneo (rizoma), de onde saem as raízes primárias. O sistema radicular é fasciculado, geralmente atingindo horizontalmente de 1 m a 2 m, dependendo da variedade e das condições do solo, e superficialmente com aproximadamente 30 % das raízes localizadas na profundidade de 0 – 10 cm e cerca de 80 % na camada de 0 - 50 cm (Borges & Souza, 2004). O pseudocaule, uma união das bainhas foliares, termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida. Do centro desta copa emerge uma inflorescência apresentando brácteas ovaladas, de coloração normalmente roxo-avermelhada, em cujas axilas nascem as flores. Cada grupo de flores reunidas dá origem a uma penca (mão) com número variável de frutos (dedos). Os frutos, de verdes, tornam-se amarelos com a maturação e conseqüentemente, quando escurecidos, chega-se ao estágio de morte da planta. Contudo, durante o desenvolvimento da bananeira há a formação de rebentos (filhos), que surgem na base da planta, possibilitando a constante renovação da bananeira (Alves, 1999; Borges & Souza, 2004).

A banana é cultivada em todos os Estados do Brasil, envolvendo deste a faixa litorânea até os planaltos interiores, contribuindo para que o país seja o segundo produtor mundial, com área colhida superior a 500.000 hectares e produção estimada de 7,0 toneladas ano⁻¹, sendo esta voltada praticamente ao mercado interno (Borges & Souza, 2004; IBGE, 2011). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) na safra de 2010 a região do Nordeste brasileiro foi a região que obteve maior produção de banana enquanto a Centro-Oeste ocupa uma posição de menor produtora (Tabela 1).

Tabela 1. Levantamento sistemático da produção total e regional de banana no Brasil – Safra 2008 (IBGE, 2011).

Regiões	Produção de banana (t)
Norte	781.310
Nordeste	2.671.374
Sul	1.031.666
Sudeste	2.261.470
Centro-Oeste	257.864
Goiás	189.487
Total	7.003.684

Em áreas de clima tropical sob irrigação, é possível colher o primeiro cacho de banana aos 11-13 meses (Manica, 1997). De um modo geral o cacho pode ser colhido em diversos estágios de desenvolvimento dos frutos, segundo a distância do mercado consumidor ou a finalidade a que se destina o produto (Alves, 1999). Contudo, as bananas são mais saborosas para o consumo quando são colhidas ainda verdes, mas bem desenvolvidas (Manica, 1997).

O consumo da banana é relativamente alto em diversos países e tem aumentado devido à expansão do conhecimento de seu valor nutritivo e do seu sabor, constituindo um importante elemento nutritivo na alimentação de crianças e adultos (Manica, 1997).

Em relação às outras frutas, a banana apresenta elevada expressividade em função de suas características que vão desde o plantio até o armazenamento, pois apresenta um ciclo relativamente curto, tem facilidade de propagação e produção contínua com grande rendimento por hectare, oferece ainda facilidade de manejo com a fruta verde, cujo estágio propicia, em baixa temperatura, um armazenamento por período relativamente longo (Manica, 1997).

O crescimento da bananeira pode ser influenciado por fatores internos e externos, quais sejam as características genéticas da variedade utilizada e condições edáficas (Solórzano e Sabbatini), ambientais (clima), agentes bióticos e atuação humana respectivamente (Borges & Souza, 2004).

Outro aspecto importante para o sucesso do cultivo da banana é a disponibilidade de nutrientes no solo que, quando em concentrações baixas, podem ser repostos através de adubação orgânica ou mineral. Em geral, a adição de adubos orgânicos aos solos tropicais proporciona a melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, obtendo-se boas respostas das plantas à aplicação. Para o bananal, a fase de

maior importância da adição de resíduos orgânicos é no plantio, pois estimula o desenvolvimento radicular e o estabelecimento da planta. Já a adubação mineral no bananal deve ser aplicada de forma constante, pois após o primeiro ano de instalação, encontra-se no bananal plantas em diferentes estágios (Alves, 1999).

2.3.1 Exigências edafoclimáticas

O cultivo da bananeira deve ser preferencialmente em terrenos planos, contudo, no Brasil, a maioria desta prática localiza-se em áreas de declividade acentuada, gerando problemas como a erosão e utilização de implementos agrícola. Por este motivo, a conservação do solo sob bananeira assume grande importância como prática de cultivo (Manica, 1997; Alves, 1999).

No Brasil, a bananeira se desenvolve em diversos solos, sendo necessárias práticas de manejo para alcançar melhor produtividade e qualidade de frutos (Anexo) (Borges & Souza, 2004). O solo ideal para um bananal deve possuir boa capacidade de retenção de água, perfeita aeração, ser profundo, apesar de o sistema radicular da bananeira ser predominantemente superficial. Em áreas de encharcamento, deve estar estabelecido um bom sistema de drenagem (Moreira, 1987; Borges & Souza, 2004).

A temperatura ótima para o plantio e cultivo da bananeira está em torno de 28 °C, com limites extremos de 15 a 35 °C. Como a bananeira é uma planta que apresenta elevado e constante consumo de água, as maiores produções de banana estão associadas às regiões com precipitação média total anual de 1.900 mm, de forma distribuída no decorrer do ano, além da cultura requerer ainda alta luminosidade com um número estimado de 1.500 horas de luz por ano, com quatro horas diárias por ano (Embrapa, 2003).

O vento é outro fator climático importante para o bom desenvolvimento do bananal. Os prejuízos causados pelo vento ao bananal é proporcional à sua intensidade, os quais sejam; friagem, desidratação de plantas pela evaporação excessiva, diminuição da área foliar, dilaceração da folha fendilhada; rompimento das raízes, queda e tombamento da planta (Moreira, 1987; Manica, 1997; Borges & Souza, 2004).

2.3.2 Agricultura familiar

A trajetória, ainda curta em termos temporais, do conceito de agricultura familiar, é extensa em termos conceituais e expressa o intenso debate sobre suas características empíricas. Contudo, a discussão sobre a agricultura familiar vem ganhando legitimidade social, política e acadêmica no Brasil, sendo utilizada mais frequentemente em discursos dos movimentos sociais rurais, por órgãos governamentais e segmentos do pensamento acadêmico, especialmente por estudiosos das Ciências Sociais que se ocupam da agricultura e do mundo rural (Schneider, 2003).

Segundo Abramovay (1997), existem dois preconceitos sobre agricultura familiar: o primeiro é o que assimila, confunde, transforma em sinônimos “agricultura familiar” e expressões como “produção de baixa renda”, “pequena produção” ou até mesmo “agricultura de subsistência”; o segundo é o que considera as grandes extensões territoriais trabalhadas por assalariados como a expressão mais acabada do desenvolvimento agrícola. Envolver a agricultura familiar à pequena produção, agricultura de baixa renda ou de subsistência envolvem um julgamento prévio sobre o desempenho econômico destas unidades.

Sob uma última análise àquilo que se pensa tipicamente como pequeno produtor é alguém que vive em condições muito precárias, de acesso nulo ou muito limitado ao sistema de crédito, que conta com técnicas tradicionais e rudimentares e que não consegue se integrar aos mercados mais dinâmicos e competitivos. Além de desconhecer os traços mais importantes do desenvolvimento agrícola tanto no Brasil como em países capitalistas avançados nos últimos anos (Abramovay, 1997).

Para Gasson & Errington (1993) a agricultura familiar é definida por ser realizada por proprietários, sendo que os responsáveis pelo empreendimento estão ligados entre si por laços de parentesco, o trabalho é fundamentalmente familiar e o capital pertence à família que normalmente vive na unidade produtiva.

Contudo, a agricultura familiar não é sinônimo de trabalho familiar, e sim pelo papel preponderante da família como estrutura fundamental de organização da reprodução social através da formulação de estratégia (conscientes ou não) familiares e individuais que remetem diretamente à transmissão do patrimônio material e cultural (a herança) e à transmissão da exploração agrícola (a sucessão).

A agricultura familiar tornou-se elemento fundamental da modernização agrícola e de certas cadeias agroindustriais devido à fácil adaptação de diferentes processos de produção e a variedade de fontes de renda.

A discussão sobre a importância e o papel da agricultura familiar vem ganhando força impulsionada através de debates embasados no desenvolvimento sustentável e também na geração de emprego e renda e na segurança alimentar (Gomes, 2004).

2.3.2.1 Cultivo de bananeira no município de Itapuranga - GO

O município de Itapuranga, localizado na região do Vale da Serra da Mesa, possui 2.482 habitantes em uma área territorial equivalente a 1.277,16 Km², em que 110 ha estão sob plantio de bananeira com rendimento médio de 1800 kg ha⁻¹ (IBGE, 2008).

Os agricultores familiares trabalham com a diversificação da produção, desenvolvendo atividades com leite, fruticultura e horticultura, destinados principalmente à comercialização, e arroz, milho, mandioca para a subsistência (Campos & Ribeiro, 2007).

Uma das principais práticas utilizadas por estes agricultores na cultura da banana é a utilização intensiva de insumos químicos, o que acarreta aumento do custo de produção e diversos impactos ambientais para a propriedade e seu entorno, além de outros prejuízos, tais como redução da rentabilidade da atividade, dificuldade na comercialização devido aos altos custos ocasionados pelo tipo de manejo e problemas na saúde do agricultor (Campos & Ribeiro, 2007).

Nesse contexto, a Cooperativa de Agricultura Familiar (COOPERAFI) do município de Itapuranga em parceria com a Universidade Federal de Goiás, por meio do projeto Desenvolvimento agroecológico no município de Itapuranga – GO, vem executando ações de conscientização e capacitação de agricultores para redesenhar e desenvolver sistemas agroecológicos de produção de banana dentre outros cultivos.

2.4 QUALIDADE DO SOLO

O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70, associada ao conceito de fertilidade do solo, isto é, acreditava-se que um solo rico em nutrientes era um solo com alta qualidade devido à capacidade de manter a produção agrícola por longos períodos. Entretanto, nos anos seguintes, a percepção de qualidade do solo evoluiu para um entendimento mais amplo em que o solo não deve apenas apresentar alta fertilidade, mas também possuir boa estruturação e abrigar alta diversidade biológica (Zilli et al., 2003).

Brookes (1989) definiu um solo de qualidade como aquele que auxilia na redução do nível de contaminantes na água superficial e subsuperficial; que permite a produção de alimentos saudáveis e nutritivos e mostra características de um sistema em equilíbrio (como por exemplo, uma mata nativa). É considerado como sistema em equilíbrio, áreas sem perturbações, onde o teor de carbono (C) fixado anualmente pela fotossíntese é balanceado por teores relativos de carbono liberados para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO₂), sendo que a rapidez deste processo de reposição de C depende da natureza da matéria orgânica contida no solo (Silva & Resck, 1998).

De maneira geral, o solo é constituído pela camada mais externa da crosta terrestre com espessura variável, que se difere do material que a suporta em cor, estrutura, propriedade, constituição física e composição química. Como consequência, o solo é denominado como um corpo natural composto de materiais orgânicos e minerais onde ocorre o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Tal conceito evidencia o solo em seu aspecto biológico, contudo, este também pode ser definido de maneira geológica em que o solo é uma camada que foi suficientemente intemperizada por processos físicos, químicos e biológicos de modo a suportar o crescimento de plantas (Mello et al., 1989).

Um aspecto importante a ser considerado é que o desenvolvimento de plantas será favorecido mediante a uma manutenção e/ou melhoria na qualidade do solo (QS), a qual pode ser definida como a capacidade ou especificidade do solo em exercer várias funções de maneira sustentável dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema (Doran & Parkin, 1994; Santana & Bahia Filho, 1998). O conceito de qualidade do solo, segundo Marriell et al. (2005), pode ser ilustrado através da sustentabilidade da produção, qualidade ambiental e saúde de plantas e animais. Assim, quando os diferentes componentes edáficos atingem o equilíbrio há um reflexo direto na sua qualidade.

A avaliação da qualidade do solo de maneira simples e confiável é uma das principais metas da ciência do solo. Karlen et al. (1997) apresentam duas concepções para a avaliação da QS: (a) a qualidade é uma característica inerente a cada solo, sendo

governada por seus processos de formação, isto é, cada solo possui uma habilidade natural para funcionar, definida por um conjunto de fatores, que refletem o máximo potencial de um solo para realizar uma função específica; (b) se um solo está funcionando de acordo com o seu potencial máximo para um determinado uso, ele terá excelente qualidade; se não, o seu potencial pode ter sido alterado pelo uso ou manejo, ou o solo naturalmente possui baixa qualidade.

De acordo com Doran & Parkin (1994) o monitoramento de mudanças a médio e longo prazo da qualidade do solo, pode ser avaliado por meio da quantificação de atributos químicos, físicos e microbiológico. Contudo, apesar de longa a discussão sobre o uso de atributos como indicadores, há ainda a dificuldade de se chegar a um consenso sobre quais parâmetros são capazes de atestar o impacto de práticas agrícolas sobre o solo (Zilli et al., 2003).

Assim as práticas de manejo e conservação do solo devem ser planejadas e executadas em busca da manutenção ou melhoria de atributos, de modo a aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade biológica competitiva (Araújo et al., 2007).

2.4.1 Atributos da qualidade do solo

Os atributos da qualidade do solo constituem uma ferramenta para agregação e simplificação de informações que irão mensurar sua qualidade (Sands & Podmore, 2000). Atributos são medidas mensuráveis do solo (como por exemplo, densidade e atividade enzimática) referentes às características do mesmo, e, quando associado às suas diversas funções, podem ser usados como indicadores de qualidade. Porém, os atributos não podem ser medidos individualmente para descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, devendo estar vinculados um ao outro nas diversas funções do solo e servir para diagnosticar mudanças desejáveis ou não que tenham ocorrido, ou que possam ocorrer no futuro em decorrência do manejo utilizado (Stenberg, 1999; Tótola & Chaer, 2002).

Dentre os atributos físicos que podem ser usados para avaliar a qualidade de um solo, destacam-se aqueles que envolvem retenção e transmissão de ar, nutrientes e calor às sementes e plantas, tais como a densidade, textura e espaço poroso do solo (Hamblin, 1986). Já os atributos químicos de maior importância para a avaliação da

qualidade do solo destacam-se a capacidade de troca catiônica, pH, conteúdo de carbono orgânico total e/ou matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes. E, entre os atributos microbiológicos que apresentam grande potencial de utilização como indicadores sensíveis do estado ecológico do solo, destacam-se o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e a atividade de microrganismos (atividade metabólica), tais como a taxa de respiração (perda de C na forma de CO₂) e atividade enzimática total (Silveira et al., 2006) (Figura 2). Em decorrência de sua atuação, a população microbiana possui uma rápida capacidade de resposta, em tempo relativamente curto, às mais diferentes práticas de manejo. Em outras palavras, os atributos microbiológico são capazes de detectar mudanças no solo antes mesmo que se observem nas propriedades físicas e químicas do solo (Powlson et al., 1987; Sparling, 1992).

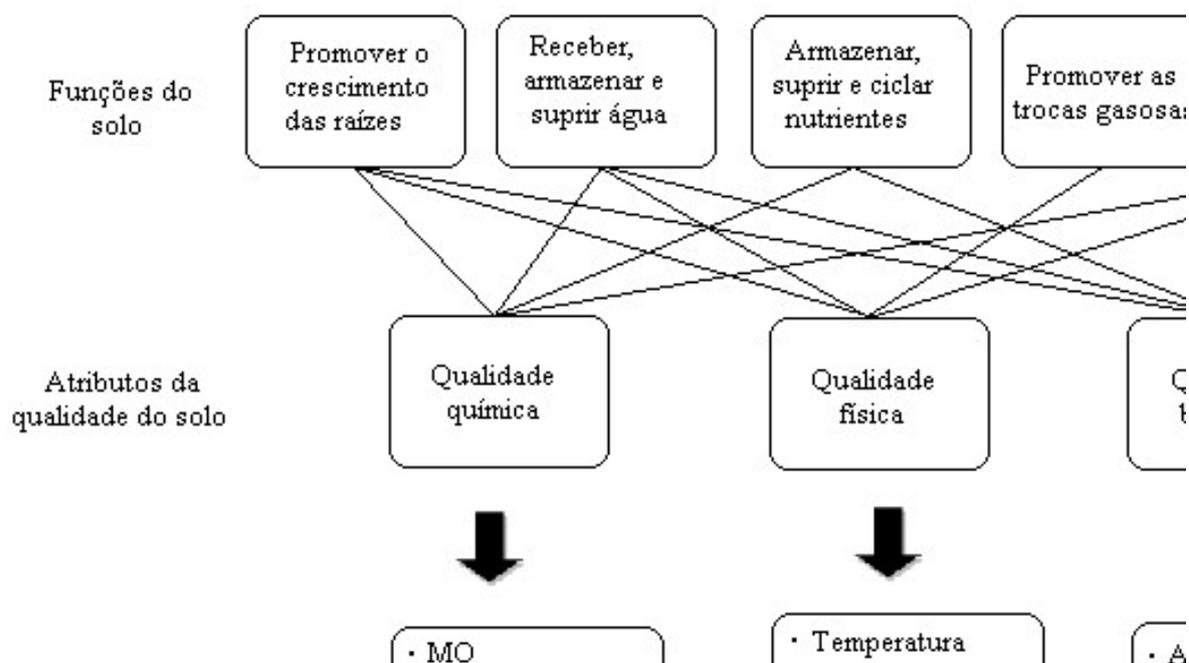


Figura 2. Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo. (Tótola & Chaer, 2002).

A análise química do solo é reconhecidamente o mais popular instrumento utilizado pelos agricultores para obter informações sobre as condições do solo e para a tomada de decisões referentes às ações de manejo. Tais atributos incluem medições de pH, salinidade, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes e concentração de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos, etc.) ou

aqueles que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Santana & Bahia Filho, 1998).

Para um crescimento saudável das plantas é necessário um alto teor de elementos biogênicos, tais como carbono (C) e nitrogênio (N) que são retirados da atmosfera e do solo e, apesar de ambos terem estoque limitado, torna-se possível essa sustentação das plantas através do sistema contínuo de reabastecimento no estoque de CO₂ e dos minerais necessários às plantas, além da capacidade de reciclagem biológica, ou seja, as atividades dos vários micro organismos telúricos que produzem e transformam os minerais em formas assimiláveis para as plantas (Vargas & Hungria, 1997).

Assumindo grande importância na avaliação da QS, a matéria orgânica (MO) tem íntima ligação com a maioria dos atributos, sendo favorecida em solos com vegetação nativa, naqueles com teores mais elevados de argila e em solos sob cultivo mínimo. Por outro lado, o teor de MO é geralmente baixa, em solos cultivados, nos arenosos ou degradados pela erosão ou por contaminação com substâncias orgânicas tóxicas ou metais pesados (Moreira & Siqueira, 2002).

A MO é formada pelo produto da acumulação de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos e parcialmente resintetizados, sendo composta de carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H), complementada com outros elementos, como o nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Sua distribuição no perfil do solo depende principalmente da maneira que se adiciona o material orgânico seja sobre a superfície, ou revolvido junto ao solo (Primavesi, 1980).

De acordo com Vargas & Hungria (1997), a decomposição e formação da MO compreendem dois processos fundamentais: a mineralização, a qual se trata da conversão dos elementos na forma orgânica para a inorgânica; e imobilização, em que uma parte do material mineralizado pode ser assimilada e armazenada pelos microrganismos. Como a mineralização pode não ser completa, uma grande parte dos compostos orgânicos, modificados pelos microrganismos, formam complexos resistentes formadores da fração decomposta da MO do solo, também denominada húmus. Durante sua transformação ocorre a formação de uma série de compostos orgânicos complexos que retêm os nutrientes por maior período de tempo, que vão sendo liberados à medida que estes compostos vão sendo hidrolisados e colocados à disposição das plantas. Por exemplo, a MO no solo contém a maioria das reservas de N para a nutrição das plantas, bem como larga proporção do fósforo e enxofre. Estas reservas, entretanto, exceto em ambientes naturais, não atingem

um regime de equilíbrio dinâmico imutável, uma vez que é o resultado das taxas simultâneas de adição de materiais frescos e de sua decomposição, tanto dos materiais adicionados como dos materiais humificados no solo (Eira, 1995).

Além de ser um atributo químico de grande importância para a fertilidade do solo, a MO é de grande importância para outros atributos, pois influencia diretamente nas propriedades do solo tanto físicas como a capacidade de retenção de água e estrutura do solo; químicas, como a adsorção específica de cátions e disponibilidade de nutrientes; e biológicas como a atividade microbiana do solo, que interferem no rendimento vegetal e na sustentabilidade desse recurso não renovável (Ernani, 2008).

A MO é responsável por fornecer energia a um processo biológico complexo e contínuo formador da estrutura do solo e, portanto, da qualidade física do solo na regulação do suprimento e armazenamento de muitos dos requerimentos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de plantas (Leonardo, 2003). Para Walker & Reuter (1996), a estabilidade estrutural do solo é melhorada por altos níveis de atividade microbiológica associada ao conteúdo de MO. Dessa forma assume-se que exista um circuito complexo e intimamente ligado entre a estrutura do solo, microbiota e matéria orgânica (Figura 3).

Contudo não basta apenas que o solo esteja estruturado, mas é necessário que esta estrutura seja estável e possa resistir às pressões de alterações no arranjo da sua estrutura, caso contrário, sua desestruturação tem como consequência direta na redução da sua porosidade (Leonardo, 2003).

Entende-se por porosidade de um solo o volume não ocupado por constituintes sólidos e sim pelo ar e pela água. A grande importância da porosidade está no fato de que é através dela que se dá a transferência de sólidos, líquidos e gases no interior do solo, bem como o metabolismo de sua biomassa microbiana. Uma porosidade eficiente, sem impedimentos, permite maior quantidade de água infiltrada a grandes profundidades, propiciando uma reserva eficiente para as nascentes e para os vegetais. Entretanto, quando há algum impedimento próximo à superfície a água retorna rapidamente à atmosfera o que pode viabilizar graves danos através da erosão (Guerra et al., 2005). O desenvolvimento de macroporos auxilia na manutenção da umidade e aeração do solo, que são críticas para a sobrevivência da microbiota e seus processos metabólicos (Drew & Lynch, 1980).

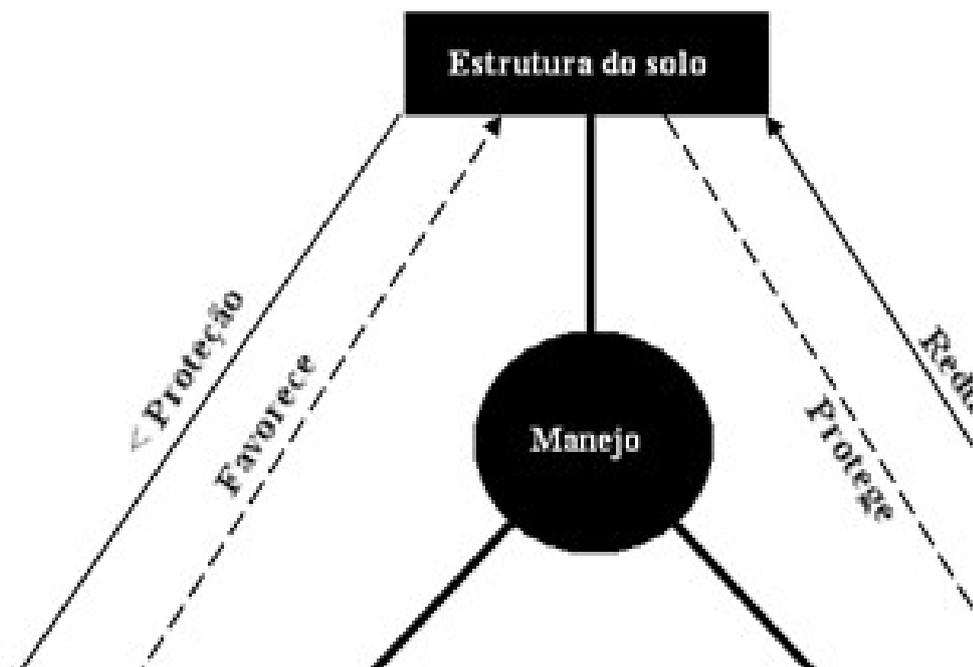


Figura 3. Inter-relação entre micro organismos, matéria orgânica e estrutura em função do manejo do solo (Tótola & Chaer, 2002).

Vieira (1975) e Brady (1983) descrevem ainda, que a porosidade do solo refere-se à distribuição espacial das partículas sólidas do solo sendo reduzida à medida que aumenta o contato entre essas partículas, remetendo-se dessa forma ao conceito de densidade do solo, que é reduzida à medida que se eleva o espaço poroso do solo. Sabendo-se que o tamanho das partículas de um solo mineral não está sujeito a mudanças rápidas, a determinação de suas frações no solo e, portanto de sua textura, é de extrema importância na descrição identificação e classificação de um solo (Corá et al., 2009).

O manejo inadequado do solo pode levar à compactação da camada mais superficial e, conseqüentemente à redução na eficiência da ciclagem de nutrientes mediada por micro organismos, visto que a decomposição anaeróbia é mais lenta e menos eficiente que a aeróbia (Ferreira, 2005). Dessa forma os micro organismos contribuem para a estabilidade de ecossistemas, atuando em diferentes níveis tróficos, em interações bióticas e abióticas, e biogeosfera na alteração de constituintes atmosféricos gasosos (Canhos et al., 1999). Assim, quanto melhor a estrutura do solo, maior a quantidade de biomassa microbiana ativa, maior a quantidade de substâncias facilmente trocáveis no solo, maior a quantidade de nutrientes mineralizados e disponibilizados para as plantas, provenientes da matéria orgânica (Ferreira, 2005).

Responsável pela quase totalidade da atividade biológica no solo, a biomassa microbiana (BM) representa a parte viva da MO, sendo composta por todos os organismos menores que $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$, como fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e outros componentes da microfauna. Desta forma, a BM caracteriza-se com principal fonte de enzima catalisando as transformações bioquímicas, representando fonte e dreno de carbono e troca de nutrientes entre a atmosfera e o ecossistema solo-planta (Moreira & Siqueira, 2002). Conseqüentemente, solos que mantêm alto conteúdo de BM são capazes não somente de estocar mais nutrientes, mas também de ciclar mais nutrientes através do sistema. Ademais, o fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível de matéria orgânica os fazem sensíveis a mudanças na sua qualidade.

Contudo, determinações da BM não fornecem indicações de sua intensidade, isto é, podem ocorrer situações em que os solos apresentam elevadas quantidades de biomassa inativa e vice-versa (Cattelan & Vidor, 1990). De maneira geral, pode-se dizer que quanto maiores os teores de C-BM, maior será a reserva de carbono ativo no solo, o que implicará em maior potencial de decomposição da matéria orgânica do solo (Mercante, 2001). Daí a importância dos atributos que quantificam a atividade microbiana indicando o estado metabólico das comunidades de microrganismos do solo.

A avaliação do metabolismo do solo e, portanto, sua atividade, pode ser mensurada por meio da taxa de respiração (consumo de O_2 ou emissão de CO_2), dinâmica da matéria orgânica, atividade enzimática total e específica (Cattelan & Vidor, 1990).

A atividade enzimática do solo pode ser quantificada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína realizada pelas atividades oriundas de organismos vivos (plantas, microrganismos e animais) e por enzimas abiônicas (enzimas associadas à fração não viva dispersa no solo) (Barak & Chet, 1986; Tabatabai, 1994; Ghini et al., 1998).

A taxa de respiração basal do solo (RB), ou microbiana, consiste na oxidação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios do solo, de raízes vivas e de macrorganismos como minhocas, nematóides e insetos (Parkin et al., 1996), utilizando O_2 como aceptor final de elétrons, até CO_2 . A atividade dos organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo, sendo a respiração do solo um indicador sensível da decomposição de resíduos, do giro metabólico do carbono orgânico total do solo (Alvarez et al.) e de distúrbios no ecossistema (Paul et al., 1999).

Uma alta taxa respiratória pode ser uma característica desejável se se considera uma alta taxa de decomposição de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para a

planta. Contudo, a decomposição da MO estável (fração húmica do solo), é desfavorável para muitos processos físicos e químicos, como CTC, agregação e capacidade de retenção de água. Uma alta taxa respiratória pode resultar de um grande “pool” de substratos de C lábeis, onde resulta em uma grande decomposição da MO, como da rápida oxidação de um pequeno “pool” decorrente, por exemplo, da incorporação de resíduos culturais pela aração. Portanto, altas taxas de RB podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (Islam & Weil, 2000). Assim é necessário que a avaliação deste atributo seja interagido à outros, para que juntos possam indicar ou não um estado de distúrbio ecológico.

Através de um estudo prévio da quantificação da BM e de sua taxa respiratória, o quociente metabólico do solo (qCO_2) é indubitavelmente um índice mais adequado para mensurar a eficiência microbiana (Wardle & Hungria, 1994). Dessa forma o qCO_2 é determinado a partir da relação da taxa e respiração e, portanto, de CO_2 evoluído da biomassa microbiana do solo por unidade de biomassa (Walker & Reuter, 1996). Esse quociente tem sido apontado como um bom atributo que avalia o estresse microbiano, visto que expressa a energia necessária para a manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para a produção da própria biomassa (Bardgett & Saggar, 1994). Islam & Weil (2000) obtiveram resultados consistentes para afirmar que há um aumento nesse índice quando ocorre um distúrbio no ambiente (condições desfavoráveis como presença de metais pesados, limitações de nutrientes, baixo pH e fluxo rápido de condições ambientais, como cultivo, queimada, etc) e há um decréscimo quando ocorre a estabilização do sistema.

Segundo Odum (1974), à medida que determinada BM se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos C é perdido como CO_2 pela respiração e maior proporção de C é incorporada aos tecidos microbianos. Assim, uma BM “eficiente” ($< qCO_2$) tem menor taxa de respiração indicando economia na utilização de energia em relação a uma mesma BM “ineficiente” ($> qCO_2$) (Wardle & Hungria, 1994).

Neste contexto os atributos da qualidade do solo são importantes especialmente para que sejam compartilhados com agricultores, permitindo que eles avaliem os possíveis fatores limitantes da produção em suas propriedades, integrando-os no trabalho de monitoramento da evolução ou regressão da sustentabilidade dos sistemas de produção (Reichert et al., 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado em áreas de produção de bananeira no município de Itapuranga – GO (15°33' de latitude Sul, 49°56' de longitude Oeste e 651 m de altitude). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW, ou seja, quente e semi-úmido com estação seca definida. A precipitação pluviométrica média anual é de 1700 mm, temperatura média anual de 25 °C. O solo é classificado como Latossolo de textura argilosa e média.

O experimento foi conduzido em duas áreas em transição para sistema agroecológico, onde a diferença básica entre elas foi a utilização ou não de insumos químicos (principalmente quanto ao uso de agrotóxicos) associados à aplicação de insumos orgânicos, no cultivo da bananeira (Maçã, Maçã Tropical, Grande Nine, Nanica e Prata). O plantio em ambas as áreas foi em novembro de 2007, onde foram utilizados esterco curtido de gado e yorin master na adubação de plantio da cultura em ambas as áreas e NPK, na formulação 04-14-08, na área de aplicação de insumos químicos; e, durante o ciclo, foi utilizado esterco curtido de gado, cinzas e yorin master em ambas as áreas. As duas áreas estavam sob irrigação tipo xique-xique (utilização de mangueiras perfuradas onde a água é colocada no pé da planta por micro-aspersão).

As áreas experimentais pertencem a agricultores familiares da região, filiados à Cooperativa de Agricultores Familiares de Itapuranga (COOPERAFI).

Cada área sob plantio de bananeira foi dividida em cinco blocos, cada um com área correspondente a 200 m² possuindo, em média, 18 plantas por bloco, com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. Já a área sob mata nativa, foi dividida em três blocos aleatórios.

A área sob cultivo da bananeira em que foram utilizados insumos químicos foi denominada A1 e a que não utilizou A2 (área em transição para o cultivo orgânico) (Figura 4). As culturas antecessoras foram maracujá e pimenta na área A1, enquanto que na área A2 foram braquiária, pimenta e arroz, que, apesar de ser atualmente uma área onde

não há aplicação de insumos químicos, no cultivo anterior ocorreu aplicação desses; e, durante o cultivo de bananeiras havia cultivo de pimenta e braquiária nas entrelinhas da área A2 e feijão de porco em A1.



Figura 4. Áreas em transição para cultivo agroecológico de bananeira com aplicação de insumos químicos (A1) e sem aplicação de insumos químicos (A2).

O experimento ocorreu entre o inverno de 2008 e verão de 2009. Os atributos físicos, químicos e microbiológico foram avaliados no solo sob plantio de bananeira nas duas áreas experimentais como também no solo sob mata nativa, adotada como tratamento testemunha. Os tratamentos corresponderam às áreas em transição para cultivo agroecológico, isto é, estão há dois anos sob plantio da bananeira com práticas sustentáveis, utilizando ou não insumos químicos.

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 Amostragem de solo

A amostragem de solo cultivado com bananeira foi efetuada em setembro de 2008, período que corresponde ao final do inverno (precipitação média mensal de 1,2 mm

e temperatura média mensal de 26,8 °C) e em março de 2009, período que corresponde ao final do verão (precipitação média mensal de 12,7 mm e temperatura média mensal de 26,9 °C). Cada amostra foi composta por oito subamostras na profundidade de 0 – 10 cm, coletadas a 50 cm da bananeira (para as áreas sob cultivo), e retirada a serrapilheira do ponto de amostragem (para a mata nativa). Após homogeneização, as amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em câmara fria (4 °C).

Cada amostra foi subdividida no laboratório, para compor as amostras destinadas às análises químicas, textural e microbiológica. Todas as amostras receberam cuidados de transporte e acondicionamento, exigidos para as análises microbiológicas dos quais incluem o resfriamento desde a coleta até o destino no laboratório, para que suas características metabólicas permanecessem iguais às condições encontradas no campo.

Na área amostral, também foram retiradas amostras indeformadas de solo com uso de anel volumétrico na camada de 0 – 10 cm de profundidade. De cada anel usado para a coleta, retirou-se a respectiva amostra de solo a qual foi acondicionada em papel alumínio e papel filme, permanecendo individualizada até o seu descarte em laboratório após a realização das análises físicas. Em cada parcela foi amostradas três repetições (Figura 5).



Figura 5. Coleta de amostras de solo deformadas para avaliação dos atributos químicos e microbiológico da qualidade do solo (A); Coleta de amostras de solo indeformadas para avaliação dos atributos físicos da qualidade do solo (B).

3.2.2 Determinação dos atributos químicos e físicos

Para obtenção dos atributos químicos do solo, os quais foram: fósforo (P) disponível; potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocável e alumínio ou acidez trocável (Al^{3+}), matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de alumínio (m) e de bases (V %), e acidez ativa (pH), as alíquotas das amostras compostas de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Foliar (LASF) da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, as quais foram submetidas às metodologias descritas pela Embrapa (1997).

O teor de MO do solo foi determinado segundo princípio da oxidação orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico com posterior leitura em espectrofotômetro UV/VIS a 660 nm e apresentado em percentual; o Ca e Mg foram extraídos por uma solução salina de cloreto de potássio (1 mol.L^{-1}) e determinação por espectrofotometria de absorção atômica, e apresentados em Cmol/dm^3 , o P e o K com extrator Mehlich 1e quantificados em espectrofotômetro UV/VIS a 660 nm e fotômetro de chama, respectivamente, apresentados em MG.dm^{-3} .

O pH do solo foi quantificado em solução salina de cloreto de cálcio ($0,01 \text{ mol.L}^{-1}$) e o Al^{3+} em solução de cloreto de potássio (1 mol.L^{-1}) e quantificado por titulometria com hidróxido de sódio 0,01 N e solução SMP (cloreto de cálcio, cromato de potássio, acetato de cálcio e p-nitrofenol), ambos quantificados em pHmetro e expressos em Cmol/dm^3 .

Os atributos físicos: densidade do solo (D_s), porosidade total (PT), macroporosidade (P_{mac}) e microporosidade (P_{mic}), amostras indeformadas de solo foram encaminhadas ao laboratório de Análises Física, Química e Tecnológica da Embrapa/CNPAP, já a análise de textura do solo (teores de areia, silte e argila) das amostras foi realizada no LASF pelo método da pipeta. Ambos locais utilizam metodologias descritas pela (Embrapa, 1997).

O método utilizado para a obtenção da densidade do solo, ou densidade aparente, foi o do anel volumétrico, já a PT, expressa em porcentagem, foi determinada pela relação existente entre densidade real (D_r), adotando-se valor equivalente a $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$, e a D_s , sendo obtido o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar; e, para a determinação da P_{mac} do solo, foi utilizado o método de mesa de tensão obtendo-se também a microporosidade pela diferença entre a Pt e a P_{mac} (Embrapa, 1997).

3.2.3 Determinação dos atributos microbiológicos

Para obtenção dos atributos microbiológicos do solo as amostras compostas, sob temperatura controlada, foram encaminhadas ao LASF.

A atividade enzimática total foi determinada através leitura da absorbância emitida pela quebra do diacetato de fluoresceína (DAF) em fluoresceína, por espectrofotometria UV/VIS a 490 nm, apresentada em μg de DFA hidrolisado. kg^{-1} de solo seco. h^{-1} (Barak & Chet, 1986; Ghini et al., 1998). Swisher e Carroll (1980) demonstraram que a quantidade de fluoresceína produzida pela hidrólise de DAF foi diretamente proporcional à atividade da população microbiana.

A biomassa microbiana do solo (BM) foi determinada pelo método de fumigação-extração, que permitiu também a obtenção da taxa de respiração basal do solo (RB) ou C prontamente mineralizável. O carbono (Vance et al., 1987) e nitrogênio (Brookes et al., 1985) da biomassa microbiana (C-BM e N-BM), estimados por estes métodos, consistem em destruir a membrana celular dos microrganismos com clorofórmio, seguindo-se pela extração por uma solução extratora de sulfato de potássio (K_2SO_4 ; 0,5 M). A biomassa microbiana do solo é apresentada em mg de C e N-BM. kg^{-1} de solo seco. A RB foi medida pela emissão do C- CO_2 liberado durante a incubação do solo, sob condições laboratoriais, e capturado com auxílio de uma solução alcalina (KOH 0,3 M) e quantificada por titulometria de neutralização, sendo apresentado mg de C- CO_2 de solo seco. dia^{-1} (Islam & Weil, 2000).

De posse da RB e do C-BM obteve-se o quociente metabólico do solo que é expresso em mg de C- CO_2 . mg^{-1} de C-BM. dia^{-1} (Powlson et al., 1987).

3.2.4 Análise estatística dos dados

O modelo estatístico utilizado para a verificação dos atributos da qualidade do solo foi em arranjo fatorial em blocos casualizados, o primeiro fator foi constituído pelas épocas de amostragem e o segundo fator pelas áreas experimentais. Foi utilizado o software SAS na análise de variância. Para a comparação de médias entre os atributos foi utilizado o teste de Tukey a 5 % (Sas, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DO SOLO

Na análise estatística, foram comparadas as médias obtidas no solo sob cultivo da bananeira em relação aos atributos da qualidade do solo. As médias obtidas no solo sob mata nativa não foram incluídas. Este, por ser um sistema em equilíbrio, serviu com referência para comparação com os solos submetidos às práticas agrícolas.

A avaliação granulométrica (Tabela 3) demonstra textura argilosa para a área com a aplicação de insumos químicos (A1) e para a mata nativa (MN); e textura média para a área onde não houve a aplicação de insumos químicos (A2). De todas as frações, a argila é a que mais determina o comportamento físico do solo, pois, devido ao pequeno tamanho de suas partículas, a argila é bastante ativa quimicamente, conferindo-lhe propriedades coloidais como afinidade por elementos químicos nela dissolvidos e afinidade pela água (Lepsch, 2002).

Borges & Souza (2006) relataram que para que haja um bom desenvolvimento da bananeira, os terrenos devem ser não muito argilosos (300 g.kg⁻¹ a 400 g.kg⁻¹ de argila) e também não muito arenosos, com menos de 450 g.kg⁻¹ de areia.

Tabela 2. Teores médios de argila, silte e areia (em g.kg⁻¹), na camada de 0 – 10 cm, do solo sob produção de bananeira em sistema em transição agroecológico, no município de Itapuranga – GO.

Áreas	Argila	Silte	Areia	Textura
		----- g.kg ⁻¹ -----		
A1	405	166	429	Argilosa
A2	309	147	544	Média
MN	435	198	367	Argilosa

O tipo de carga dominante e a capacidade de troca de cátions das partículas de argilas são de grande importância na interação e especificidade com micro organismos e superfície destas partículas, podendo afetar aspectos importantes da ecologia microbiana, como sobrevivência, sucessão e interações entre organismos, além de sua atividade. Além disso, essa interação permite que os micro organismos explorem melhor os nutrientes e são menos sujeitos a serem removidos do *habitat*, como por exemplo, pela água (Moreira & Siqueira, 2002). Segundo esses mesmos autores, a participação dos fatores bióticos diminuem com a redução da granulometria das partículas do solo, portanto, em solos argilosos, a contribuição relativa dos micro organismos é geralmente baixa.

Além de influenciar a dinâmica de micro organismos no solo, a fração de argila interfere diretamente na densidade do solo (Ferreira et al., 2003) e, portanto, na macroporosidade.

Os valores médios de densidade do solo (D_s) obtidos nas áreas experimentais submetidas ao sistema em transição para agroecológico foram de $1,18 \text{ g.cm}^{-3}$ na área em que houve a aplicação de insumos químicos (A1) e $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ na área onde não houve a aplicação de insumos químicos (A2). Reichert et al. (2003) relataram que para que haja um bom desenvolvimento radicular em solos de textura média, a densidade do solo não deve ser superior a $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$ e, de acordo com Kiehl (1979) em solos argilosos a densidade do solo é considerada ideal em um intervalo de $1,0$ a $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$. Ao apresentar estatisticamente menor densidade e maior porosidade, a área A1 em relação à área A2 (Figura 6), demonstra que o comportamento físico do solo, sob diferentes insumos e teores de argila ao estresse, é distinto.

De acordo com Primavesi (2002) a D_s acima de $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ proporciona redução na macroporosidade e, conseqüentemente, impedimento de boa parte da infiltração de água no solo e sua drenagem e também aumento no impedimento da expansão radicular. Com isso, a planta passa a sofrer facilmente a falta de água e de nutrientes, e, se for adubada, passa a aproveitar pouco o nutriente incorporado ao solo.

Em relação à mata nativa (referência), foi observado que o manejo do solo nas áreas sob cultivo de bananeira possivelmente impactaram negativamente, visto que solos nativos por possuírem menor densidade, devido à presença de serrapilheira e maior desenvolvimento de plantas e raízes (Mello-Ivo & Ross, 2006), são mais permeáveis, mais porosos e conservam mais a água disponível para o bom desenvolvimento de plantas (Primavesi, 2002).

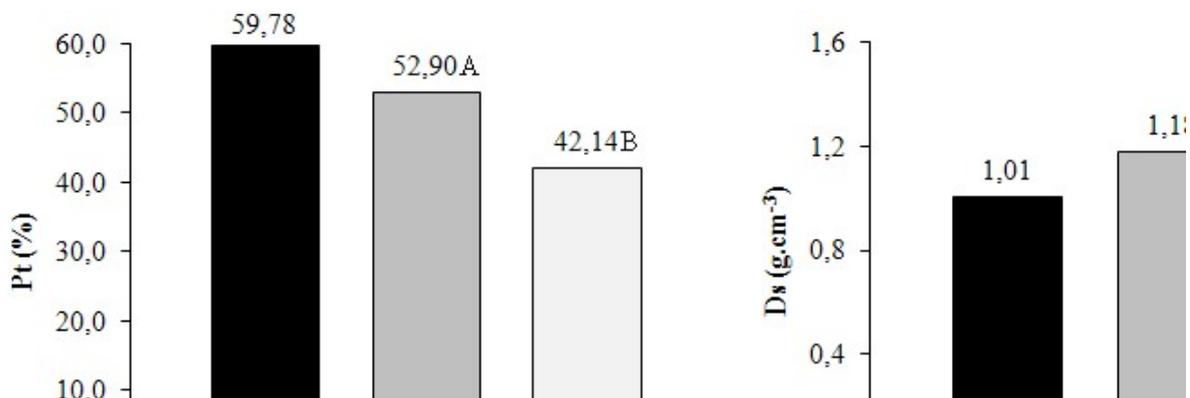


Figura 6. Valores médios de porosidade total (Pt) e densidade (Ds) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

A alteração da porosidade do solo modifica a movimentação da água e do ar o que afeta os processos bioquímicos que ocorrem no solo e na absorção de nutrientes pelas plantas (Manica, 1997). A porosidade de um solo é dividida em macroporos e microporos com diâmetros maiores e menores que 50 μm , respectivamente. Os microporos são responsáveis pela retenção e armazenamento de água, enquanto que os macroporos pela aeração e infiltração de água no solo (Reichert et al., 2003). Acredita-se que para haver um bom crescimento de plantas o solo deve ter uma boa estrutura com grande quantidade de poros com mais de 75 μm de diâmetro, para que permaneçam aeróbios, mas também com poros com diâmetro de até 20 – 30 μm em número suficiente para reter água para o crescimento de micro organismos e raízes (Moreira & Siqueira, 2002). E, segundo Hillel (1970) e Kiehl (1979), os números de poros totais observados estão situados dentro da faixa de 30 a 60 %, a qual é verificada para a maioria dos solos minerais.

No que se refere à macroporosidade e microporosidade (Figura 7), observou-se que o solo da área A1 possui, estatisticamente, maior volume de microporos (34,8 %) e macroporos (18,1 %) em relação à A2 (31,6 % e 10,5 %, respectivamente), demonstrando que o solo da área A1 possui maior capacidade de armazenamento de água fornecendo às plantas e aos micro organismos um *habitat* com melhores condições para o desenvolvimento de ambos. Valores inferiores foram encontrados por Souza et al. (2008), na camada de 0 – 10 cm, em um Neossolo de textura média cultivado com bananeira sob irrigação.



Figura 7. Valores médios de microporosidade (Pmic) e macroporosidade (Pmac) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

Entretanto, o cultivo da bananeira, não necessita apenas de uma boa qualidade física do solo, mas também demanda uma grande quantidade de nutrientes para um bom desenvolvimento e obtenção de altos rendimentos o que torna necessária a avaliação dos atributos químicos do solo no qual se encontra o bananal (Alves, 1999).

Em relação ao teor de MO do solo, foi verificado que houve diferença estatística entre as duas áreas experimentais (Figura 8), em que o solo da área A1 apresentou cerca de 56 % de teor de MO superior à área A2 e de 5 % inferior à mata nativa. Para Bayer & Mielniczuk (1999), solos sob cultivo promovem alteração nas taxas de adição efetiva e de perda de MO, resultando em variações em seu conteúdo. Contudo, após um longo período sob manejo constante, estes teores tendem novamente a um nível constante.



Figura 8. Valores médios de matéria orgânica (MO) e pH do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

A importância biológica da MO do solo é evidenciada pelo fato de que ela influi no crescimento e no desenvolvimento de micro organismos, sobretudo quando são adicionados materiais orgânicos ricos em C e pobres em nutrientes minerais (Mello et al., 1989; Zamberlam & Froncheti, 2001). Além disso, durante a transformação da MO, ocorre a formação de uma série de compostos orgânicos complexos que retêm os nutrientes por maior período de tempo, que vão sendo liberados à medida que estes compostos vão sendo hidrolisados e colocados à disposição das plantas. Estas reservas, entretanto, exceto em ambientes naturais, não atingem um regime de equilíbrio dinâmico imutável, uma vez que é o resultado das taxas simultâneas de adição de materiais frescos e de sua decomposição, tanto dos materiais adicionados como dos materiais humificados no solo (Eira, 1995).

Os valores de pH do solo na área em que houve aplicação de insumos químicos (A1) foi significativamente menor do valor de pH do solo na área em que não houve aplicação de insumos químicos (A2) (Figura 8). Resultados similares foram encontrados por Moreti et al. (2007) onde constataram que solos adubados com esterco de galinhas poedeiras apresentaram aumento de pH em comparação ao solos que foram adubados com esterco de galinha e fertilizantes minerais. De acordo com Carvalho (2005), o pH do solo é um fator importante para o desenvolvimento microbiológico do solo. Este exerce influencia sobre a solubilidade e, conseqüentemente, sobre a disponibilidade de vários nutrientes e elementos tóxicos para o sistema solo-planta. Sabe-se que, em razão da disponibilidade de nutrientes, a faixa de pH mais favorável é de 6,0 a 6,5 (Borges et al., 2007). Assim, faz-se necessária a correção da acidez do solo para obter melhores resultados de produtividade da cultura da bananeira e maior eficiência no uso da água e nutrientes (Sousa & Lobato, 2004).

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC) foi estatisticamente maior no solo da área em que houve a aplicação de insumos químicos (A1) em relação à área sem a aplicação destes insumos (A2) o que está correlacionado com o maior teor de matéria orgânica (Fialho et al., 2008). A CTC do solo em A1 foi considerada adequada, visto que ficou na faixa de 8,61-15 $\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e baixa na área A2 e mata nativa (4,31-8,6 $\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) (Borges & Souza, 2004) (Figura 9).

De acordo com Mota (2004), valores da CTC tem estreita relação com o estágio de intemperismo dos solos, ou seja, valores mais elevados se relacionam com solos relativamente mais jovens, enquanto valores mais baixos indicam uma evolução mais acentuada. Para a saturação de bases (V%), observou-se que não houve diferença

significativa entre as áreas experimentais. Tomé Jr (1997) relatou que a saturação de bases é um excelente atributo indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. O solo em estudo foi classificado em eutrófico (apresentam V% maior que 50 %), contudo, o solo sob mata nativa apresentou V% baixa, sendo classificado como distrófico (V% menor que 50 %) (Sousa & Lobato, 2004). Valores similares foram observados por Fialho et al. (2008) ao comparar a qualidade do solo entre cultivo irrigado de bananeiras e mata nativa na região da Chapada do Apodi, município de Limoeiro do Norte - Ceará.

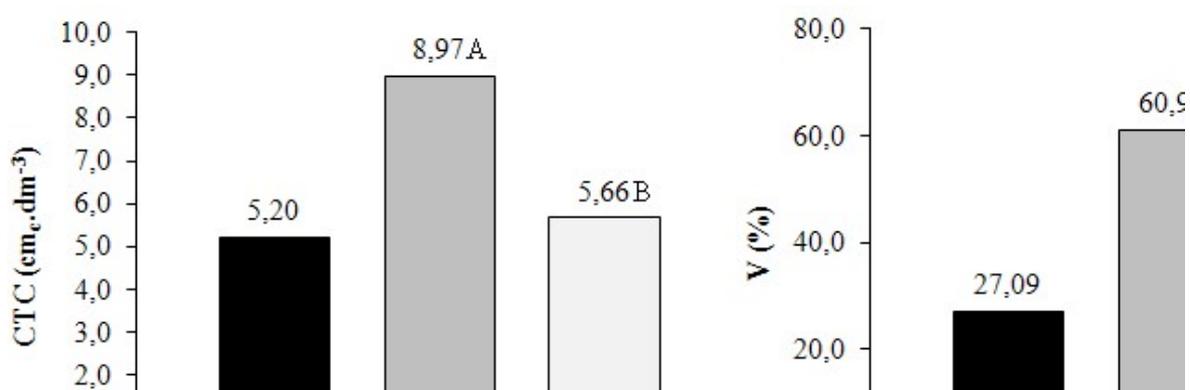


Figura 9. Valores médios de capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

Foi verificado comportamento variado entre as duas áreas experimentais em relação aos macronutrientes. Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) estão apresentados na Figura 10 e os de potássio (K) e fósforo (P) na Figura 11.

O solo da área A1 apresentou altos teores de Mg, médio teor de Ca e muito baixo de P. Já o solo da área A2 apresentou altos teores de Ca e Mg e médio teor de P (Tomé Jr., 1997). Contudo, diferenças estatísticas só foram constatadas nos teores de Ca e P entre as áreas. Borges et al. (2007) em estudo desenvolvido com bananeiras no projeto Formoso, Bahia, demonstrou que os teores de Ca foram superiores em solos argilosos. Quanto ao teor de P, há a necessidade de adubação fosfatada já que os teores deste elemento encontrado foi inferior à 30 mg.dm⁻³ (Borges & Souza, 2004).

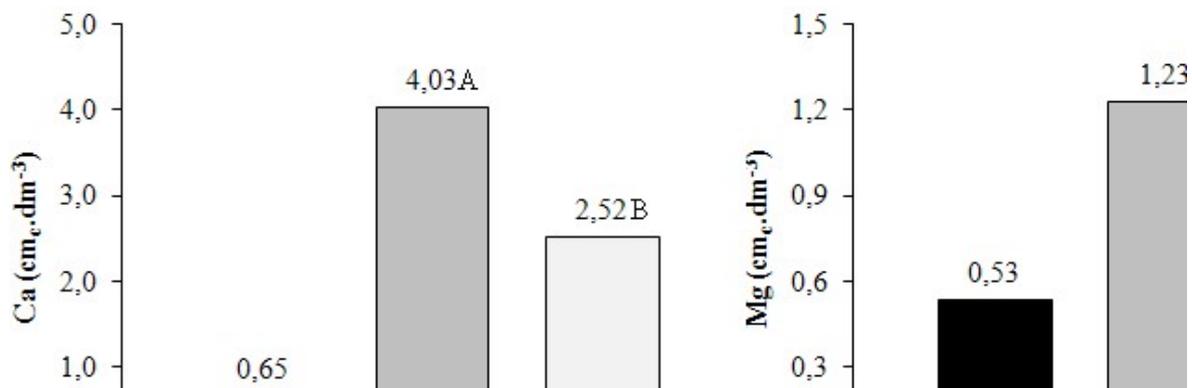


Figura 10. Valores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

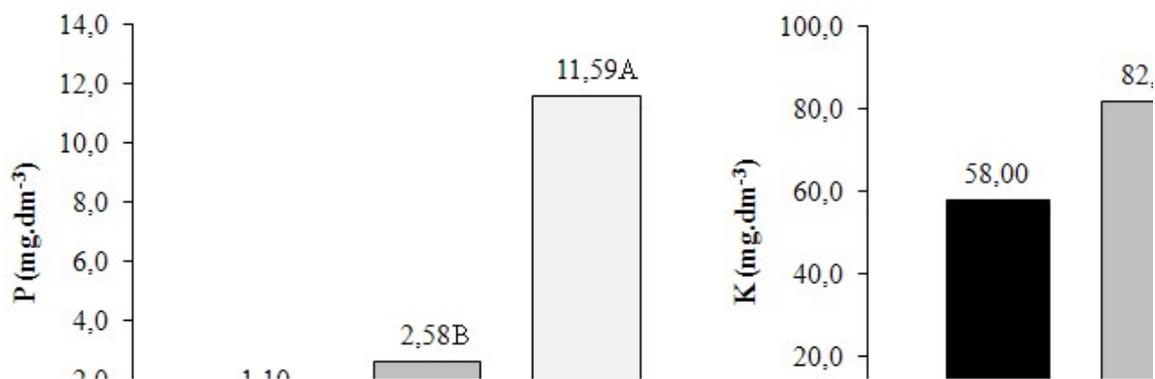


Figura 11. Valores médios de fósforo (P) e potássio (K) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

O solo de ambas as áreas apresentou teores acima do recomendado para K (35 mg.dm^{-3} a 54 mg.dm^{-3}) (Sousa & Lobato, 2004). O K é o elemento de maior importância nutricional para a bananeira, encontrando-se em alta quantidade na planta e, além de ser um nutriente importante na produção de frutos, aumenta a resistência ao transporte, melhora sua qualidade, aumenta a quantidade de sólidos solúveis totais e açúcares e diminui a acidez da polpa (Embrapa, 2003).

Esta variabilidade em relação à disponibilidade de nutrientes em cada propriedade está provavelmente relacionada ao pH, às distintas características físicas e biológicas dos solos e às diferentes fontes, constituições, quantidades e periodicidade de aplicação de insumos orgânicos e químicos em cada unidade de produção agrícola.

4.2 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO

A Figura 12 apresenta a quantidade de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C-BM e N-BM) nas duas áreas experimentais.

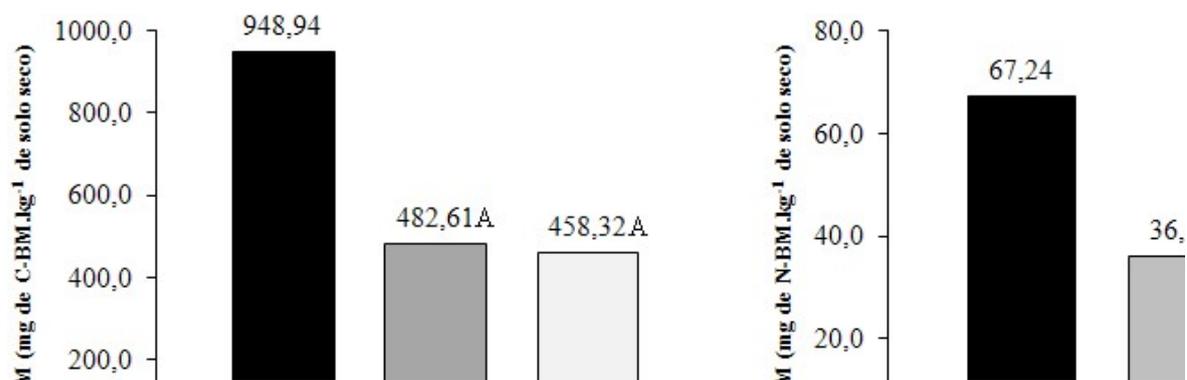


Figura 12. Valores médios de carbono da biomassa microbiana (C-BM) e nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

Apesar de ter ocorrido uma diferença significativa no teor de matéria orgânica do solo entre as duas áreas estudadas, não foi observado diferenças na quantidade de carbono da biomassa microbiana do solo entre elas. Fato semelhante ocorreu em um estudo desenvolvido por Júnior & Melo (2000) em que constataram maiores teores de CBM em solo sob cultivo de cana-de-açúcar em relação a uma mata nativa que continha maiores teores de carbono.

Segundo Stenberg (1999), uma maior quantidade de C-BM reflete a presença de maior quantidade de MO ativa no solo, o que mantém uma elevada taxa de decomposição de restos vegetais e, portanto, de reciclar mais nutrientes os disponibilizando às plantas. Em um estudo realizado por Werner (1997) em pomares convencionais de maçãs, maiores valores de C-BM foram encontrados em solo sob cultivo orgânico com crescimento de plantas espontâneas, em comparação ao sistema convencional, o que não foi observado neste estudo.

Foi observado que o manejo do solo nas áreas cultivadas reduziu a quantidade de C-BM no solo em 49,1 % para a área A1 e em 51,7 % na área A2. Isso evidencia que ecossistemas não perturbados mantêm altos os valores de C ativo em decorrência da

constante deposição de resíduos orgânicos, comparativamente aos ambientes perturbados ou antropizados.

Carvalho (2005) descreveu que não se deve esperar que um ecossistema perturbado, de forma antrópica, apresente o mesmo desempenho de um ecossistema em equilíbrio, na decomposição de resíduos vegetais, na reciclagem de nutrientes, na conservação da água e no fluxo de gases. Dentre os fatores que favorecem o desenvolvimento microbiano em áreas sob vegetação nativa destacam o não revolvimento do solo, flora de maior diversidade e quantidade de matéria orgânica (Oliveira et al., 2001; Mendes et al., 2002; Matsuoka et al., 2003).

O teor N-BM, contrariamente ao observado com o C-BM, apresentou diferenças estatísticas na dimensão espacial. A área em que houve aplicação de insumos químicos apresentou maior quantidade de micro organismos que imobilizam o nitrogênio. O aporte de N-BM na área A1 pode ter ocorrido devido à adubação verde aplicada com feijão de porco que é uma leguminosa, possibilitando incrementar a fixação biológica de nitrogênio e aumentar os teores de N ao solo (Crews & Peoples, 2004), estimulando o desenvolvimento dessa biomassa.

Em relação à mata nativa, também houve uma redução no teor de N-BM equivalente de 46,34 % para área A1 e 65,93 % para A2. Perez et al. (2005) também observaram que o solo sob mata nativa apresentou maior conteúdo de N-BM em relação à diferentes sistemas antropizados (com semeadura direta: 19,21 mg de N-BM.kg⁻¹ de solo seco; com uma subsolagem e duas gradagens: 11,65 mg de N-BM.kg⁻¹ de solo seco; e com uma gradagem: 12,99 mg de N-BM.kg⁻¹ de solo seco).

Na Figura 13 são apresentados os valores de respiração basal (RB) e quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) do solo das áreas cultivadas e do Cerrado nativo.

As áreas sob cultivo de bananeira apresentaram níveis de evolução de C-CO₂ menores que os do solo sob mata nativa, na profundidade de 0 – 10 cm, por possuir também maior conteúdo de biomassa. Resultados semelhantes foram obtidos por Melloni et al. (2001) em trabalho realizado em amostras de solos sob mata ciliar e campo cerrado adjacentes, localizados na microrregião Campos da Mantiqueira (MG).

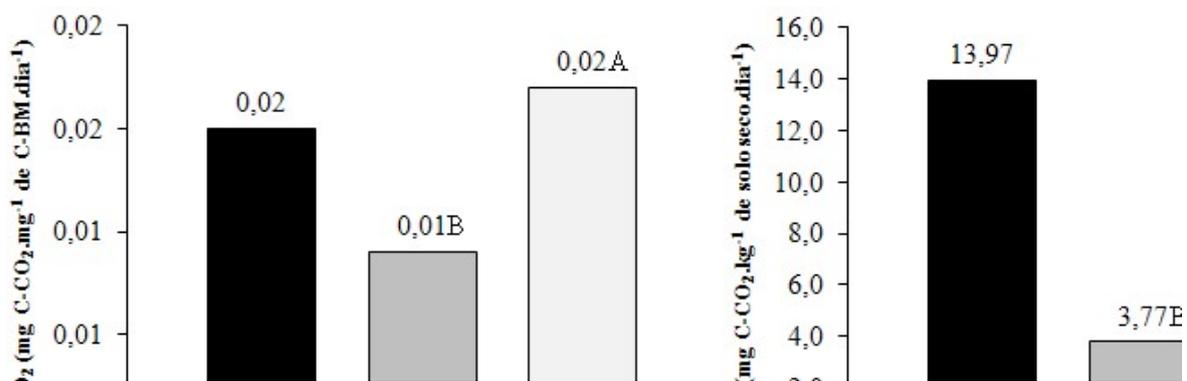


Figura 13. Valores médios de quociente metabólico do solo (qCO_2) e respiração basal do solo (RB) sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

A área sob cultivo de bananeira em que não houve aplicação de insumos químicos apresentou um taxa de RB significativamente maior que a área que houve a aplicação desse insumo. Todavia, as altas taxas respiratórias podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um nível de estresse do ecossistema. E, tal fator foi evidenciado ao verificar o qCO_2 do solo, em que a área A2 está sob intenso estresse ambiental visto que apresentou índice de C-CO₂ por unidade de biomassa significativamente superior à área A1. Esse distúrbio na população microbiana na área em que houve apenas aplicação de insumos orgânicos é explicado mediante aos menores teores em macronutrientes, CTC, porosidade e a uma maior densidade do solo em relação à área em que houve a complementação com insumos químicos. Assim esta diferença demonstra que o menor índice verificado na área A1 deve-se, provavelmente, a uma melhor eficiência da utilização dos compostos orgânicos pela população microbiana do solo e a uma menor disponibilidade de nutrientes para a microbiota do solo em A2.

Os resultados indicaram que o metabolismo dos micro organismos do solo foi mais intenso no solo sob a área A2 (Figura 14).

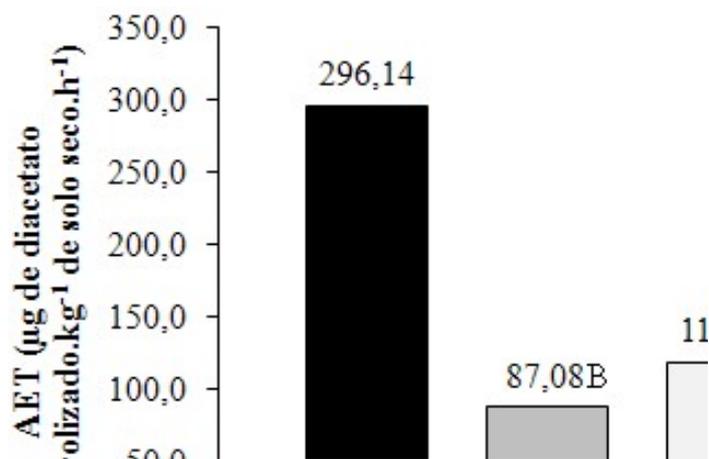


Figura 14. Valores médios de atividade enzimática total (AET) do solo sob mata nativa e áreas cultivadas com bananeira, em transição para sistema agroecológico. Itapuranga – GO, 2008/09.

As enzimas desempenham papel fundamental na atuação como catalisadoras biológicas de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, na ciclagem de nutrientes, na formação da matéria orgânica e na estruturação do solo, além de participarem das reações metabólicas intracelulares, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos no solo (Moreira & Siqueira, 2002).

Há expectativa que haja uma alta atividade heterotrófica em ambientes que possuem alta deposição de resíduos orgânicos, visto que esses servem como substrato para as enzimas e fonte de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento dos micro organismos (Carvalho, 2005). Isto pode ser influenciado pelo tipo de insumo aplicado à área A2 que proporcionou uma maior quantidade de enzimas mais ativas associado a um ambiente menos acidificado. Este comportamento foi semelhante ao observado por Sampaio et al. (2008) na avaliação da qualidade do solo sob sistema de cultivo convencional e orgânico de frutas no Estado do Piauí.

Ao analisar as duas áreas quanto aos atributos avaliados, verificou-se que o comportamento da microbiota do solo foi diretamente influenciado pelas condições em que os atributos físicos ou químicos foram avaliados.

5 CONCLUSÕES

Os atributos físicos, químicos e microbiológico do solo são influenciados pelos diferentes tipos de insumos aplicados à cultura da bananeira.

O manejo do solo nas áreas experimentais contribui para a redução de sua qualidade em relação ao sistema em equilíbrio (mata nativa).

Os atributos microbiológico do solo são mais sensíveis às variações quanto ao manejo empregado nas áreas sob cultivo de bananeira e, quando interligados aos atributos físicos e químicos, representam melhor o impacto sobre a qualidade do solo.

A utilização de insumos químicos (fertilizantes e agrotóxicos) em geral, não impactou negativamente a qualidade do solo e a área em que houve apenas a aplicação de insumos orgânicos ainda necessita de adequação no sistema de cultivo da bananeira para o alcance de sua sustentabilidade

6 REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Agricultura familiar e uso do solo. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 11, n. 273-78, 1997.

ALVES, É. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2ª ed. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1999, 585 p.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Ohio, v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002.

BARAK, R.; CHET, I. Determination, by fluorescein diacetate staining, of fungal viability during mycoparasitism. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 315-319, 1986.

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labelled [14C] glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 26, n. 6, p. 727-733, 1994.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 10-26 p.

BLUM, W. E. H.; SANTELISES, A. A. A concept of sustainability and resilience based in soil functions. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Ed.). **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB, 1994. 535-542 p.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 279 p.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **Banana: instruções práticas de cultivo**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006, 28 p. Publicação em CD-ROM. (Documentos 161).

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. Atributos químicos dos solos em áreas de produtores vinculados à produção integrada de banana no projeto Formoso, Bahia. In: IX Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas e I Seminário sobre Sistema Agropecuário de Produção Integrada. 2007. **Anais...** Bento Gonçalves-RS: Embrapa Uva e Vinho.p 122-126.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 1983, 647 p.

BROOKES, P. C. The functioning of soil as an ecosystem. In: DE HAAN, F. A. M.; BOURG, A. C.; BOOKES, P. C.; VERSTRAETE, W.; RIEMSDIJK, W. H.; ZEE, S. E. A. T. M.; GIRALDEZ, J. V. E. (Ed.). **Soil quality assessment. State of the art report of soil quality. Final report to the Comission of the EC**. 1ª ed. Wageningen: Agricultural University Wageningen, 1989. 1-41 p.

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 17, n. 6, p. 837-842, 1985.

CAMPOS, C. A.; RIBEIRO, F. L. Aplicação da ferramenta Dashboard of Sustainability no processo de avaliação do desenvolvimento sustentável na agricultura familiar. In: XLV Congresso da SOBER. "Conhecimento para agricultura do futuro". 2007, Londrina. **Apresentação oral**. Londrina: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

CANHOS, V. P.; UMINO, C. Y.; MANFIO, G. P. Coleções de culturas de microrganismos. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Síntese do Conhecimento no Final do Século XX**. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1999. 84-101 p.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 13-16, 2002a.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 70-85, 2002b.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Estado de São Paulo**. 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de Brasília, Piracicaba, 2005.

CARVALHO, T.; FERREIRA, M. E.; BAYER, M. Análise Integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma Cerrado: um estudo de caso para Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p. 62-72, 2008.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; BERALDO, J. M. G.; MARCELO, A. V. Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 255-262, 2009.

CREWS, T. E.; PEOPLES, M. B. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Columbus, v. 102, n. 3, p. 279-297, 2004.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais**. 2000. 112 f. Tese (Doutorado) - Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

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

DREW, M. C.; LYNCH, J. M. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. **Annual Review of Phytopathology**, Wantage, v. 18, n. 1, p. 37-66, 1980.

EIRA, A. F. Influência da cobertura morta na biologia do solo. In: 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas. 1995, Curitiba. I Seminário sobre cultivo mínimo do solo em Florestas. p 16-3.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.

EMBRAPA. Embrapa Mandioca e Fruticultura. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 182 p.

EMBRAPA. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O autor, 2008, 230 p.

FERREIRA, J. M. L. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. S.; MESQUITA, M. G. B. F.; ALVES, E. A. B. F. **Física do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003, 79 p.

FERREIRA, N. C.; BARCELOS, R.; FERREIRA, L. G. Transferência de informações ambientais geograficamente referenciadas no estado de Goiás: subsídios à gestão territorial e ambiental integrada e democrática. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, p 2137-2144.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F. G.; 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**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 250-257, 2008.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C. C.; COSTA, A. R. C.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

GASSON, R.; ERRINGTON, A. **The Family Business**. Wallingford: Cab International, 1993, 290 p.

GHINI, R.; MENDES, M. D. L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade *Rhizoctonia solani*. **Summa phytopathol**, Campinas, v. 24, n. 3/4, 1998.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000, 653 p.

GOMES, I. Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar. **Revista de biologia e ciências da terra**, Pernambuco, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2004.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, 340 p.

HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. **Advances in Agronomy**, Western Australia, v. 38, p. 95-158, 1986.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: UFRGS, 1970, 231 p.

IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: julho de 2009.

IBGE. - Malha municipal digital do Brasil, situação em 2007. **Produção agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: junho de 2009.

IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: julho de 2009.

IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: janeiro de 2011.

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

JÚNIOR, M. M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, 2000.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: CERES, 1979, 262 p.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

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.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. 37-51 p. (Special publication).

LEE, K. E. The functional significance of biodiversity in soils. In: World Congress of Soil Science. 1994. **Anais**. Acapulco: International Society of Soil Science. p 168-182.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Crue, região oeste do Estado do Paraná**. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002, 178 p.

MACHADO, R. B.; NETO, M. B. R.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do**

Cerrado brasileiro. Brasília: Relatório técnico não publicado, 2004. Conservação Nacional.

MANICA, I. **Fruticultura tropical:** Banana. Porto Alegre: EVANGRAF, 1997, 485 p.

MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A.; UTIDA, M. K.; MONTEIRO, G. G.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. **Bioindicadores de qualidade do solo de Cerrado sob sistemas de manejo para a produção orgânica.** Sete Lagoas: Embrapa, 2005. Circular técnica 73.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. 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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MELLO-IVO, W. M.; ROSS, S. Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um latossolo amarelo sob floresta na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 769-776, 2006.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo.** 3ª ed. São Paulo: Nobel, 1989, 400 p.

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

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; PEREIRA NETO, J. V. Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 26; Reunião brasileira sobre micorrizas, 9; Simpósio brasileiro de microbiologia do solo, 7; Reunião brasileira de biologia do solo, 4. **Fertibio2002: Agricultura: Bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado.** Rio de Janeiro: (s.n.), 2002. (Não paginado).

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

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo.** Campinas: Fundação Cargill, 1987, 335 p.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V. V.; CARVALHO, M. P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 167-175, 2007.

MOTA, J. C. A. **Características física, química e mineralógica, como suporte para o manejo, dos principais solos explorados com a cultura do melão da Chapada do**

Apodi - RN. 2004. 96 f. Mestrado em Solos e Nutrição de Platas) - Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodologia e prática da agroecologia. In: ALTIERI, M. (Ed.). **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 53-83 p.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Readings in environmental impact**, New York, v. 164, n. 3877, p. 262-270, 1974.

OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. D. C.; VIVALDI, L. J. **Carbono da biomassa microbiana em solos de Cerrado: comparação de métodos fumigação-incubação e fumigação-extração.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, 1-22 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Biology and Fertility of soils.** Madison: Soil Science Society of America Inc., 1996. 231-245 p. (Special Publication, 49).

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos.** 1ª ed. São Paulo: PCLQ/USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1994, 191 p.

PAUL, E. A.; HARRIS, D.; COLLINS, H. P.; SCHULTHESS, U.; ROBERTSON, G. P. Evolution of CO₂ and soil carbon dynamics in biologically managed, row-crop agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, Carlifornia, v. 11, n. 1, p. 53-65, 1999.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 137-144, 2005.

POWLSON, D. S.; PROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 1980, 541 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** 9ª ed. São Paulo: Nobel, 2002, 549 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, s/n, p. 353-359, 2008.

SANDS, G. R.; PODMORE, T. H. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Ohio, v. 79, n. 1, p. 29-41, 2000.

SANO, E. E.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: World Congress of Soil Science. 1998, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ISSS. 16 CD ROM.

SAS. - Institute Inc. **Statistical Analytical System**. Cary, North Carolina: SAS, 1999.

SCHNEIDER, S. Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 99-121, 2003.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. E. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. 1ª ed. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. 465-516 p.

SILVEIRA, R. B.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 48-55, 2006.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Embrapa Cerrados. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M. Atributos físicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, em áreas de produção integrada, no projeto Formoso, Bom Jesus da Lapa, Bahia. In: X Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas e II Seminário sobre Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI). 2008, Ouro Preto. **ANAIS...** Viçosa: MAPA/CNPq/UFV.p (Não paginado).

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Australia, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science**, v. 49, n. 1, p. 1-24, 1999.

SWISHER, R.; CARROLL, G. C. Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. **Microbial Ecology**, Cambridge, v. 6, n. 3, p. 217-226, 1980.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes: microbiological and biochemical properties. In: WEAVER, R. W.; ANGELIS, G. S.; BOTTOMLEY, P. S. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. 778-835 p. (Special Publication, 5).

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247 p.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002, 202-250 p.

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

VARGAS, M. A. P.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997, 524 p.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.

WALKER, J.; REUTER, D. J. **Indicators of catchment health: a technical perspective**. Melbourne: CSIRO, 1996.

WARDLE, D. A.; HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. E. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília, 1994. 195-216 p.

WERNER, M. R. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard management. **Applied Soil Ecology**, New York, v. 5, n. 2, p. 151-167, 1997.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **Agricultura ecológica**. 2ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2001, 209 p.

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**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

ANEXO

Tabela 3. Temperaturas do ar máximas, mínimas e médias (°C) e precipitações pluviárias máximas, mínimas e médias (mm) por decêndio, ocorridas no período de amostragem, registrada na Estação pluviométrica da cidade de Goiás, para o município de Itapuranga – GO.

Decêndio	Fatores	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Primeiro	T. máx.	30,9	30,3	30,7	28,8	26,4	27,5	30,0
	T. mín.	23,3	25,1	24,2	23,1	23,0	22,4	22,9
	T. méd.	27,8	28,5	29,1	26,3	24,7	25,7	28,3
	P. máx.	0,0	26,9	27,1	41,9	22,7	23,7	49,6
	P. mín.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P. méd.	0,0	4,4	4,8	5,8	5,7	8,8	7,4
Segundo	T. máx.	28,6	32,7	28,8	27,6	29,2	28,1	28,3
	T. mín.	23,3	25,1	24,2	23,1	23,0	22,4	22,9
	T. méd.	27,2	30,0	26,3	25,3	25,9	25,7	26,8
	P. máx.	6,5	7,5	89,3	71,1	58,2	53,3	0,0
	P. mín.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P. méd.	1,0	1,8	10,5	21,2	9,4	15,8	0,0
Terceiro	T. máx.	28,2	32,3	27,4	28,8	26,0	28,7	28,7
	T. mín.	21,8	22,6	23,1	22,6	22,3	24,3	23,6
	T. méd.	25,3	28,4	25,3	24,7	24,0	26,7	25,5
	P. máx.	14,3	4,8	28,9	60,1	52,9	14,0	0,0
	P. mín.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P. méd.	2,7	1,4	7,5	16,7	11,9	3,9	0,0
Média/Total	T. máx.	29,2	31,8	29,0	28,4	27,2	28,1	29,0
	T. mín.	22,8	24,3	23,8	22,9	22,8	23,0	23,1
	T. méd.	26,8	29,0	26,9	25,5	24,9	26,0	26,9
	P. máx.	6,9	13,1	48,4	57,7	44,6	30,3	16,5
	P. mín.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P. méd.	1,2	2,5	7,6	14,6	9,0	9,5	2,5

Tabela 4. Principais classes de solos cultivados com bananeira no Brasil, suas limitações e práticas de manejo recomendadas.

CLASSES¹	LIMITAÇÕES²	PRÁTICAS DE MANEJO
Aluviais (Neossolos)	Pouca profundidade, má drenagem, baixa fertilidade, heterogeneidade.	Drenagem, calagem e adubação.
Areias Quartzosas (Neossolos)	Baixo armazenamento de água e nutrientes.	Calagem, adubação, irrigação (maior parcelamento)
Brunos não-cálcicos (Luvisolos)	Pouca profundidade, pedregosidade, caráter sódico.	Irrigação e drenagem
Cambissolos (Cambissolos)	Pouca profundidade, baixa fertilidade, relevo movimentado.	Calagem, adubação, curvas de nível, ranques de vegetação.
Gleis (Gleissolos)	Má drenagem, baixa fertilidade, presença de argila 2:1.	Drenagem, calagem e adubação, práticas de cultivo do solo.
Latossolos (Latossolos)	Acidez, baixa CTC, baixos teores de nutrientes, adensamento, baixo armazenamento de água.	Calagem, adubação, práticas de cultivo do solo, irrigação.
Orgânicos (Organossolos)	Pouca profundidade, alto poder tampão, baixa fertilidade.	Drenagem, calagem, adubação.
Planossolos (Planossolos)	Pouca profundidade, má drenagem, adensamento, baixa fertilidade, caráter sódico.	Drenagem, calagem, adubação, práticas de cultivo do solo.
Podzólicos (Alissolos, Argissolos)	Aumento do teor de argila em profundidade, adensamento, acidez, baixa CTC, compactação, baixos teores de nutrientes.	Práticas de cultivo do solo, calagem, adubação, drenagem.
Regossolos (Neossolos)	Baixo armazenamento de água e nutrientes.	Calagem, adubação, irrigação (maior parcelamento)
Vertissolos (Vertissolos)	Alto teor de argila 2:1, encharcamento, compactação.	Irrigação, drenagem, práticas de cultivo do solo.

¹Entre parênteses aparece a classificação do solo pelo novo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa, 1999)

²Referem-se às limitações apresentadas pela maioria dos solos da classe, embora existam na mesma classe de solos sem ou com pequenas limitações.

³Fonte: Borges e Souza (2004).