



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM
SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO**

MARCOS LEANDRO MATIAS MORRIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRASÍLIA/DF

DEZEMBRO/2007
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE
CULTIVO**

MARCOS LEANDRO MATIAS MORRIS

ORIENTADOR: WENCESLAU J. GOEDERT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PUBLICAÇÃO: 275 / 2007

**BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2007**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE
CULTIVO**

MARCOS LEANDRO MATIAS MORRIS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO À FACULDADE DE
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NA ÁREA
DE CONCENTRAÇÃO DE GESTÃO DE SOLO E ÁGUA.**

APROVADA POR:

**WENCESLAU J. GOEDERT, Ph.D Professor Associado. Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília.
(ORIENTADOR – PRESIDENTE) CPF: 005.799.550-87
E-mail: goedert@unb.br**

**CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA, Ph.D Professor Titular.
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de
Brasília. (EXAMINADOR INTERNO) CPF: 244.516.067-72
E-mail: dasilvao@unb.br**

**FLÁVIA APARECIDA DE ALCÂNTARA, Doutora, Pesquisadora – Embrapa
Hortaliças, Brasília, DF. (EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 986.723.806-06
E-mail: flavia@cnph.embrapa.br**

BRASÍLIA/DF, 14 de DEZEMBRO de 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Morris, Marcos Leandro Matias.

Avaliação da Qualidade do Solo sob Sistema Orgânico de Cultivo/ Marcos Leandro Matias Morris; orientação de Wenceslau J. Goedert. – Brasília, 2007.

82p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2007.

1 – Qualidade de solo. 2. Sistema orgânico de cultivo. I. Goedert, W.J. II.Ph.D.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORRIS, M.L.M. **Avaliação da Qualidade do Solo sob Sistema Orgânico de Cultivo**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2007, 82p. Dissertação de Mestrado

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcos Leandro Matias Morris

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Avaliação da Qualidade do solo sob sistema orgânico de cultivo.

GRAU: Mestre

ANO: 2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrita do autor.

Marcos Leandro Matias Morris

CPF: 830.680.071-00

Tel: (061) 3368 2153 / 8449 3030

E-mail: marcoslmorris@gmail.com

A Deus por ter colocado em minha vida pessoas tão especiais como meus pais, John e Iracema, verdadeiros exemplos de vida e fé. Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pelo seu amor incondicional.

Aos meus pais (John e Iracema) e aos meus irmãos (Carlos e Alexandre) que, com amor, paciência e dedicação, me ajudaram na conquista deste grande sonho. Amo muito vocês

Ao mestre, orientador e amigo professor Wenceslau Goedert que, com paciência, sabedoria e compreensão tornou possível a realização deste trabalho. Obrigado por ser este espelho profissional.

Ao professor Carlos Alberto da Silva Oliveira pelas suas inúmeras colaborações e orientações.

À pesquisadora Flávia Alcântara do Laboratório de Fertilidade dos Solos da Embrapa Hortaliças que, com dedicação e desprendimento, não apenas incentivou, mas também contribuiu e muito para a conclusão deste trabalho. Muito obrigado!

À professora Marilusa Pinto Coelho Lacerda que por seu incentivo e apoio desde a graduação, se tornou peça fundamental na elaboração deste trabalho

Aos professores Eiyti Kato, Maria Lucrecia Gerosa Ramos e Concepta M. Mc. Pimentel por todo o auxílio nas análises laboratoriais.

Ao engenheiro Joe Valle e sua esposa Clevane, proprietários da Fazenda Malunga, que gentilmente cederam a área para a realização deste trabalho.

Ao engenheiro agrônomo Maurício pela sua paciência e contribuição.

Aos meus verdadeiros e eternos amigos que com paciência, e companheirismo sempre estiveram ao meu lado colaborando para mais esta conquista. Vocês são muito especiais!

ÍNDICE

Capítulos / Subcapítulos	Páginas
RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
Agricultura Orgânica	8
História da agricultura orgânica	8
Princípios da agricultura orgânica	11
Mercado orgânico mundial	12
Mercado orgânico brasileiro	14
Certificação de produtos orgânicos	17
Qualidade do solo	19
Principais indicadores de qualidade do solo	25
Atributos físicos de qualidade do solo	28
Atributos químicos da qualidade do solo	30
Atributos biológicos da qualidade do solo	30
Matéria orgânica do solo.	32
Sistema orgânico de cultivo x Demais sistemas de cultivo	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO ÚNICO	
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO	
RESUMO	46
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO	48
MATERIAL E MÉTODOS	51
Indicadores de qualidade do solo avaliados	52
Atributos químicos	54
Atributos físicos	54
Atributos biológicos	55
Análise estatística e modelagem gráfica	56
RESULTADOS E DISCUSSÕES	57

Atributos físicos	57
Densidade e porosidade do solo	57
Diâmetro médio ponderado	59
Resistência mecânica à penetração	60
Atributos Químicos	61
Matéria orgânica	61
Capacidade de troca catiônica	62
Atributos Biológicos	63
Respiração basal	63
Carbono da massa microbiana	64
Coefficiente metabólico	64
Índice de qualidade do solo	65
CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

ÍNDICE DE TABELAS

TABELAS	PÁGINA
Tabela 1. Relação dos 10 países com maiores quantidade de áreas orgânicas.	15
Tabela 2. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo.	26
Tabela 3. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo sob uso agrícola e de seus valores ou níveis de sustentabilidade, determinados na camada superficial de latossolos tropicais.	27
Tabela 4. Principais diferenças entre o sistema de produção orgânico e convencional da Batata comum.	37
Tabela 5. Valores médios de densidade do solo (g cm^{-3}) e de porosidade total (%) de duas camadas de solo em quatro áreas de cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	58
Tabela 6. Valores médios de diâmetro médio ponderado de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	60
Tabela 7. Valores médios de resistência mecânica à penetração (MPa) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico com diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	61
Tabela 8. Valores médios de matéria orgânica (g/kg^{-1}) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	62
Tabela 9. Valores médios de CTC (cmol/dm^3) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	63
Tabela 10. Valores médios de respiração basal (mg C kg^{-1}), carbono da massa microbiana e quociente metabólico na profundidade de 0 a 10 cm em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).	65

Tabela 11. Valores de sustentabilidade obtidos na camada superficial do solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF), e valores de sustentabilidade propostos para a camada superficial de Latossolos Tropicais para os três indicadores de solo: porosidade do solo, teor de matéria orgânica e quociente metabólico.	66
Tabela 12. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 1.	67
Tabela 13. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 2.	68
Tabela 14. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 3.	69
Tabela 15. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 4.	70
Tabela 16. Valores obtidos para o índice de qualidade do solo em ordem crescente.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
Figura 1. Uso de áreas orgânicas certificadas.	13
Figura 2. Porcentagem de áreas sob manejo orgânico nos principais continentes.	13
Figura 3. Áreas de agricultura orgânica e plantas naturais no mundo ente 2000 e 2006.	14
Figura 4. Distribuição da produção orgânica no Brasil por Regiões.	16
Figura 5. Dados referentes à produção orgânica no DF	17
Figura 6. Principais agências certificadoras de produtos orgânicos no Brasil.	19
Figura 7. Funções de um solo saudável (<i>Functions of Healthy Soil</i>)	20
Figura 8. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade.	22
Figura 9. Estratégia para avaliação da Qualidade do solo.	24
Figura 10. Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo para a produção vegetal.	25
Figura 11: Etapas para a determinação do índice de qualidade do solo.	28
Figura 12. Práticas adequadas de manejo visando o aumento da matéria orgânica no solo.	33
Figura 13. Foto da área 1 localizada na Fazenda Malunga.	51
Figura 14. Foto da área 2 localizada na Fazenda Malunga.	52
Figura 15. Foto da área 3 localizada na Fazenda Malunga.	53
Figura 16. Foto da área 4 localizada na Fazenda Malunga.	53
Figura 17. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 1 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (Pt) representa a porosidade do solo; (q(CO₂)) o quociente metabólico; (MO) representa o teor de matéria orgânica.	66
Figura 18. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 2 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (Pt) representa a porosidade do solo; (q(CO₂)) representa o quociente metabólico; (MO) representa o teor de matéria orgânica.	67

Figura 19. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 3 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (**Pt**) representa a porosidade do solo; (**q(CO₂)**) representa o quociente metabólico; (**MO**) representa o teor de matéria orgânica. 68

Figura 20. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 4 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (**Pt**) representa a porosidade do solo; (**q(CO₂)**) representa o quociente metabólico; (**MO**) representa o teor de matéria orgânica. 69

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINAS
Anexo 1 – Análise Granulométrica	74
Anexo 2 – Valores Obtidos para a Densidade do solo e Porosidade Total	75
Anexo 3 – Valores Obtidos para a Resistência à Penetração	76
Anexo 4 – Valores Obtidos para o Diâmetro Médio Ponderado	77
Anexo 5 – Valores Obtidos para a CTC e para a Matéria Orgânica	78
Anexo 6 – Valores Obtidos para a Respiração Basal	79
Anexo 7 – Valores Obtidos para o Carbono da Massa Microbiana	80
Anexo 8 – Valores Obtidos para o Coeficiente Metabólico	82

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO

RESUMO

O sistema de produção orgânico tem crescido continuamente na última década em razão de uma demanda cada vez maior por seus produtos. As estimativas atuais da FAO indicam um crescimento médio de 15% a 30% ao ano, podendo atingir 3,5% a 5,0% do mercado mundial de alimentos no ano de 2010, o que corresponderia a vendas de US\$ 61 a US\$ 94 bilhões em alimentos orgânicos. Segundo a Instrução Normativa nº. 007 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, de 17 de maio de 1999, considera-se sistema orgânico como sendo: “todo aquele em que se adotam tecnologias próprias com o objetivo de aperfeiçoar o uso dos recursos naturais e socioeconômicos, tendo por objetivo a auto-sustentação no tempo e no espaço, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energias não renováveis e a eliminação do emprego de agrotóxicos e de quaisquer outros insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados (OMG/transgênicos) ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e consumo, privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana e assegurando a transparência em todos os estágios de produção e da transformação”.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo em quatro áreas sob sistema orgânico de cultivo, localizadas em propriedade comercial, por diferentes tempos de uso: 1, 4, 7 e 10 anos. Para cada área avaliada foi elaborado um diagrama comparativo e calculado um índice de qualidade do solo a partir dos seguintes indicadores de qualidade do solo, em duas profundidades: densidade do solo, porosidade total, estabilidade dos agregados, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, carbono total da massa microbiana, respiração basal e quociente metabólico.

Termos para indexação: sistema de produção orgânico, porosidade do solo, matéria orgânica do solo, coeficiente metabólico, agricultura orgânica.

EVALUATION OF SOIL QUALITY IN ORGANIC CULTIVATION SYSTEM

ABSTRACT

In the last 10 years, the system of organic production has expanded steadily as a result of constantly increasing demand for its products. Current FAO estimates indicate average growth between 15% and 30% per year, accounting for between 3.5% and 5.0% of the world food market by 2010, with organic food sales between US\$ 61 billion and US\$ 94 billion. Brazilian legislation defines the system of organic production. According to Ministry of Agriculture and Supply Normative Instruction no. 007, dated May 17, 1999, the organic system is defined as "any system in which specific technologies are adopted with the objective of improving the use of natural and socio-economic resources, with the aim of attaining self-sustainability over time and space, maximizing social benefits, minimizing dependence on nonrenewable energy sources and eliminating the use of pesticides and herbicides, as well as any other artificial toxic inputs, genetically modified organisms or ionizing radiation at any stage of the process of production, storage and consumption, prioritizing the preservation of environmental and human health and ensuring transparency at all stages of production and manufacturing".

The objective of this study was to evaluate the soil quality in four farming areas utilizing organic cultivation system, with different periods: 1, 4, 7 and 10 years. The following soil quality indicators were evaluated in each area, in two soil layers (0-15 and 15-30 cm): bulk density, soil porosity, aggregate stability, organic matter content, cation exchange capacity, microbial biomass carbon, basal respiration and metabolic quotient. Using data obtained for three of these indicators (soil porosity, organic matter and metabolic quotient), a comparative diagram was elaborated and a soil quality index was calculated for each area evaluated.

Index terms: Organic cultivation system, soil porosity, soil organic matter, metabolic coefficient, organic agriculture.

INTRODUÇÃO GERAL

O sistema de produção orgânico tem crescido continuamente na última década em razão de uma demanda cada vez maior por seus produtos. São 15,8 milhões de hectares manejados organicamente em todo o mundo. As estimativas atuais da FAO indicam um crescimento médio de 15% a 30% ao ano, podendo atingir 3,5% a 5,0% do mercado mundial de alimentos no ano de 2010, o que corresponderia a vendas de US\$ 61 a US\$ 94 bilhões em alimentos orgânicos. No Brasil, calcula-se que a área de cultivo orgânico esteja em torno de 100 mil hectares (Agrianual, 2000).

O sistema orgânico é freqüentemente entendido como uma agricultura em que se evita o uso de produtos químicos. Entretanto, seu conceito é bem mais amplo. Segundo Ehlers (1996), a “agricultura orgânica é um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de fertilizantes, agrotóxicos, reguladores de crescimento e aditivos para a produção vegetal e alimentação animal, elaborados sinteticamente. Tanto quanto possível, os sistemas agrícolas orgânicos dependem de rotações de culturas, de restos de culturas, esterco de animais, leguminosas, adubos verdes e de resíduos orgânicos de fora das fazendas, bem como de cultivo mecânico, rochas e minerais e aspectos de controle biológico de pragas e patógenos, para manter a produtividade e a estrutura do solo, fornecer nutrientes para as plantas e controlar insetos, ervas invasoras e outras pragas”.

A Legislação Brasileira também define o sistema de produção orgânico. Segundo a Instrução Normativa nº. 007 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, de 17 de maio de 1999, considera-se sistema orgânico como sendo: “todo aquele em que se adotam tecnologias próprias com o objetivo de otimizar o uso dos recursos naturais e socioeconômicos, tendo por objetivo a auto-sustentação no tempo e no espaço, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energias não renováveis e a eliminação do emprego de agrotóxicos e de quaisquer outros insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados (OMG/transgênicos) ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e consumo, privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana e assegurando a transparência em todos os estágios de produção e da transformação”.

Conforme Souza & Rezende (2003), os principais objetivos do sistema de cultivo orgânico são:

- a) Desenvolver e adaptar tecnologias às condições sociais, econômicas e ecológicas de cada região;
- b) Trabalhar a propriedade rural dentro de um enfoque sistêmico envolvendo todas as atividades da mesma;
- c) Priorizar a propriedade familiar;
- d) Promover a diversificação da fauna e da flora;
- e) Preservar o solo, evitando a erosão e conservando suas propriedades físicas, químicas e biológicas;
- f) Manter a qualidade da água, evitando contaminações por produtos químicos ou biológicos nocivos, buscando a produtividade ótima e não a máxima;
- g) Preservar a saúde dos produtores e dos consumidores;
- h) Promover o equilíbrio ecológico das unidades de produção da propriedade;
- i) Controlar os desequilíbrios ecológicos pelo manejo fitossanitário;
- j) Promover a auto-suficiência econômica e energética da propriedade rural;

Este sistema de produção também é regido por uma série de princípios, dentre os quais se destacam: a construção e a conversão de agroecossistemas produtivos, a diversificação e o equilíbrio ecológico, a teoria da trofobiose e a reciclagem da matéria orgânica.

Segundo Kiehl (1985), a matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O processo de modernização da agricultura, ocorrido principalmente a partir dos anos 50, desvalorizou processos naturais de cultivo e priorizou a mecanização agrícola, os adubos minerais e os agrotóxicos. Este pacote tecnológico elevou sobremaneira a produtividade das culturas, porém gerou incontáveis problemas ambientais, dentre os quais podemos destacar: declínio da produtividade pela degradação do solo, erosão e perda da matéria orgânica, degradação dos recursos naturais, contaminação de alimentos e trabalhadores rurais, aumento da resistência de pragas, doenças e ervas daninhas e a compactação, desertificação e salinização dos solos (Souza & Rezende 2003).

Com o aumento de todos estes problemas ambientais, o sistema de produção orgânico volta a ser uma solução ambientalmente viável. Entretanto, simultaneamente

ao crescimento deste sistema de produção, há também uma crescente preocupação em se aumentar a produção de alimentos tentando atender as demandas resultantes do aumento populacional. Este cenário gerou uma pressão pelo uso intensivo dos recursos naturais, principalmente do solo, resultando na diminuição brusca de sua qualidade, ou seja, reduzindo sua capacidade produtiva e comprometendo a qualidade ambiental e a saúde de todos os organismos envolvidos no agroambiente.

Dentro do sistema água-solo-plantas o solo é um recurso natural vital e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Dentre as várias funções do solo podemos destacar: controle da distribuição de água da chuva ou da irrigação, regulação da atividade biológica e troca entre as fases sólidas, líquida e gasosa, proteção da qualidade da água, do ar e de outros recursos atuando como uma espécie de filtro, dentre outros.

Atualmente, há uma grande preocupação em se definir a qualidade do solo, que por estar diretamente relacionada a fatores tais como suas características próprias, ao uso e ao manejo do solo e às questões sócio-econômicas, dificulta a elaboração de uma definição própria e comum. Um outro ponto é que a qualidade de um solo para fins de construção civil, para fins de preservação ambiental e para fins de produção agrícola apresenta definições diferentes.

Segundo Doran & Parkin (1994) “qualidade do solo é a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana”.

A qualidade de um solo pode ser avaliada segundo uma série de atributos ou indicadores. Estes indicadores de qualidade são importantes para: focar os esforços de conservação em melhoria das condições do solo, avaliar práticas e técnicas de manejo de solo, relacionar qualidade do solo com outros recursos, coletar as informações necessárias para determinar tendências de mudanças na qualidade do solo e orientar as decisões de manejo (Santana & Bahia Filho, 1999). Segundo Goedert (2005) os indicadores mais freqüentemente utilizados para avaliar a qualidade do solo, para fins de produção de alimentos, têm sido:

- a) Atributos de natureza física: densidade do solo; porosidade total; resistência mecânica à penetração; grau de flocculação; estabilidade de agregados; proporção entre macro e microporos; curva de retenção de água e características da infiltração da água no solo.

- b) Atributos de natureza química: teor de matéria orgânica; capacidade de troca catiônica; saturação por bases; balanço de nutrientes e capacidade de adsorção de íons fosfato estimada rotineiramente pela determinação do fósforo remanescente.
- c) Atributos de natureza biológica: carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, atividade enzimática e a diversidade microbiana.

Para melhorar a qualidade de um solo visando sua otimização, algumas práticas, conhecidas como práticas conservacionistas, são preconizadas pela ciência agrônoma. Estas práticas têm sido utilizadas na agricultura com o objetivo de aumentar a resistência do solo à erosão, obter alta produtividade e promover a sustentabilidade do meio ambiente. As práticas conservacionistas podem ser de caráter mecânico, vegetativo ou edáfico.

As práticas vegetativas e edáficas são mais simples de serem executadas e mantidas, devendo-se sempre recorrer a elas. As práticas de caráter vegetativo são aquelas em que se utiliza a vegetação para defender o solo contra a erosão. A densidade da cobertura vegetal é o princípio fundamental de toda proteção que se oferece ao solo, preservando-lhe a integridade contra os efeitos danosos da erosão. Porém, no emprego para fins agrícolas, nem sempre é econômico mantê-lo inteiramente recoberto com vegetações protetoras, o que não impede, a inclusão dos sistemas de proteção do solo baseados em vegetações de revestimentos e travamento nos planos de produção. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), as principais técnicas vegetativas são: florestamento e reflorestamento, pastagens, plantas de cobertura, cultura em faixa, cordões de vegetação permanente, cobertura morta e alternância de capinas.

Entretanto, nos casos em que estas práticas não consigam o resultado esperado, deve-se recorrer à utilização de práticas complementares, ou seja, práticas mecânicas. Nas práticas mecânicas são utilizadas estruturas artificiais mediante a disposição adequada de porções de terra, com a finalidade de quebrar a velocidade de escoamento da enxurrada e facilitar-lhe a infiltração no solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). As principais práticas mecânicas são: distribuição racional dos caminhos, plantio em contorno, terraceamento, sulcos e camalhões em pastagem e canais escoadouros.

Uma das principais afirmações da corrente orgânica tem sido a suposta melhora na fertilidade e na estrutura do solo. A matéria orgânica está intimamente relacionada à fertilidade do solo, pois é importante para a manutenção das boas condições físicas do

solo que contribuem na fertilidade, além de ser uma importante reserva de nutriente. Vários trabalhos a respeito dos efeitos ambientais da produção orgânica corroboram para a idéia de que a matéria orgânica, a atividade biológica e a estrutura do solo são aspectos importantes para a qualidade do solo (Shepherd et al. 2003). Um amplo estudo feito no Reino Unido com solos sob os dois sistemas de manejo (Shepherd et al. 2003) mostrou que o sistema de produção em si não é capaz de promover uma melhor qualidade do solo, mas sim o total e a qualidade da matéria orgânica que retorna ao solo. Surpreendentemente, o estudo mostrou poucas diferenças no total de matéria orgânica que fora encontrada entre o manejo orgânico e o convencional e, dentro daquelas diferenças consideradas triviais, o percentual entre elas era de apenas 20% (Trewavas, 2004).

Embora haja vários trabalhos publicados, como D'Andréa et al. (2002), Silva et al. (2005) e Conceição et al (2005), que relatam a qualidade do solo por meio de análise de atributos físicos, químicos ou biológicos, em diferentes sistemas de manejo, poucos mostram a qualidade do solo sob sistema orgânico de cultivo. Contudo, o crescimento do sistema orgânico trouxe à tona o seguinte questionamento: como será a qualidade do solo sob o sistema orgânico de cultivo? Será que o manejo próprio do sistema orgânico como a adição constante de matéria orgânica e o pouco revolvimento do solo são fatores diferenciadores na qualidade do solo quando comparados com demais sistemas agrícolas de produção?

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade do solo sob o sistema orgânico de cultivo, em diferentes períodos de cultivo, em um Latossolo mediante a quantificação de alguns atributos de natureza física, química e biológica, em duas camadas do solo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A AGRICULTURA ORGÂNICA

Histórico

A história da agricultura orgânica se confunde com a história da própria agricultura como um todo. O primeiro tipo de sistema agrícola utilizado pelo homem foi baseado na utilização apenas dos recursos naturais de que dispunham tais como estercos de animais e restos de culturas. Com o advento da agricultura moderna no final do século XIX cientistas como Liebig (1803-1873) e Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887) ajudaram a difundir a idéia da chamada “agroquímica”, em que o aumento da produção agrícola seria diretamente proporcional à quantidade de substâncias químicas incorporadas ao solo. Embora tenham sofrido contraposições, as teorias de Liebig haviam ultrapassado o meio científico e ganhado forças nos setores produtivos, industrial e agrícola, abrindo um amplo e promissor mercado: o de fertilizantes sintéticos (Frade, 2000). Com isso, em meados do século XIX, inicia-se uma nova fase na história da agricultura, a “Segunda Revolução Agrícola”.

A expansão da chamada “Segunda Revolução Agrícola” ou também denominada “Revolução Verde”, ocorreu de forma rápida, quase sempre apoiada por órgãos governamentais, pela maioria dos engenheiros agrônomos, pelas empresas produtoras de insumos e, incentivadas por organizações mundiais como o Banco Mundial, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, a Agência das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), dentre outras (Ehlers, 1996).

Paralelamente ao início da revolução verde, um pesquisador inglês chamado Sir. Albert Howard começou a trabalhar na estação experimental de Pusa, na Índia, e observou que os camponeses hindus não utilizavam fertilizantes químicos, e empregavam diferentes métodos para reciclar os materiais orgânicos. Howard percebera que os animais utilizados para tração não apresentavam doenças, ao contrário dos animais da estação experimental, onde eram empregados vários métodos de controle sanitário. Curioso com todos estes fatos, Sir. Howard decidiu montar um experimento de trinta hectares, sob orientação dos camponeses nativos e, em 1919, declarou que já sabia como cultivar as lavouras sem utilizar insumos químicos (Ehlers, 2005). Seu sistema partia basicamente do reconhecimento de que o fator essencial para a eliminação das doenças em plantas e animais era a fertilidade do solo. Para atingir seu objetivo, criou o processo “Indore” de compostagem, desenvolvido entre 1924 e 1931, pelo quais os resíduos da fazenda eram transformados em húmus, que, aplicado ao solo

em época conveniente, restaurava a fertilidade por um processo biológico natural (Bonilla, 1992). Segundo Ehlers (2005) a recepção do trabalho de Howard junto a seus colegas ingleses foi péssima, tendo sido inclusive ignorado durante uma palestra na Universidade de Cambridge, em 1935, quando regressara do Oriente. Suas propostas eram totalmente contrárias à visão “agroquímica” predominante em sua época. No entanto, sua obra foi aceita por um grupo muito reduzido de dissidentes do padrão predominante, dentre os quais se destaca o norte-americano Jerome Irving Rodale, que passou a popularizar tais idéias nos Estados Unidos. Motivado pelas idéias de Sir. Albert Howard, e pelas suas próprias convicções, Jerome Rodale, passou a praticar os ensinamentos de Howard em uma pequena fazenda no estado da Pensilvânia, EUA, e, em 1948, publicou, pela sua própria editora, o livro *The Organic Front*.

A partir da década de 1960, o modelo de agricultura baseado principalmente na produção química, começava a dar sinais de exaustão. Desflorestamentos; diminuição da biodiversidade; erosão e perda da fertilidade dos solos; contaminações da água, dos animais silvestres e dos próprios agricultores por agrotóxicos passaram a ser decorrências quase inerentes à produção agrícola (Ehlers, 1993). Com isso, surge a chamada “onda preservacionista-conservacionista” do século, movimento que lançou o atual ambientalismo a partir da grande publicidade obtida por manifestações em defesa de reservas florestais norte-americanas como *Dinosaur National Park*, *o Grand Canyon*, *Redwoods* e *Cascades*. Tais batalhas mobilizaram uma nova geração de ativistas e novas questões entraram nas plataformas das tradicionais entidades conservacionistas, principalmente o perigo dos pesticidas para a flora e a fauna. Essa “onda” também atingiu grande contingente de consumidores, que passaram a se preocupar com a qualidade nutritiva dos alimentos (Ehlers, 2005).

Com o retorno da chamada agricultura orgânica, era preciso então, definir alguns critérios para a sua produção. Estes critérios foram definidos no final da década de 70, pela Lei de Alimentos Orgânicos da Califórnia, de 1979. Segundo esta Lei, os alimentos orgânicos deveriam ter as seguintes características: a) serem produzidos, colhidos, distribuídos, armazenados, processados e embalados sem aplicação de fertilizantes, pesticidas ou reguladores de crescimento sinteticamente compostos; b) no caso de culturas perenes, nenhum fertilizante, pesticida ou regulador de crescimento sinteticamente composto deverá ser aplicado na área onde o produto for cultivado num período de doze meses antes do aparecimento dos botões florais e durante todo o seu período de crescimento e colheita; c) no caso de culturas anuais e bianuais, nenhum

fertilizante, pesticida ou regulador de crescimento sinteticamente composto deverá ser aplicado na área onde o produto for cultivado num período de doze meses antes da semeadura ou transplante e durante todo o período de seu crescimento e colheita (USDA, 1984).

Na década de 1980, a noção de agricultura orgânica já apresentava um campo conceitual e operacional mais definido e, em 1984, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) reconheceu sua importância formulando a seguinte definição: “A agricultura orgânica é um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de fertilizantes, pesticidas, reguladores de crescimento e aditivos para a alimentação animal elaborada sinteticamente. Tanto quanto possível, os sistemas de agricultura orgânica baseiam-se na rotação de culturas, esterco animal, leguminosas, adubação verde, lixo orgânico vindo de fora da fazenda, cultivo mecânico, minerais naturais e aspectos de controle biológico de pragas para manter a estrutura e produtividade do solo, fornecer nutrientes para as plantas e controlar insetos, ervas daninhas e outras pragas” (Ehlers, 2005).

No Brasil, a lei número 10.831 do dia 23 de dezembro de 2003 estabelece em seu artigo primeiro, inciso um as finalidades de um sistema de produção orgânico, onde são definidas da seguinte forma: I – a oferta de produtos saudáveis isentos de contaminantes intencionais; II – a preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais e a recomposição ou incremento da diversidade biológica dos ecossistemas modificados em que se insere o sistema de produção; III – incrementar a atividade biológica do solo; IV – promover um uso saudável do solo, da água e do ar, e reduzir ao mínimo todas as formas de contaminação desses elementos que possam resultar das práticas agrícolas; V – manter ou incrementar a fertilidade do solo em longo prazo; VI – a reciclagem de resíduos de origem orgânica, reduzindo ao mínimo o emprego de recursos não-renováveis; VII – basear-se em recursos renováveis e em sistemas agrícolas organizados localmente; VIII – incentivar a integração entre os diferentes segmentos da cadeia produtiva e de consumo de produtos orgânicos e a regionalização da produção e comércio desses produtos; IX – manipular os produtos agrícolas com base no uso de métodos de elaboração cuidadosos, com o propósito de manter a integridade orgânica e as qualidades vitais do produto em todas as etapas.

Princípios da Agricultura Orgânica

Os princípios da agricultura orgânica foram introduzidos no Brasil no início da década de 1970, quando se começava a questionar o modelo convencional de produção agropecuária. Os principais princípios da agricultura orgânica são:

- a) *A “construção” do agroecossistema produtivo e a conversão*: Um agroecossistema é estabelecido a partir da manipulação e alteração dos ecossistemas com o propósito de estabelecer uma produção agrícola. Com isso, ao comparamos um agroecossistema com um ecossistema natural, temos que este apresenta uma biodiversidade funcional e estrutural bem maior quando comparado com o primeiro. O desafio de criar agroecossistemas sustentáveis é o de alcançar características semelhantes às de ecossistemas naturais, mantendo uma produção a ser colhida. Um agroecossistema que incorpore as qualidades de estabilidade, equilíbrio e produtividade de ecossistemas naturais assegurará manutenção do equilíbrio dinâmico necessário para estabelecer uma base ecológica de sustentabilidade (Souza & Rezende 2003).
- b) *Diversificação e equilíbrio ecológico*: O modelo agrícola praticado atualmente possui como um dos seus maiores entraves, a prática da monocultura. Esta prática torna o sistema de produção mais instável e sujeito às adversidades do meio. Com isso, o equilíbrio biológico das propriedades, bem como o equilíbrio ambiental e econômico das grandes regiões, não poderá ser mantido. Hoje, práticas agrícolas baseadas em sistema de produção diversificado apresentam um equilíbrio ambiental, ecológico e econômico muito maior quando comparados às monoculturas. De acordo com Souza & Rezende (2003) em sistemas orgânicos de produção, o equilíbrio ecológico que ocorre entre os macro e microorganismos é para manter as populações de pragas e doenças em níveis que não causem danos econômicos às culturas comerciais. Sistemas que utilizam adubos químicos e agrotóxicos provocam instabilidade no ambiente e desequilíbrios na nutrição das plantas, levando ao aumento da população desses organismos.
- c) *Teoria da Trofobiose*: O francês Francis Chaboussou é o responsável por uma das mais relevantes contribuições científicas para os movimentos contrários a agricultura moderna: a teoria da trofobiose (**trofo**: alimento,

crescimento; **biose**: existência de vida). Seus experimentos, baseados nesta teoria, mostraram uma correlação estreita entre a intensidade de ataques de parasitas e o estado nutricional das plantas. Conforme Chaboussou (1972) se aplicadas em excesso, as adubações de N (nitrogênio), K (potássio), Ca (cálcio) e Mg (magnésio), podem causar desequilíbrios metabólicos nas plantas. Em resumo, seus trabalhos revelam que mais importante do que combater as pragas e doenças é proporcionar as plantas uma melhor nutrição.

- d) *Reciclagem da matéria orgânica*: A matéria orgânica é um dos componentes vitais do ciclo de vida. Ela exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, sejam elas físicas, químicas ou biológicas, contribuindo substancialmente para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Souza & Rezende, 2003).

O mercado orgânico mundial

Atualmente, a agricultura orgânica vem se desenvolvendo de forma bastante rápida, e se encontra presente em aproximadamente 120 países. Contudo, ao considerarmos a produção orgânica não certificada, deve haver um número ainda maior de países praticantes. Conforme o último levantamento (2005-2006) feito pela **IFOAM** (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), **SOEL** (*The Foundation Ecology & Agriculture*) e pelo **FiBL** (*Research Institute of Organic Agriculture*) mais de 31 milhões de hectares são manejados organicamente no mundo todo por aproximadamente 623.174 produtores (Figura 1)

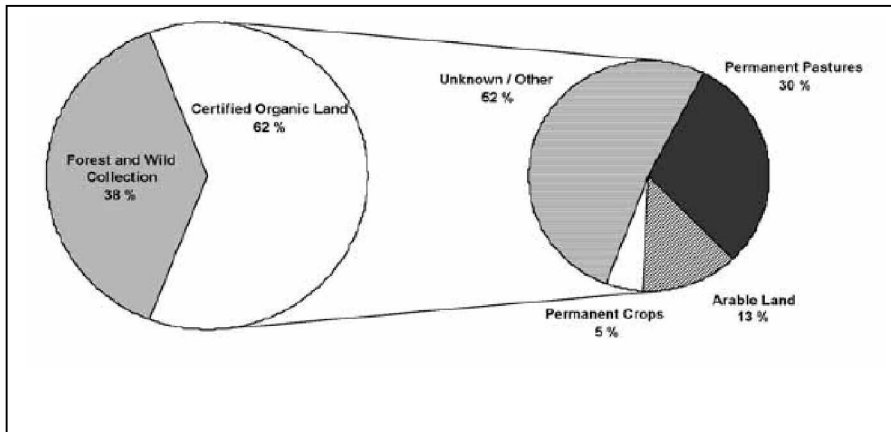


Figura 1. Uso de áreas orgânicas certificadas.

Fonte: FiBL Survey 2005 / 2006

Estudos realizados por Yussef (2006) mostram que, atualmente, os países com maiores áreas de produção orgânica são: Austrália (12,1 milhões de hectares), China (3,5 milhões de hectares) e Argentina (2,8 milhões de hectares). Mas, considerando a porcentagem do número de áreas cultivadas organicamente (Figura 2), a Oceania ocupa a primeira posição (39%), seguida da Europa (21%) e da América Latina (20%). A América Latina ocupa a primeira posição quanto ao maior número de propriedades orgânicas no mundo. Na Figura 3 há uma comparação entre a quantidade de áreas, em hectares, da agricultura orgânica e das plantações naturais no mundo, no período de 2000 a 2006.

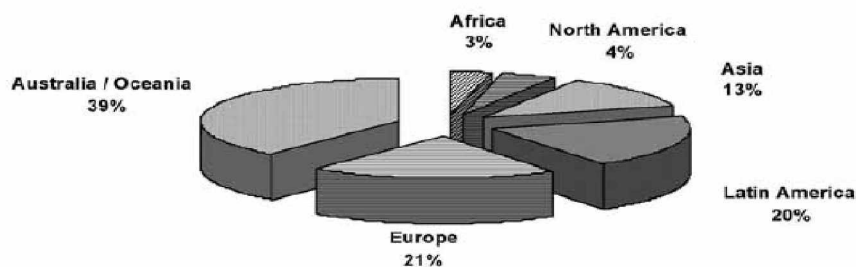


Figura 2. Porcentagem de áreas sob manejo orgânico nos principais continentes.

Fonte: FiBL-Survey 2005/ 2006

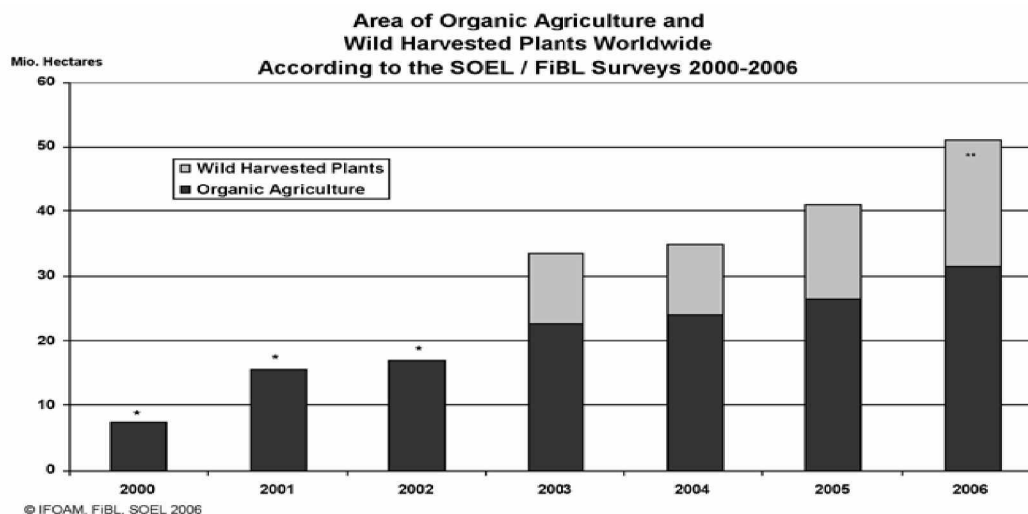


Figura 3. Áreas de agricultura orgânica e plantas naturais no mundo ente 2000 e 2006.

Fonte: SOEL / FiBL 2000-2006.

Mercado orgânico brasileiro

O Brasil apresenta a sexta posição dentre os países com mais áreas sob cultivo orgânico de produção (Tabela 1). No País, o Ministério da Agricultura estima que haja, atualmente, cerca de 810 mil hectares de cultivo orgânico, envolvendo 12.800 produtores, o que coloca o País em sexto lugar no mundo, atrás da Austrália, China, Argentina, Itália e Estados Unidos.

Tabela 1. Relação dos 10 países com maiores quantidade de áreas orgânicas.

Fonte: SOEL / FiBL 2006

País	Área total com produção orgânica (ha)
Austrália	12.126.633
China	3.466.570
Argentina	2.800.000
Itália	954.361
Estados Unidos	889.048
Brasil	887.637
Alemanha	767.891
Uruguai	759.000
Espanha	733.182
Inglaterra	690.270

A região Sul abriga mais da metade dos produtores orgânicos do Brasil, totalizando mais de 65% de área (Figura 4). Os principais produtos orgânicos, de acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA 2006), produzidos no Brasil são:

- a) **Frutíferas:** goiaba, mamão, manga, maracujá, banana, uva, morango e citrus;
- b) **Olerícolas:** alface, couve, tomate, cenoura, agrião, berinjela;
- c) **Culturas:** arroz, soja, milho, trigo, mandioca, café, cacau e cana-de-açúcar;
- d) **Produção Animal:** carne (bovinos e suínos), aves, leite, ovos, peixes e mel;
- e) **Extrativismo:** palmito, castanha do Brasil, castanha de caju, açai, babaçu.

Ainda de acordo com dados do MAPA, estima-se em 5.000.000 ha de áreas com extrativismo que poderiam ser consideradas orgânicas. O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, juntamente com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) pretendem, nos próximos anos, definir os critérios para a incorporação dessas áreas.

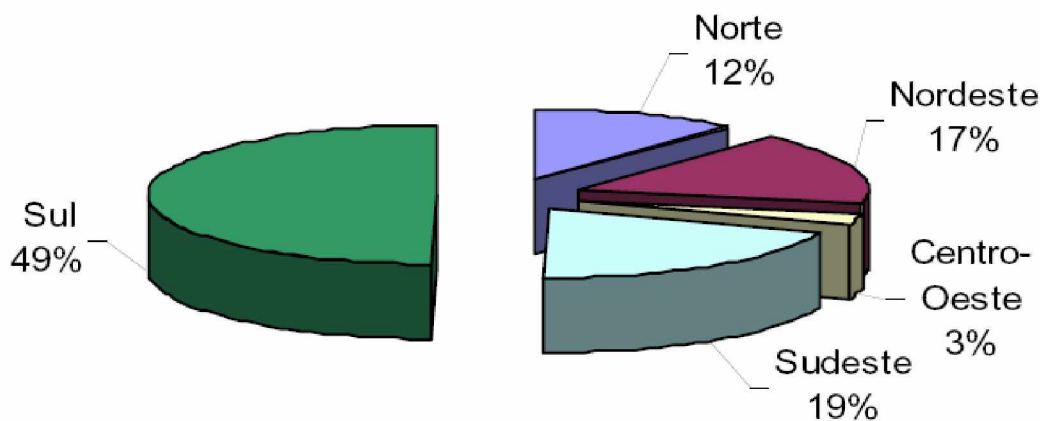


Figura 4. Distribuição da produção orgânica no Brasil por Regiões.

Fonte: Dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2006).

Para apoiar e fortalecer os setores da produção, processamento e comercialização de produtos orgânicos e estimular o crescimento deste segmento do agronegócio brasileiro, foi criado pelo MAPA em 2004, o Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica, PRÓ-ORGÂNICO, um plano que atenderia todo o triênio 2004-2007. Com o objetivo de possibilitar uma maior efetividade de resultados no desenvolvimento do Pró-Orgânico, algumas de suas ações estão direcionadas por “Linhas Temáticas Prioritárias”. Esta estratégia possibilita a indução da aplicação de determinadas ações como: capacitação e treinamento, fomento e incentivo a produção, pesquisa e desenvolvimento e, transferência de tecnologias orientadas em torno dos temas considerados prioritários. Segundo dados do MAPA (2004), as linhas temáticas prioritárias são: manejo da biomassa com enfoque na adubação verde, adubação orgânica, produção de forrageiras, sistemas agroflorestais e ampliação da biodiversidade; produção de material de propagação vegetal e reprodução animal orgânicos, com ênfase aos adaptados ao sistema orgânico de produção; manejo e controle fitozoossanitário alternativo; boas práticas de produção, pós-colheita e fabricação; planejamento, manejo e adequação ambiental da propriedade orgânica; Sistemas reguladores do comércio de produtos orgânicos.

No Distrito Federal, a oferta e a demanda por produtos orgânicos vêm crescendo ano após ano. Segundo a EMATER – DF (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural), os 180 produtores orgânicos cadastrados colhem hoje o equivalente a 3 mil toneladas por ano, apresentando um índice de produtividade maior que a média nacional

e um faturamento de 5 milhões de reais. A Figura 5 mostra alguns dos principais dados sobre a agricultura orgânica no DF.

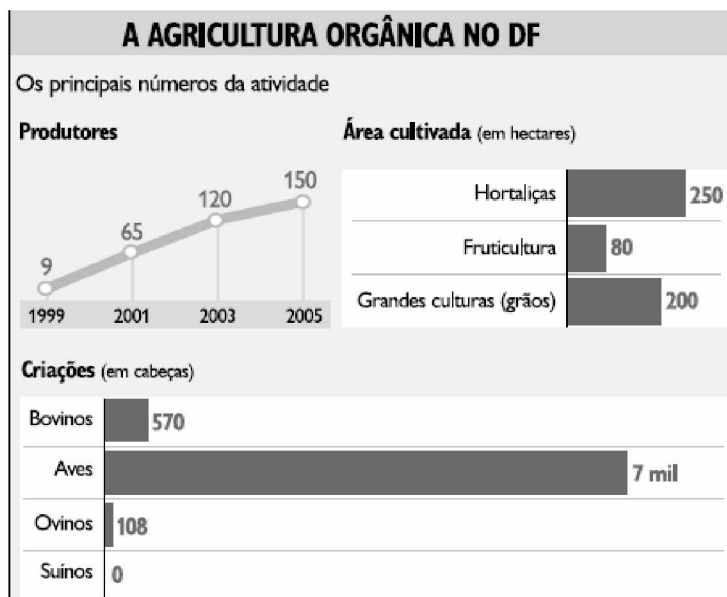


Figura 5. Dados referentes à produção orgânica no DF

Fonte: Correio Braziliense. Caderno Economia (27/01/07)

Certificação de produtos orgânicos

Para a comercialização dos produtos orgânicos, segundo o artigo terceiro da lei número 10.831 de 2003, os mesmos deverão estar certificados por organismos reconhecidos oficialmente, segundo os critérios estabelecidos em regulamento.

A certificação é um processo de fiscalização e inspeção das propriedades agrícolas e dos processos de produção que, objetiva verificar se o produto está sendo cultivado e/ou processado de acordo com as normas de produção orgânica ou biodinâmica. O foco não é o produto, mas a terra e todo o processo de produção. A certificação exige uma série de cuidados, desde a desintoxicação do solo até o envolvimento com projetos sociais e de preservação do meio ambiente. Assim, uma vez credenciada, a propriedade pode gerar vários produtos certificados que irão receber um selo de qualidade, desde que observados requisitos de qualidade, rastreabilidade, sustentabilidade e padrão de vida dos trabalhadores. A certificação assegura, ao produtor, um diferencial de mercado para os seus produtos e, ao consumidor, a proveniência do produto, isenção de contaminação química e as boas práticas agrícolas (Instituto Biodinâmico - IBD). Entretanto, nem sempre o processo de certificação é obrigatório. Conforme o *caput* primeiro da Lei 10.831/03, caso a comercialização por

parte dos agricultores familiares seja direta aos consumidores, desde que os mesmo estejam inseridos em processos próprios de organização, com controles sociais e previamente cadastrados junto ao órgão fiscalizador, a certificação se torna facultativa uma vez assegurada aos consumidores e ao órgão fiscalizador a rastreabilidade do produto e o livre acesso aos locais de produção ou processamento.

Para se tornar uma instituição certificadora, as agências precisam estar obrigatoriamente credenciadas por um órgão autorizado, que reconheça formalmente a competência para desenvolver determinados procedimentos técnicos de fiscalização e produção. Para a certificação dos produtos orgânicos, o órgão competente para o credenciamento das agências é a IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), a federação internacional que congrega os diversos movimentos relacionados com a agricultura orgânica.

O custo do processo de certificação varia de acordo com os critérios de análise adotados pela certificadora, levando-se em consideração os seguintes itens: taxa de filiação, tamanho da área a ser certificada, despesa com inspeção (transporte, alimentação e hospedagem), elaboração de relatórios, análise laboratorial do solo e da água, visitas de inspeção e acompanhamento e a emissão do certificado. As análises químicas de solo e água solicitadas pelos inspetores costumam ser de responsabilidade do produtor. Algumas certificadoras fazem indicações de laboratórios que executam as análises recomendadas. As despesas com hospedagem e alimentação do inspetor correm por conta do produtor e as realizadas com transporte e locomoção são cobradas, na maior parte das vezes, de acordo com a quilometragem percorrida pelo inspetor, entre R\$ 0,30 e R\$ 0,50 por quilômetro, podendo ser cobrado valor adicional em função das características das estradas. Algumas certificadoras cobram ainda percentuais sobre o faturamento, ou valor pela quantidade de selos. Há, porém, outras que não cobram estas taxas (Feliconio, 2002). A Figura 6 mostra as principais agências certificadoras do Brasil.



Figura 6. Principais agências certificadoras de produtos orgânicos no Brasil.

Fonte: www.planetaorganico.com.br

2.2 QUALIDADE DO SOLO

A necessidade de se aumentar a produção de alimentos, tentando equilibrá-la com o aumento populacional é uma das maiores dificuldades encontradas pelo homem. Para isso, é necessário um projeto de sustentabilidade adequado, além de um manejo próprio para o solo.

O solo é definido como sendo a camada superficial da crosta terrestre composta por minerais, água, ar, organismos vivos, matéria orgânica e por diversas outras substâncias químicas, formado pela ação do clima, organismos, material de origem (rocha) e tempo (Resende, et al. 2002). Entretanto, do ponto de vista físico, representa um sistema heterogêneo constituído de fases sólida, líquida e gasosa. Tais fases, principalmente a fase sólida, podem ser consideradas descontínuas (Raij, 1991). Um solo saudável é capaz de sustentar a diversidade animal e vegetal, regular e dividir a camada sólida e líquida, filtrar e tamponar poluentes em potenciais, armazenar e ciclar nutrientes e, suportar construções e outras estruturas protegendo a característica geológica (USDA, 2004).

Os solos sob cerrado no Brasil apresentam, em geral, condições físicas favoráveis para a agricultura, e vêm sendo gradativamente explorados com culturas anuais, com pastagens e, mais recentemente, com reflorestamentos (Silva, et al. 2005). Segundo Dumanski & Pieri (2000), as estimativas atuais são de que metade das terras utilizáveis do globo terrestre é regularmente manejada e, que mais de 70% destas recebem algum grau de intervenção humana. É nesse contexto que surge uma grande preocupação com a chamada “qualidade do solo” e, portanto, torna-se necessário buscar uma forma mais sustentável para a utilização destes solos. A Figura 7 mostra quais são as principais funções de um solo saudável: regular a entrada de água, sustentar a vida

animal e vegetal, fornecer suporte a estruturas, atuar no ciclo de nutrientes e filtrar poluentes em potencial.



Figura 7. Funções de um solo saudável (*Functions of Healthy Soil*)

Fonte: <http://soils.usda.gov/sqi/publications>

Mas, como definir a qualidade do solo? Muitas vezes, o ímpeto em definir e avaliar a qualidade do solo vem de fora da comunidade científica, mostrando assim, o interesse e o cuidado da sociedade com as questões ambientais. Contudo, devido a grande preocupação com a degradação do solo e a necessidade de um manejo sustentável, a comunidade científica tem buscado caracterizar a qualidade do solo. A idéia de um ecossistema como um processo, um atributo, um indicador, ou até mesmo como uma função, tem levado muitos pesquisadores a tentar descrever a qualidade do solo (Larson & Pierce, 1991, 1994; Doran & Parkin, 1994; Doran et al. 1996; Carter et al. 1997; Karlen et al. 1997). Contudo, uma definição precisa permanece difícil de alcançar (Carter, 2002). Algumas das definições para fins de produção agrícolas podem ser vistas abaixo.

a) Para Edwards (1987), a qualidade do solo é “um dos muitos componentes do agroecossistema em que o esforço para um bom manejo tem que ser intensificado, a fim de obter uma maior sustentabilidade”.

b) Em Warketing (1995), a qualidade do solo é considerado um elemento chave para a sustentabilidade agrícola

c) Segundo Santana & Bahia Filho (1999) “qualidade do solo é a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e para a saúde humana”.

d) Doran & Parkin (1994) definem a qualidade do solo como “a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para o desenvolvimento de plantas e de animais, de manter ou de aumentar a qualidade da água e do ar e de promover a saúde humana”.

e) Anderson & Gregorich (1984) propuseram ainda uma outra definição de qualidade do solo: “A capacidade sustentada de um solo em captar, armazenar e reciclar água e nutrientes”.

f) Pelo Departamento Americano de Agricultura (USDA), a qualidade do solo pode ser entendida como sendo “a capacidade de um determinado solo em exercer suas funções, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter ou aumentar a qualidade da água e do ar, e melhorar a habitação e saúde humana”. Mudanças na capacidade do solo em exercer suas funções são refletidas nas propriedades do solo que alteram em respostas aos manejos ou às variações climáticas (USDA, 2001).

Ainda Conforme o Departamento Americano de Agricultura (USDA), manejos que melhorem a qualidade do solo irão beneficiar a produtividade da lavoura, reduzir a erosão, aumentar a eficiência de uso da água e nutrientes, e garantir o uso destes recursos no futuro. Além disso, irão melhorar a qualidade do ar e da água, além de beneficiar a qualidade de vida dos habitantes. A avaliação da qualidade do solo pode melhorar a resposta para muitas das preocupações referentes aos principais recursos naturais. Dentre as principais preocupações merecem destaque: perda de solo pela erosão, deposição de sedimentos pelo vento ou água da chuva, compactação da camada superficial, degradação dos agregados e da estrutura do solo, redução da infiltração e aumento da perda de água, perda de nutrientes, alterações no pH, perda da matéria orgânica, redução da atividade biológica, infestação de pragas e patógenos, excessiva umidade, redução da qualidade da água e emissões de gases (USDA, 2001). A Figura 8

mostra a importância da qualidade do solo como um determinante de sustentabilidade ambiental.

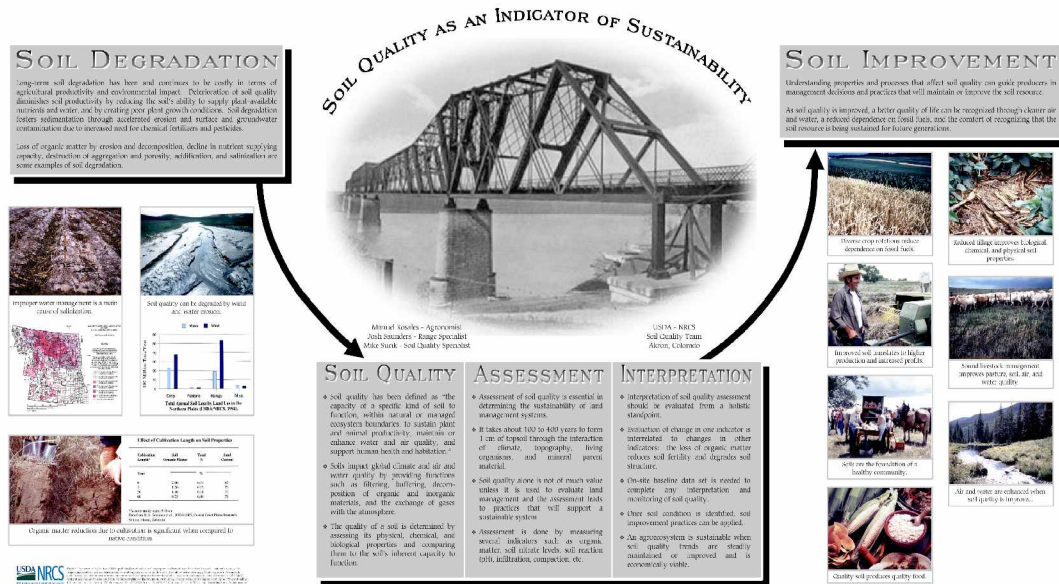


Figura 8. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade.

Fonte: <http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/sustain.pdf>

A qualidade de um solo possui duas partes: uma parte intrínseca, que diz respeito à capacidade inerente do solo para o crescimento das culturas, e uma parte dinâmica que é influenciada pelo manejo no solo (Carter 2002). Para avaliarmos a qualidade de um solo é necessário que se analise algumas propriedades do mesmo. Essas propriedades, em conjunto, são denominadas indicadores de qualidade do solo, que podem ser propriedades ou processos físicos, químicos e biológicos, ou uma característica do solo. Eles também podem ser características visuais ou morfológicas de plantas (USDA, 2001).

Estudos anteriores têm mostrado que os indicadores de qualidade do solo podem explicar de forma significativa as variações em numerosos pontos ambientais e agrônômicos como rendimento líquido, eficiência do uso da água e perda potencial de fósforo (Andrews & Carroll, 2001).

Os indicadores de qualidade do solo são selecionados pela sua relação com as propriedades específicas de um solo e pela qualidade do mesmo. Por exemplo, a matéria orgânica é um indicador muito utilizado, podendo informar sobre uma série de propriedades como fertilidade e estrutura do solo, e sobre a retenção de nutrientes.

Similarmente, indicadores de plantas como a profundidade das raízes, poderão fornecer informações sobre a densidade e compactação do solo (USDA, 2001).

Os indicadores podem ser avaliados pelas técnicas qualitativas ou quantitativas. Uma avaliação qualitativa é a determinação da natureza de qualquer indicador. Estas avaliações possuem um elemento de subjetividade e, terão uma menor variação nos resultados se forem feitas sempre pelo mesmo avaliador. Uma avaliação quantitativa é a medição acurada de um indicador e possui como resultado um valor numérico e preciso. Por exemplo, uma avaliação qualitativa da taxa de infiltração poderia ser a observação da perda excessiva de água em um solo. Já a avaliação quantitativa poderia ser a medição dessa taxa de infiltração (USDA 2001).

Para Doran & Parkin (1994), um bom indicador deve integrar processos e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ser acessível aos diferentes usuários e aplicável em diversas condições de campo, ser sensível às variações do manejo e clima, mas, resistentes a flutuações em curto prazo e, sua determinação deve ser simples, acurada e de baixo custo. A verificação dessas propriedades permitirá que se avalie a relação entre o manejo do solo e a qualidade do mesmo. A utilização de um indicador de forma individual não poderá descrever a real situação de um solo. Por isso, esses indicadores deverão ser utilizados de forma conjunta para avaliar mais precisamente sua qualidade.

Os indicadores escolhidos para uma determinada avaliação devem ser testados e monitorados, permitindo, então, avaliar as mudanças da qualidade do solo ao longo do tempo ou em diferentes escalas, possibilitando identificar a heterogeneidade natural do solo, flutuações sazonais ou incertezas analíticas. Para cada região agro-climática, é necessário determinar os atributos que são mais sensíveis ao manejo, pois estes são os mais desejáveis como indicadores e para observação das mudanças na qualidade do solo (Arshad & Martin. 2002).

Para Goedert (2005) a escolha de indicadores ou atributos a serem quantificados deve considerar, entre outros, os seguintes aspectos: facilidade de medição, sensibilidade a mudanças e limites claros entre condições de sustentabilidade e de não sustentabilidade. A Figura 9 exemplifica qual seria a melhor estratégia para se avaliar a qualidade de um solo, tendo como referência o índice de qualidade do solo.

Uma vez selecionados os atributos que serão utilizados para avaliar a qualidade do solo (QS), torna-se necessário definir limites de sustentabilidade, ou seja, qualificar ou calibrar as informações obtidas pelas medições analíticas, no campo e no laboratório.

O limite de sustentabilidade é o valor numérico usado para cada indicador avaliado, visando separar a condição sustentável da não sustentável.

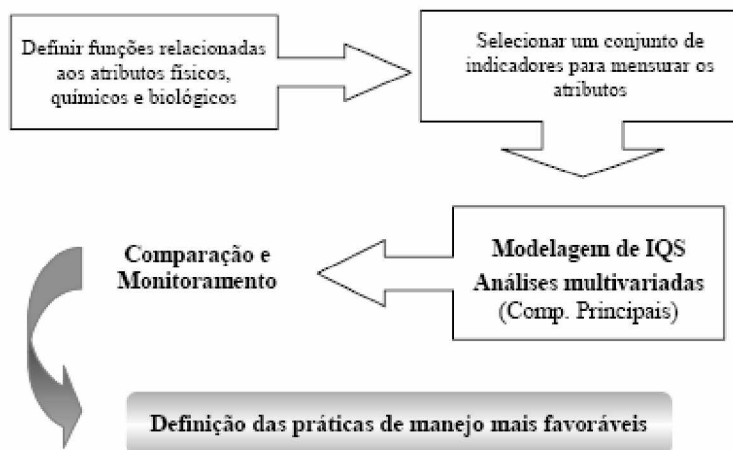


Figura 9. Estratégia para avaliação da qualidade do solo.

Fonte: Chaer (2001).

Os atributos, tanto de natureza química, física ou biológica, apresentarão valores diferenciados dependendo do tipo de manejo. Embora a seleção de indicadores possa variar de acordo com o ecossistema estudado e as metas de determinação, alguns indicadores parecem ser satisfatórios para produção agrícola. Na maioria dos casos são eles: matéria orgânica, profundidade do solo, infiltração, agregação, pH, CTC, condutividade hidráulica e porosidade (Larson & Pierce, 1994; Karlen & Stott, 1994; Karlen et al. 1997; Arshad & Martin, 2002).

O trabalho desenvolvido por Silva, et al. (2005) mostra, por exemplo, os diferentes efeitos sobre os atributos físicos devido ao tipo de preparo de solo adotado em cada sistema de manejo. A Figura 10 mostra o relacionamento das funções do solo (Larson & Pierce, 1994), com os atributos do solo, que podem ser resumidos nas suas qualidades físicas, químicas e biológicas.

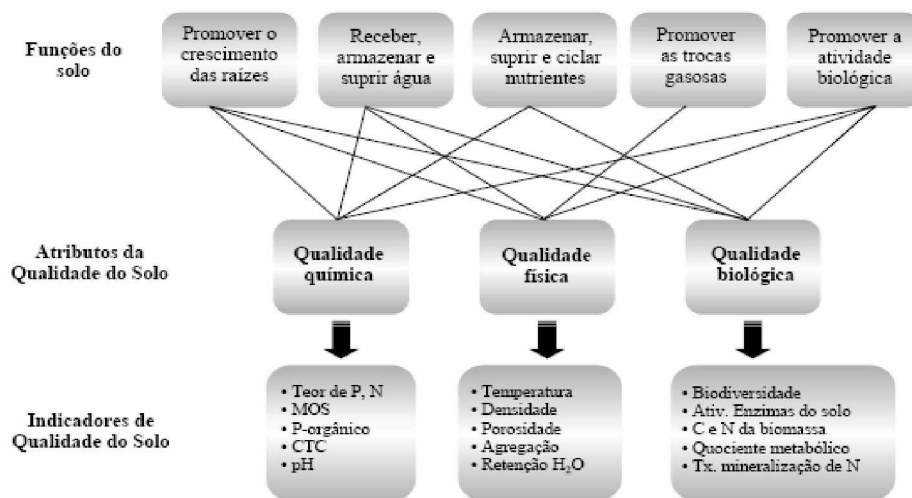


Figura 10. Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo para a produção vegetal. Citado em Chaer, 2001.

Principais indicadores de qualidade do solo

Uma vez que é impraticável mensurar todas as propriedades de um solo, têm-se proposto um conjunto mínimo de indicadores para avaliar e caracterizar a qualidade de um determinado solo. Doran et al. (1996) e Larson & Pierce (1994), propuseram um conjunto mínimo de indicadores que mostra a relação de cada um com a qualidade do solo (Tabela 2). Um conjunto mínimo de dados nem sempre abrange todas as propriedades relevantes de um sistema, tornando-se apenas um conjunto mínimo para a compreensão da melhora de um solo. O valor de cada indicador é sempre determinado a partir de certa região ou a partir de um determinado tipo de solo, e inclui apenas aquelas propriedades que são consideradas relevantes para aquele tipo de solo e para aquele determinado sistema agrícola (USDA, 2001).

Tabela 2. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo.

Indicador	Relação com a qualidade do solo
Matéria orgânica	Fertilidade do solo, estrutura, estabilidade, retenção de nutrientes, erosão, e capacidade de disponibilização de água.
Estrutura do solo	Retenção e transporte de água e nutrientes, erosão do solo e habitat de microorganismos.
Profundidade do solo e enraizamento	Compactação e estimativa da produtividade da lavoura.
Infiltração e densidade volumétrica	Porosidade e movimento da água
Capacidade de campo	Disponibilidade e armazenamento de água.
pH	Disponibilidade de nutrientes e microorganismos
Condutividade Elétrica	Crescimento da planta e atividade microbiana
Parcela de Nitrogênio, Fósforo e Potássio	Disponibilidade de nutrientes para a planta e perda potencial de nitrogênio e fósforo.
Nitrogênio potencialmente mineralizado	Repositor de carbono e nitrogênio, e potencial catalítico da biomassa microbiana.
Respiração	Avaliação da atividade microbiana

Para Islam & Weil (2000), os indicadores podem ser classificados em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH e disponibilidade de nutrientes; os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura e mineralogia; e, entre esses dois extremos, estão os indicadores intermediários, que demonstram uma crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para integrarem um índice de qualidade do solo.

Goedert (2005), baseado em pesquisas e em trabalhos já relatados, elaborou uma proposta de conjunto mínimo de indicadores para avaliar a qualidade do solo (Tabela 3) em que estão quantificados os níveis de sustentabilidade para atributos que têm sido mais adotados em pesquisas referentes à qualidade do solo no Brasil. Segundo o autor, os atributos de natureza física listados são adequados para avaliar o estado de agregação e de compactação e, como consequência, estimar a capacidade de infiltração de água no solo. Os de natureza química se destinam a estimar o poder do solo em disponibilizar nutriente, e os de natureza biológica se destinam a refletir a atividade dos organismos vivos do solo.

Tabela 3. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo sob uso agrícola e de seus valores ou níveis de sustentabilidade, determinados na camada superficial de latossolos tropicais.

Indicador ou Atributo	Valores ou nível de sustentabilidade
Densidade do solo (Ds)	< 1,0 g cm ⁻³
Porosidade total (Pt)	> 0,60 cm ³ cm ⁻³
Resistência mecânica à penetração (Rp)	< 1,0 M Pa
Grau de flocculação (Gf)	> 50%
Teor de matéria orgânica (MO)	Textura argilosa: >40 g Kg ⁻¹ Textura média: >30 g Kg ⁻¹ Textura arenosa: > 20 g Kg ⁻¹
Capacidade de troca catiônica (T)	Textura argilosa: > 10 cmol _c dm ⁻³ Textura média: > 7 cmol _c dm ⁻³ Textura arenosa: > 4 cmol _c dm ⁻³
Saturação por base (V)	> 40%
Carbono da biomassa microbiana (Cmic)	> 200 mg C Kg ⁻¹
Respiração basal (Rmic)	> 10 mg C Kg ⁻¹
Coeficiente metabólico (q(CO ₂))	> 0,05

Para se avaliar um conjunto de indicadores de qualidade do solo pode-se utilizar o índice de qualidade do solo (IQS). A determinação do índice de qualidade do solo é feito através da definição e da seleção de indicadores que sejam apropriados para aquele determinado solo e determinado manejo. A Figura 11 mostra as principais etapas para a determinação do índice de qualidade do solo.

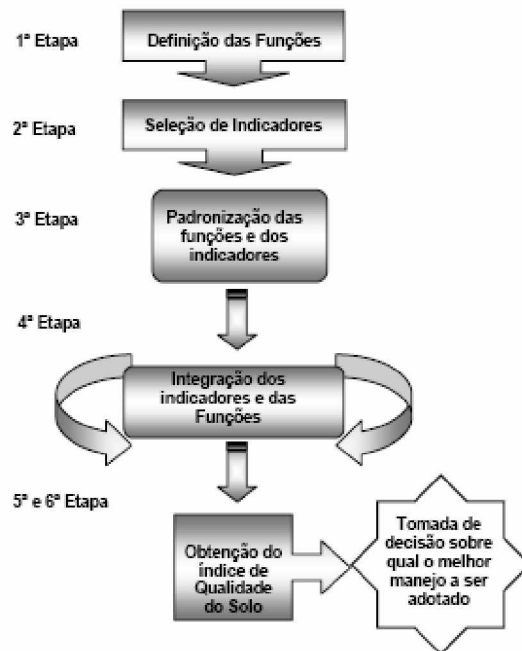


Figura 11: Etapas para a determinação do índice de qualidade do solo.

Fonte: Souza (2005).

Os índices de qualidade do solo podem ser obtidos por meio de uma expressão ou modelo matemático que inclua os atributos do solo considerados. Assim, a soma dos efeitos dos atributos selecionados (quantificados pelos seus respectivos indicadores), que são determinantes da qualidade do solo de um dado ambiente, é expressa no índice de qualidade (Burger & Kelting, 1999).

Atributos físicos da qualidade do solo

Os atributos físicos são adequados para avaliar, em particular, o estado de compactação do solo, aspecto de grande importância para a infiltração da água no solo e para o desenvolvimento radicular das plantas. Solos compactados apresentam baixa permeabilidade, resultando em maior escoamento de água sobre a superfície do terreno. (Goedert, 2005). Segundo Lal (1999), as características físicas do solo, como a distribuição e o tamanho dos poros, compactação e outras características mecânicas, exercem grande influência em diversos outros modificadores do solo, podendo ser utilizadas para verificar se o uso dos manejos adotados irá atenuar ou acentuar as degradações físicas que ocorrem no solo, como a erosão e a desertificação.

- a) *DENSIDADE DO SOLO (Ds)*: Também chamada de densidade aparente ou densidade global, é definida como sendo a relação entre a massa de uma

amostra de solo seco em estufa (TFSE) e o volume dessa amostra não deformada, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Geralmente é expressa em g/cm^3 . A densidade do solo pode ser alterada por práticas de manejo, compactação, tipo de cultura e, até mesmo com o impacto das chuvas. Segundo Andrade et al. (2005), entre os vários atributos do solo que interferem no manejo de irrigação e crescimento vegetal, a densidade do solo pode ser considerada a principal, sendo muito importante sua medição em projetos de irrigação e drenagem. A metodologia mais utilizada para a determinação da D_s é o Método do Anel Volumétrico, em que se utiliza um anel de aproximadamente 100 cm^3 que é colocado no solo de forma a não destruir sua estrutura.

- b) *POROSIDADE TOTAL*: É dada pelo espaço poroso que, em condições naturais, é ocupado por água e ar. Segundo Correia et al. (2004), os poros maiores, também chamados de macroporos ($> 0,05 \text{ mm}$ de diâmetro), são responsáveis pela aeração do solo, podendo ainda serem preenchidos com água, matéria orgânica e raízes de plantas; os poros menores (microporos) ($< 0,05 \text{ mm}$ de diâmetro) são responsáveis pela retenção de água no solo.
- c) *RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO*: É um atributo que está intimamente relacionado com a densidade do solo e com o teor de água utilizado para verificar o grau de compactação do solo. A resistência à penetração é um dos atributos físicos do solo que influencia o crescimento de raízes e serve como base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Tormena & Roloff, 1996).
- d) *GRAU DE FLOCULAÇÃO*: O grau de floculação indica a proporção de argila que se encontra floculada, ou seja, informa sobre o grau de estabilidade dos agregados.
- e) *ESTABILIDADE DOS AGREGADOS*: O estado de agregação do solo é de grande importância para as atividades agrícolas, uma vez que está relacionado com a aeração do solo; desenvolvimento radicular; suprimento de nutrientes; resistência mecânica do solo à penetração e a retenção e armazenamento de água (Kohnke, 1968). O processo de agregação do solo envolve uma série de fatores abióticos e bióticos.

Atributos químicos da qualidade do solo

Os atributos químicos são responsáveis pela manutenção de toda a atividade biológica do solo e pela sua fertilidade.

- a) *CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (T)*: É definida como sendo a soma total dos cátions (H^+ e Al^{+3}) que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas (EMBRAPA, 1997). A capacidade de troca de cátions, em geral medida a pH 7, tem um valor relativamente constante para cada solo, dentro de condições padronizadas de determinação. A reação de troca de cátions em solução é fundamental para o solo, sendo um bom indicador da sua atividade coloidal (Papa, 2006). Trata-se de característica de solo inalterável em curto prazo por práticas agrícolas. O que se pode alterar é a proporção relativa dos cátions que ocupam a CTC (Raij, 1991). O principal fator responsável pela CTC do solo é a matéria orgânica. Sua influência é maior quanto menor a profundidade do solo, uma vez que a matéria orgânica se concentra principalmente na camada superficial do solo.
- b) *SATURAÇÃO POR BASES (V)*: Saturação por bases é a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions. Valores baixos de índice de saturação por bases, indicam que há pouca quantidade de cátions saturando as cargas negativas.

Atributos biológicos da qualidade do solo

Enquanto que os atributos químicos do solo fazem uma contribuição qualitativa à sua qualidade e poderão determinar a qualidade máxima de um solo, os atributos biológicos são os mais susceptíveis a mudanças e a ação do homem (Bending et al. 2000).

- a) *CARBONO DA MASSA MICROBIANA*: A massa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo e é composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas. Ela é um importante componente na avaliação da qualidade do solo porque atua nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes e regeneração da estabilidade dos agregados (Franzluebbers et al., 1999). A massa microbiana é influenciada pelo tipo de manejo, pelo clima e suas variações, pelo tipo de cultivo e pelos resíduos vegetais. Em sistemas de manejo que

permitem a entrada maior de matéria orgânica, como o sistema orgânico de cultivo, ou que diminuam o distúrbio físico do solo pela aração, como o plantio direto, há uma tendência de se aumentar a massa do solo. Segundo Gama-Rodrigues (1999), a massa microbiana do solo constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica. Considerando a importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da massa microbiana podem fornecer subsídios para o planejamento do uso correto da terra (D'Andréa et al, 2002). Ainda segundo D'Andréa et al (2002), a instalação de pastagens e sistemas de manejos agrícolas em área de cerrado nativo reduz os teores de carbono da massa microbiana na camada superficial do solo, sendo maior em áreas com plantios convencionais. Atualmente, os métodos de respiração induzida pelo substrato, da fumigação-incubação e da fumigação-extração são os mais utilizados para a quantificação da biomassa microbiana.

- b) *RESPIRAÇÃO BASAL*: A respiração basal é definida como sendo a respiração sem adição de substratos orgânicos ao solo e pode ser avaliada através da produção de CO₂ ou consumo de O₂ (Alef et al. 1995). É o parâmetro mais antigo utilizado na quantificação da atividade metabólica dos solos. É dependente do estado fisiológico da célula e influenciada por diversos fatores no solo tais como umidade, temperatura, estrutura do solo e disponibilidade de nutrientes (Carvalho, 2005).
- c) *COEFICIENTE METABÓLICO*: O quociente metabólico é calculado pela razão entre a taxa de respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993). Segundo Anderson & Domsch (1993) o quociente metabólico é um componente relevante na avaliação dos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a atividade microbiana no solo.

Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo é considerada um atributo da qualidade do solo (Larson & Pierce, 1991) e um atributo de qualidade ambiental (Smith et al, 2000). Está envolvida e relacionada com muitas das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Portanto, é necessário conhecer o papel multifuncional que a matéria orgânica exerce sobre a qualidade do solo (Carter, 2002).

Pode ser definida como a fração do solo composta de qualquer material que tem ou que já tenha tido vida, isto é, que seja orgânico. Isso inclui restos de animais e de vegetais em diversos estágios de decomposição, células e restos de organismos, e substâncias das raízes da planta e da microbiota do solo (USDA, 1996). É formada principalmente por carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), fósforo (P) e enxofre (S). Grande parte da matéria orgânica é transitória, sendo continuamente renovada com a adição de novos resíduos vegetais e animais. Segundo Hungria & Vargas (1997) a matéria orgânica do solo possui um componente vivo e um morto. O componente morto, que representa mais de 95% da matéria orgânica, pode ser subdividido em fração leve (matéria macrororgânica) e em fração pesada (substâncias húmicas e substâncias não húmicas que são aquelas com características físicas e químicas reconhecidas, como carboidratos, proteínas, aminoácidos e etc). O papel desempenhado pela matéria orgânica em termos ambientais é extremamente relevante ao desenvolvimento sustentável da agricultura (Figura 12). Para a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), a adição de matéria orgânica ao solo apresenta efeitos condicionadores e efeitos sobre os nutrientes. Dentre os principais efeitos condicionadores destacam-se: a elevação da capacidade de troca catiônica; a maior agregação das partículas do solo reduzindo a susceptibilidade à erosão; a redução da plasticidade e coesão do solo favorecendo as operações de preparo; o aumento da capacidade de retenção de água e uma maior estabilidade da temperatura do solo. Dentre os efeitos sobre os nutrientes podemos destacar: o aumento da disponibilidade dos nutrientes por meio de processos de mineralização; a contribuição para a diminuição da fixação de fósforo no solo; a liberação dos ácidos orgânicos pela decomposição da matéria orgânica, levando a uma maior solubilização de minerais do solo e aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Um bom manejo da matéria orgânica é a chave para se alcançar uma boa qualidade não apenas do solo, mas também da água e do ar.

Para Hungria & Vargas (1997), a fonte primária de produção da matéria orgânica é a fotossíntese que, através de reações fotoquímicas, utiliza a energia solar, fixando o carbono atmosférico e transformando-o em compostos orgânicos. A partir daí, os compostos podem retornar diretamente ao solo na forma de resíduos culturais ou como resíduos animais e seus excrementos, após passar pela cadeia alimentar dos seres heterotróficos em seus diversos estágios.



Figura 12. Práticas adequadas de manejo visando o aumento da matéria orgânica no solo.

Fonte: http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_organic_matter/som.html

Mensurar o teor de matéria orgânica é relativamente simples e direto, havendo pouca necessidade de se avaliar um indicador. Entretanto, é difícil mensurar pequenas mudanças na matéria orgânica do solo. Estudos recentes mostram que alguns atributos da matéria orgânica (massa microbiana e mineralização do carbono) são muito sensíveis a mudanças em sua totalidade, e podem ser utilizados, baseados em métodos relativamente simples e diretos, como indicadores de alterações. As frações pesadas e leves da matéria orgânica, juntamente com a massa microbiana são os grandes responsáveis pelas alterações na entrada de carbono no solo e podem fornecer uma avaliação antes mesmo de qualquer alteração no total da matéria orgânica do solo (Carter, 2002).

Segundo Carter (2002), a principal estratégia para o aumento da matéria orgânica é procurar aumentar a produção primária, mediante, por exemplo, a utilização de culturas perenes, a nutrição de plantas e aumento da proporção da produção primária que retorna ou é retida no solo. Se o teor inicial de matéria orgânica estiver abaixo do normal, a capacidade do solo em armazenar matéria orgânica e o próprio teor da matéria no solo irá aumentar linearmente com a entrada de matéria orgânica. O sistema de

plantio direto e práticas como a rotação de culturas e redução do plantio, podem ser utilizadas para se aumentar a quantidade da matéria orgânica do solo.

O Departamento de Agricultura Americano (USDA, 1996) preconiza como formas de se aumentar o teor de matéria orgânica do solo, o aumento da produtividade vegetal obtida por meio de diversas práticas tais como: irrigação bem manejada, fertilização para se aumentar a produção da biomassa, utilização de coberturas vegetais, introdução de plantas que produzam uma maior biomassa, reflorestamento e restauração da terra. Outro caminho seria aumentar a reserva de matéria orgânica através da utilização de forrageiras, do controle de insetos e pragas, da proteção da área contra incêndios e da aplicação de restos de animais e vegetais sobre o solo. Uma terceira via para aumentar o teor de matéria orgânica seria a diminuição da perda por decomposição que poderia ser feita diminuindo-se o cultivo do solo ou mantendo o solo saturado com água, embora esta prática possa trazer outros problemas.

A matéria orgânica do solo pode ser perdida pelo processo de erosão. Este processo separa e transporta partículas ricas em matéria orgânica. Esta também é utilizada pelos componentes da microbiota do solo como fonte de nutrientes e de energia para seu metabolismo. Uma parte dela é incorporada aos microorganismos, sendo retida juntamente com grande parte do fósforo e enxofre. Porém, a maior parte é liberada na forma de CO₂ (dióxido de carbono) e na forma de gás nitrogênio. Quando o solo se encontra coberto, a matéria orgânica é decomposta de forma rápida devido às mudanças nas condições de temperatura e água. A quantidade de matéria orgânica perdida com o desflorestamento e a retirada da cobertura vegetal varia de acordo com o tipo de solo, mas a maior parte desta é perdida nos primeiros 10 anos de uso. A taxa de decomposição é bastante lenta a temperaturas abaixo de 4°C, podendo aumentar rapidamente com a elevação da temperatura. As perdas de matéria orgânica pela decomposição aeróbica são bem superiores quando comparadas com as perdas pela decomposição anaeróbica (USDA, 1996).

A aplicação de adubos orgânicos tem efeitos benéficos às plantas, quando provenientes de material de boa qualidade e em quantidades adequadas. O adubo orgânico, misturado com o solo retirado das covas, além de liberar nutrientes, permite maior aeração e retenção de água no ambiente radicular, fatores importantes no desenvolvimento inicial das plantas. Em geral, os esterco de origem animal contém quase todos, os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, principalmente nitrogênio e potássio. Outros elementos, tais como o fósforo e outros micronutrientes,

estão em quantidades menores sendo necessário, algumas vezes, a sua complementação (Sousa & Lobato 2004).

SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO X DEMAIS SISTEMAS DE CULTIVO

O sistema orgânico de cultivo difere do sistema convencional e da produção principalmente por apresentar, como suporte, uma base ideológica e um grupo de apoio frequentemente ativo e bem estabilizado, e que na maioria das vezes não é formado somente por produtores.

O sistema de preparo convencional é o mais empregado no Brasil, sendo caracterizado pelo uso intenso de grades pesadas e niveladoras, com um grande número de operações anuais, produzindo a desagregação e o encrostamento superficial do solo (Hernani et al.1997). O revolvimento causado pelo preparo convencional quebra e destrói a estrutura do solo, e em geral a camada superficial fica pulverizada, ou seja, sem estruturas, enquanto que as camadas mais profundas, que não são alcançadas pelos arados e grades, tornam-se adensadas e compactadas (Galeti, 1985). Não há uma definição clara do que seja sistema de preparo convencional, pois todos os sistemas que envolvem revolvimento do solo são caracterizados como convencionais. Dessa forma, é difícil generalizar o termo sistema convencional de cultivo, pois pode estar se referindo à sistemas completamente diferentes em sua concepção e, também em relação às suas conseqüências sobre a qualidade do solo (Costa, et al. 2006).

Uma característica em especial e que realmente distingue o sistema orgânico de cultivo dos demais sistemas é a não utilização de minerais solúveis como fertilizantes e pesticidas sintéticos em favor da utilização de métodos naturais. Segundo Trewavas (2004), há três pressupostos sobre este sistema que precisam ser verificados: (1) o alimento orgânico é mais saudável porque não possui resíduos tóxicos; (2) a estrutura do solo em áreas sob sistema orgânico é melhor, conduzindo a uma menor poluição de nitrato e é mais saudável para a planta; (3) ambientalmente, o sistema orgânico é melhor que outros sistemas agrícolas e é livre de produtos químicos.

Uma das principais afirmações da corrente orgânica tem sido a suposta melhora na fertilidade e na estrutura do solo, estando diretamente relacionada ao teor de matéria orgânica. Com o aumento da matéria orgânica no solo espera-se que haja também um aumento no número de microorganismos, promovendo assim, uma maior diversidade microbiológica. Seria, portanto, correto afirmar que no sistema orgânico de cultivo o solo apresentaria uma maior diversidade microbiana, e assim, aumentaria a qualidade do

solo. Entretanto, Trewavas (2004) afirma que um grande número de microorganismos é necessário apenas se a matéria orgânica for incorporada, objetivando-se a liberação de minerais para o crescimento da planta.

O Ministério da Agricultura do Reino Unido concluiu em 1999 que o sistema orgânico de cultivo traz vários benefícios ao meio ambiente, incluindo uma melhoria na qualidade do solo e uma redução na poluição ambiental, principalmente aquelas provocadas pelo uso de inseticidas e agrotóxicos. Entretanto, assim como outras, estas conclusões podem estar bastante ultrapassadas, uma vez que o sistema convencional de produção tem tido uma melhora muito grande com os resultados de pesquisas e de consultorias agronômicas (Trewavas, 2004).

Alguns trabalhos no Brasil relatam as principais diferenças entre estes sistemas de cultivo. Entretanto, nenhum deles trata especificamente da qualidade do solo. Darolt, et al. (2003), por exemplo, mostraram, de forma comparativa, algumas das principais diferenças do cultivo orgânico e convencional da batata comum. Um dos resultados deste trabalho mostrou que, quanto ao preparo do solo, praticamente não há diferença. Entretanto, em relação ao processo de fertilização, além das diferenças técnicas, havia também uma grande diferença nas abordagens. Com os resultados, foi possível a elaboração de um quadro comparativo (Tabela 4).

Tabela 4. Principais diferenças entre o sistema de produção orgânico e convencional da batata comum.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMAS DE CULTIVO	
	CONVENCIONAL	ORGÂNICO
Preparo de Solo	Aração, gradagem, abertura de sulco;	Aração, gradagem, abertura de sulco;
Fertilização	Uso de adubos químicos altamente solúveis (uréia, super fosfato simples, cloreto de potássio, NPK, etc.)	Uso de adubos orgânicos (esterco, biofertilizantes, compostos, adubos verdes, rochas naturais moídas)
Controle de pragas e doenças	Uso de produtos químicos (inseticidas, fungicidas e nematicidas);	A base de medidas preventivas e produtos naturais pouco tóxicos (Caldas Bordaleza, Sulfocálcica, Extrato de Nim, iscas, armadilhas)
Controle de invasoras	Uso de herbicidas ou controle integrado (incluindo químico)	Controle mecânico na fase de amontoa, seguido de capinas manuais
Produtividade	400 sacas / hectare	206 sacas/hectare

Alguns produtores têm optado por alterar o manejo em suas áreas, deixando o sistema convencional de produção e passando para o sistema orgânico de produção. Entretanto, esta “conversão” não pode ser feita aleatoriamente. Conforme Feiden, et al. (2002) uma das primeiras medidas, quando se pensa em um projeto de conversão, é fazer um diagnóstico para identificar as causas dos fatores desfavoráveis, de modo a adotar, na medida do possível, correções adequadas, visando à sustentabilidade do sistema de agricultura orgânica a ser implantado.

Feiden et al. (2002) afirmam que para o processo de conversão pode-se pensar em estratégias, considerando os aspectos favoráveis e não favoráveis à adoção da agricultura orgânica. Como aspectos favoráveis ao novo sistema de produção há que se considerar: ausência de impedimentos físicos difíceis de serem corrigidos; boa fertilidade, entendida num sentido amplo, isto é, do ponto de vista físico (boa estrutura, porosidade e capacidade de retenção de água), biológico (biota do solo ativa e diversificada) e químico (bom equilíbrio entre os elementos e bom teor de matéria orgânica); ausência de problemas fitossanitários significativos no solo (ex.: nematóides); ausência de resíduos de pesticidas de alta persistência e de metais pesados; possibilidade de irrigação com água de boa qualidade e livre de contaminação; sistemas

de policultivos culturais e de criação que permitem certa autonomia, mais fáceis de serem convertidos que sistemas de monoculturas; uso de práticas agrícolas conservacionistas, tradicionais ou modernas, que evitam a erosão e o uso de práticas de rotação de culturas ou associações com leguminosas e adubação verde. Essas práticas, além da melhorarem a fertilidade do solo, promovem a biodiversidade, que normalmente minimiza os problemas fitossanitários e contribui diretamente para maior autonomia dos sistemas em proteínas, para alimentação da criação, e autonomia, parcial ou total, em nitrogênio; otimização do uso de espécies de plantas que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio. Em relação às condições técnicas: disponibilidade de tecnologia eficaz e adaptada conforme as normas técnicas da agricultura orgânica; presença de assistência técnica local habilitada em agricultura orgânica; ausência de problemas técnicos não possíveis de serem resolvidos de acordo com o manual técnico de produção orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Alimentos orgânicos: selo para garantir origem e qualidade**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2000. 66 p;

ALEF, K.; NANNIPIERRE, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 1995.

ANDERSON, D.W.; GREGORICH, E.G. Effects of soil erosion on soil quality and productivity (1984). In: CARTER, M.R. *Soil Quality for Sustainable Land management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions*. **Agronomy Journal**, Vol.94, January-February 2002.

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

ANDREWS, S.S; CARROLL, C.R. Designing a decision tool for sustainable agroecosystem management: Soil quality assessment of a poultry litter management case study. **Ecological Applications** 11 (6), 1573 – 1585. 2001

ANDRADE, A R. S; GUERRINI, I.V.A; GARCIA, C.J.B; KATEZ, I.; GUERRA, H.O.G. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. **Ciências Agrotécnicas de Lavras** v. 29, nº. 2, p.322-329. 2005.

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

BENDING, G.D; PUTLAND, C.; RAYNS, F. Changes in Microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. **Biological Fertility Soil (2000)**. V. 31: 78-84

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F **Conservação do solo**. 3º ed. ICONE. São Paulo. 1990. 335p;

BONILLA, J. A. **Fundamentos da agricultura ecológica**. São Paulo: Nobel, 1992.

BURGER, J.A.; KELTING, D.L. Using soil quality indicators to assess forest stand management. **For. Ecol. Manage.** 122:155-166, 1999.

CARTER, M.R. *Soil Quality for Sustainable Land management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions*. **Agronomy Journal**, Vol.94, January-February 2002.

CARTER, M.R.; GREGORICH, E.G.; ANDERSON, D.W.; DORAN, J.W.; JANZEN, H.H.; PIERCE, F.J. **Concepts of soil quality and their significance**. 1997

CARVALHO, F de. Atributos Bioquímicos como Indicadores da Qualidade do Solo em Florestas de *Araucária angustifolia* (Bert.) O.Ktze. No estado de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. Piracicaba São Paulo, 2005.

CHABOUSSOU, F. La Trophobiose et la protection de la plante. Revue des Questions Scientifiques, Bruxelles, 143: 27-47. 1972. In: AMBROSANO, E.J & GUIRADO, N. Agricultura Ecológica, **O Agrônomo**, Campinas, 54(2), 2002

CHAER, Guilherme Montandon. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. **Dissertação de Mestrado** apresentando à Universidade Federal de Viçosa. 2001.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5º aproximação. Viçosa 1999.

CORREIA, J.R.; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: **Cerrado: correção do solo e adubação**. Editores Técnicos: Djalma Martinhão Gomes de Sousa e Edson Lobato. 2º ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. Qualidade do solo submetido a sistema de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.7, p.1185 – 1191, Brasília, 2006.

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

DAROLT, M; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISSELO, A. RUPPEL, O. Análise Comparativa entre o sistema orgânico e convencional da Batata. **Boletim Informativo do Instituto Agrônomo do Paraná IAPAR**, 2003.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. et al. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison: ASA/SSSA**, 1994. p.3–21.

DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil Healthy and Sustainability. **Adv. Agron.** 56:1-54, 1996.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indications of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W & JONES, A.J., ed. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996. p.231-245. (SSSA Special Publication, 49)

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment* v.81, 2000

EDWARDS, C.A. The concept of integrated systems in lower input/sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 2 (4), 148– 152. 1987.

EMBRAPA **Manual de Métodos de Análise do Solo**, 2º Edição, 1997;

EHLERS, E. O que se entende por agricultura sustentável? **Dissertação de Mestrado**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental/USP, 1993.

EHLERS, E **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 1ºed, São Paulo, 1996;

EHLERS, E. **Por que Sir. Albert Howard é considerado o "pai" da Agricultura Orgânica?** www.aao.org.br/ahoward.aps (2005)

FAO. World agriculture: towards 2015/2030 An FAO perspective. 2003.

FEIDEN, A.; ALMEIDA, D.L.; VITOI, V.; ASSIS, R.L.De. Processo de Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de produção Orgânica. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n.2, p.179-204, 2002.

FELICONIO, A.E.G. Certificação de Sistemas de Produção Não Convencionais: da Agricultura Orgânica à Agroecologia. **Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade**. Área de Concentração em Sociedade e Agricultura. UFRJ, 2002.

FRADE, C. Oliveira. A construção de um espaço para pensar e praticar a Agroecologia na UFRRJ e seus arredores. **Dissertação de Mestrado**. Rio de Janeiro: CPDA/UFRRJ, 2000.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.395-405, 1999.

GALETI, P.A. **Práticas de controle à erosão**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 1985.

GAMA-RODRIGUES, E.F.da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A & CAMARGO, F.A. de O. (Eds.) **Fundamentos da Matéria Orgânica**. Porto Alegre: Gênese, 1999.

GOEDERT, Wenceslau J. – Qualidade do Solo em Sistemas de Produção Agrícola – **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2005;

HERNANI, L.C.; SANTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; DEDECECK, R.; ALVES, J. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de solo de um Latossolo Roxo de Dourados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1997.

HUNGRIA, M.; VARGAS M.A.T. **Biologia dos solos dos cerrados**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1997.

INSTITUTO BIODINÂMICO (IBD). Material para consulta disponível no endereço eletrônico <http://www.ibd.com.br/certificacao/duvidas.htm>.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil Water Conserve**, 55:69-78, 2000.

KARLEN, D.L.; MAUSBACK, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil Quality: A conception, definition, and framework for evaluations. **Soil Science Society of America Journal**. 61:4-10. 1997.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bzedicek, D. F.; Stewart, B. A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, WI, **Soil Science Society of America**, 1994, p. 53–72 (Special Publication, 35).

KIEHL, E J – **Fertilizantes Orgânicos**. Ed. Agrônômica “CERES”, Piracicaba – SP, 1985;

KOHNKE, H. **Soil physics**. New York, MacGrow-Hill, 1968.

LAL, R.L. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos**; tradução e adaptação de MEDUNGO, CC & DYNIA, J.F. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente 1999. 97p.

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. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub.**, 35:37-52, 1994.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality, 1991. In: CARTER, M.R. Soil Quality for Sustainable Land management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. **Agronomy Journal**, Vol.94, January-February, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Relatório anual de produção orgânica**, 2006. Brasília, DF.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Pró-Orgânico. Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica**, 2004-2007

PAPA, R.A. Avaliação da Aptidão Agrícola e Determinação da Qualidade de Solos do Distrito Federal. **Monografia de Graduação**, Universidade de Brasília – UnB, 2006.

RAIJ, BERNADO VAN. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Editora Agronômica Ceres. 1991.

RESENDE, M; CURI, N; DE REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia – base para distinção de ambientes**. 4º ed. NEPUT. Viçosa. 2002.

SANTANA, D P.; BAHIA FILHO, A. F.C. – Indicadores de Qualidade do Solo – **XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 1999;

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M. M. Atributos Físicos Indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciênc. Agrotec, Lavras**, v.29, n.4, p.719-730, jul./ago, 2005.

SHEPHERD, M.; PEARCE, B.; CORMACK, B.; PHILIPPS,L.; CUTTLE, S.; BHOGALI, A.; COSTIGANS, P.; UNWIN, P. An Assessment of the Environmental Impacts of Organic Farming: **A review for Defra-funded project OF0405**. 80p. 2003.

SMITH. O.H.; PETERSEN, G.W.; NEEDELMAN, B.A. Environmental indicators of agroecosystems. **Adv. Agron.** 69:75–97, 2000.

SOUSA, D.M.M. & LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação** 2º edição. EMBRAPA, 2004.

SOUZA, J.; RESENDE, P. – **Manual de Horticultura Orgânica** – Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.

SOUZA, A.L.V. Avaliação da Qualidade de um Latossolos Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob Floresta Natural. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia, 2005.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.

TREWAVAS, A. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. **Crop Protection** nº 23 757-781. 2004

USDA (United States Department of Agriculture). **Relatório e recomendações sobre a agricultura orgânica**, Brasília: CNPq/Coord. Editorial, 1984, p.24.

USDA (United States Department of Agriculture). **Soil Quality Information Sheet**. Soil Quality Indicators: Organic Matter, 1996

USDA (United States Department of Agriculture). **Soil Quality Information Sheet**. Soil Quality – Introduction, 2001.

USDA (United States Department of Agriculture). Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning, 2001.

USDA (United States Department of Agriculture). **Soil Quality Thunderbook**. A Note about Soil Quality and the Thunderbook, 2004.

YUSSEF, M. Organic Farming Worldwide 2006: Overview & Main Statistics. **World of Organic Agriculture Statistics & emerging trends** 2006. IFOAM, 2006

MARKETING, B.P. The changing concept of soil quality. **Journal soil water conserve**. 50:226-228. 1995

CAPÍTULO ÚNICO

Trabalho a ser encaminhado para a Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo em quatro áreas sob sistema orgânico de cultivo, localizadas em propriedade comercial, por diferentes tempos de uso: 1, 4, 7 e 10 anos. Para cada área foram avaliados os seguintes indicadores de qualidade do solo, em duas profundidades: densidade do solo, porosidade total, estabilidade dos agregados, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, carbono total da massa microbiana, respiração basal e quociente metabólico. Tomando-se como referência os dados obtidos para três destes indicadores (porosidade, matéria orgânica e quociente metabólico) foi elaborado um diagrama comparativo e calculado um índice de qualidade do solo para cada área avaliada. Os resultados evidenciaram uma melhoria na qualidade do solo sob sistema orgânico de cultivo, em função do tempo de cultivo. Evidenciaram, ainda, que os indicadores químicos e biológicos foram mais sensíveis na avaliação da qualidade do solo quando comparados aos indicadores físicos.

Termos para indexação: porosidade do solo, matéria orgânica do solo, coeficiente metabólico, agricultura orgânica.

EVALUATION OF SOIL QUALITY IN ORGANIC CULTIVATION SYSTEM

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the soil quality in four farming areas utilizing organic cultivation system, with different periods: 1, 4, 7 and 10 years. The following soil quality indicators were evaluated in each area, in two soil layers (0-15 and 15-30 cm): bulk density, soil porosity, aggregate stability, organic matter content, cation exchange capacity, microbial biomass carbon, basal respiration and metabolic quotient. Using data obtained for three of these indicators (soil porosity, organic matter and metabolic quotient), a comparative diagram was elaborated and a soil quality index was calculated for each area evaluated. The results have shown an improvement in soil quality under organic cultivation in function of cropping time. Furthermore, indicated that chemical and biological indicators were more sensitive in soil quality assessments, compared to physical ones.

Index terms: soil porosity, soil organic matter, metabolic coefficient, organic agriculture.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o sistema orgânico de cultivo vem despontando como um dos mercados mais promissores dentro da agricultura brasileira e mundial. Segundo Ehlers (1996) a “agricultura orgânica é um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de fertilizantes, agrotóxicos, reguladores de crescimento e aditivos para a produção vegetal e da alimentação animal, elaborados sinteticamente. Tanto quanto possível, os sistemas agrícolas orgânicos dependem de rotações de culturas, de restos de culturas, esterco de animais, de leguminosas, de adubos verdes e de resíduos orgânicos de fora das fazendas, bem como de cultivo mecânico, rochas e minerais e aspectos de controle biológico de pragas e patógenos, para manter a produtividade e a estrutura do solo, fornecer nutrientes para as plantas e controlar insetos, ervas invasoras e outras pragas”.

Os principais objetivos do sistema de cultivo orgânico são: desenvolver e adaptar tecnologias às condições sociais, econômicas e ecológicas de cada região; trabalhar a propriedade rural dentro de um enfoque sistêmico envolvendo todas as atividades da mesma; priorizar a propriedade familiar; promover a diversificação da fauna e da flora; preservar o solo, evitando a erosão e conservando suas propriedades físicas, químicas e biológicas; manter a qualidade da água, evitando contaminações por produtos químicos ou biológicos nocivos, buscando a produtividade ótima e não a máxima; preservar a saúde dos produtores e dos consumidores; promover o equilíbrio ecológico das unidades de produção da propriedade; controlar os desequilíbrios ecológicos pelo manejo fitossanitário e promover a auto-suficiência econômica e energética da propriedade rural. Em relação aos princípios da agricultura orgânica podem ser destacadas a construção e a conversão de agroecossistemas produtivos; a diversificação e equilíbrio ecológico; a teoria da trofobiose e a reciclagem da matéria orgânica (Sousa & Resende, 2003).

Paralelamente ao crescimento deste sistema de produção, há também uma crescente preocupação em se aumentar a produção de alimentos tentando atender as demandas resultantes do aumento populacional. Este cenário gera uma pressão pelo uso intensivo dos recursos naturais, principalmente do solo, resultando na diminuição brusca de sua qualidade, ou seja, reduzindo sua capacidade produtiva e comprometendo a qualidade ambiental e a saúde de todos os organismos envolvidos no ambiente.

Muitas vezes, o ímpeto em definir e avaliar a qualidade do solo vem de fora da comunidade científica, mostrando assim, o interesse e o cuidado da sociedade com as

questões ambientais. Contudo, devido a grande preocupação com a degradação do solo e a necessidade de um manejo sustentável, a comunidade científica tem buscado caracterizar a qualidade do solo. A idéia de que um ecossistema atue como um processo, um atributo, um indicador, ou até mesmo como uma função, tem levado muitos pesquisadores a tentar descrever a qualidade do solo (Larson & Pierce, 1991, 1994; Doran & Parkin, 1994; Doran et al., 1996). Contudo, uma definição precisa permanece difícil de alcançar (Carter, 2002). Segundo Doran & Parkin (1994) a qualidade do solo seria “a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana”.

A qualidade de um solo pode ser avaliada segundo uma série de atributos ou indicadores. Estes indicadores de qualidade são importantes para: focar os esforços de conservação em melhoria das condições do solo, avaliar práticas e técnicas de manejo de solo, relacionar qualidade do solo com outros recursos, coletar as informações necessárias para determinar tendências de mudanças na qualidade do solo e orientar as decisões de manejo (Santana & Bahia Filho, 1999). Segundo Goedert (2005), os indicadores mais frequentemente utilizados para avaliar a qualidade do solo são: atributos de natureza física como a densidade do solo, porosidade total, resistência mecânica à penetração, grau de flocculação, estabilidade de agregados, proporção entre macro e microporos, curva de retenção de água e características da infiltração da água no solo; atributos de natureza química como o teor de matéria orgânica, a capacidade de troca catiônica, balanço de nutrientes e capacidade de adsorção de íons fosfatos (estimada rotineiramente pela determinação do fósforo remanescente) e atributos de natureza biológica como o carbono da massa microbiana, respiração basal e quociente metabólico.

Uma das principais afirmações da corrente orgânica tem sido a suposta melhora na fertilidade e na estrutura do solo. A matéria orgânica está intimamente relacionada à fertilidade do solo, pois é importante para a manutenção das boas condições físicas do solo que contribuem na fertilidade, além de ser uma importante reserva de nutriente. Vários trabalhos a respeito dos efeitos ambientais da produção orgânica corroboram para a idéia de que a matéria orgânica, a atividade biológica e a estrutura do solo são aspectos importantes para a qualidade do solo (Shepherd et al. 2003). Um amplo estudo feito no Reino Unido com solos sob os dois sistemas de manejo (Shepherd et al. 2003)

mostrou que o sistema de produção em si não é capaz de promover uma melhor qualidade do solo, mas sim o total e a qualidade da matéria orgânica que retorna ao solo. Surpreendentemente, o estudo mostrou poucas diferenças no total de matéria orgânica que fora encontrada entre o manejo orgânico e o convencional e, dentro daquelas diferenças consideradas triviais, o percentual entre elas era de apenas 20% (Trewavas, 2004).

Embora haja vários trabalhos publicados, como D'Andréa et al. (2002), Silva et al. (2005) e Conceição et al (2005), que relatam a qualidade do solo por meio de análise de atributos físicos, químicos ou biológicos, em diferentes sistemas de manejo, poucos ou até mesmo nenhum mostra a qualidade do solo sob sistema orgânico de cultivo. Contudo, o crescimento do sistema orgânico trouxe à tona o seguinte questionamento: como será a qualidade do solo sob o sistema orgânico de cultivo? Será que o manejo próprio do sistema orgânico como a adição constante de matéria orgânica e o pouco revolvimento do solo são fatores diferenciadores na qualidade do solo quando comparados com demais sistemas agrícolas de produção?

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade do solo sob o sistema orgânico de cultivo, em diferentes períodos de cultivo, em um Latossolo mediante a quantificação de alguns atributos de natureza física, química e biológica, em duas camadas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Malunga situada na Colônia Agrícola Lamarão, a 70 km de Brasília. Totalizando uma área de 129 hectares é uma propriedade certificada pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD), onde as principais atividades da fazenda se concentram principalmente na olericultura, fruticultura, avicultura e pecuária.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado de textura argilosa (Embrapa, 1999). A propriedade é dividida em talhões que são manejados de forma a se obter o melhor aproveitamento possível, utilizando-se rotação de culturas e um consórcio de adubos verdes com olerícolas e frutíferas, além de pastagens. Os talhões são separados por barreiras naturais formadas, principalmente, por espécies de grande porte como flor de mel (*Tithomia diversifolia*), banana (*Musa spp.*) e o mamão (*Carica papaya*).

A qualidade do solo foi avaliada em quatro áreas com diferentes tempos de uso.

a) **Área 1:** É a mais recente da propriedade, tendo sido aberta em 2005. Após a abertura foi feita uma calagem com calcário calcítico e, em seguida, foram utilizados 8 litros/m² de um composto orgânico a base de capim e esterco de gado. Nesta área é realizado um esquema de rotação que inclui hortaliças e um adubo verde, na seguinte seqüência: alface roxa, cenoura e aveia preta. Além disso, há a aplicação do fertilizante termofosfato magnésiano que é realizada de acordo com a necessidade após análises químicas. Durante o período de coleta das amostras de solo a área encontrava-se com cultivo de cenoura tendo sido irrigada durante as primeiras horas do dia.



Figura 13. Área 1, Fazenda Malunga, Brasília - DF.

b) **Área 2:** Sob cultivo há aproximadamente quatro anos, a área 2, também foi calcariada após a abertura. Área utilizada para o plantio de hortaliças, atualmente encontra-se sob cultivo rotacionado de acelga, couve-brócolos e pepino. Para fins de manejo, há a rotação entre as hortaliças e o milho, utilizado como adubo verde, obedecendo-se à seguinte seqüência: acelga, couve-brócolos, pepino e milho. Utiliza-se em média, 1 litro/m² do composto orgânico a base de capim e esterco de gado. Durante o período de coleta das amostras de solo a área encontrava-se com cultivo de couve-brócolos, tendo sido irrigada durante as primeiras horas do dia.



Figura 14. Área 2 Fazenda Malunga, Brasília - DF.

c) **Área 3:** Sob cultivo há aproximadamente sete anos. Após a abertura, a área também foi calcariada. Diferentemente das demais áreas, o manejo da área é feito mediante consórcio de apenas 2 culturas: um adubo verde (milho) e hortaliça (acelga). O milho sempre é utilizado primeiramente, sendo rotacionado com a acelga. Quando necessário, após análises químicas, há a aplicação do termofosfato magnésico. O composto orgânico utilizado é o mesmo que na área anterior, 1 litro/m², tendo a mesma composição utilizada nas áreas anteriores. A área também foi irrigada durante as primeiras horas do dia



Figura 15. Área 3, Fazenda Malunga, Brasília - DF.

d) **Área 4:** Sob cultivo há dez anos, trata-se de uma área com manejo bastante diferenciado em relação às demais. Não há um sistema de irrigação próprio nem uma adubação orgânica. A irrigação da área é feita apenas com a chuva, o que faz com que o teor de água seja bastante diferente das demais. Outro ponto a ser considerado é que, uma vez que não há adição de composto orgânico, a matéria orgânica é originária da morte e decomposição de raízes das gramíneas, caracterizando a entrada da mesma por baixo do solo. Embora não seja a única área de pastagem da propriedade, a área 4 é utilizada para o pasto (Tifton) visando a produção de leite orgânico.



Figura 16. Área 4, Fazenda Malunga, Brasília - DF.

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO AVALIADOS

Atributos químicos

A coleta de amostras para as análises químicas foi realizada com amostras deformadas compostas de solo que foram coletadas com trado, em duas camadas de solo, 0-15 e 15-30 cm, com quatro repetições e oito subamostras, em março de 2007. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da unidade da Embrapa Hortaliças (CNPq), seguindo a metodologia descrita pelo EMBRAPA (1997).

Foram analisados, seguindo-se a metodologia descrita pela Embrapa (1997), os seguintes atributos: pH (H₂O), fósforo, potássio, sódio, enxofre, alumínio, acidez potencial, cálcio, magnésio, matéria orgânica, além de micronutrientes. A CTC foi obtida através da soma de cátions trocáveis com a acidez potencial, conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Atributos físicos

Para a avaliação física do solo foram quantificados os seguintes atributos: densidade do solo, resistência mecânica a penetração, porosidade total e estabilidade dos agregados.

A resistência à penetração foi determinada com o auxílio do instrumento denominado penetrômetro que possui as seguintes características: comprimento de haste igual a 40 cm e diâmetro máximo do cone de 1,5 cm, acoplados a um manômetro. A leitura foi feita diretamente no aparelho, sendo que este era zerado antes de cada nova leitura. Os intervalos amostrais foram de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35 e 35-40 cm, com um total de oito repetições por área.

Para a análise da densidade do solo, porosidade total e estabilidade de agregados foram coletadas amostras indeformadas de solo nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Para cada atributo avaliado, foram feitas quatro repetições por área estudada, utilizando-se as duas profundidades.

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas pelo método do anel volumétrico com o auxílio do amostrador, conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997). As análises foram feitas no Laboratório de Física dos Solos da Universidade de Brasília. Para a determinação numérica foi utilizada a seguinte expressão (1) abaixo (Embrapa, 1997):

$$D_s = P_s / V_c \quad (1)$$

Onde:

P_s = Massa da amostra seca a 105°C (g)

V_c = Volume do cilindro (100 cm³)

A determinação da densidade de partículas (D_p) foi feita pelo método do balão Volumétrico, com a utilização de álcool etílico segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997). Para fins de cálculo foi utilizada a seguinte expressão (2):

$$D_p = P_s / (50 - V_a) \quad (2)$$

Onde:

P_s = Massa da amostra seca a 105°C (g)

V_a = Volume de álcool gasto (cm³)

Em posse dos valores da densidade de partículas e da densidade aparente foi obtido o valor da porosidade total (P_t), também seguindo a metodologia indicada pela Embrapa (1997). Para efeitos de cálculos, a determinação da porosidade foi obtida pela seguinte expressão (3):

$$P_t = (100 * (D_p - D_s) / D_s)$$

Onde:

D_p = densidade de partículas (g/cm³)

D_s = densidade aparente do solo (g/cm³)

A verificação da estabilidade dos agregados foi feita analisando-se o Diâmetro Médio Ponderado através do método de Yoder com o auxílio de um aparelho de oscilação vertical regulado para amplitude de 4 cm de altura e com uma frequência de 32 oscilações por minuto, conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Atributos biológicos

As amostras compostas de solo foram coletadas com trado na camada de 0-15 cm para a realização das análises biológicas, com quatro repetições e oito subamostras, em março de 2007. Em relação aos atributos biológicos foram analisadas as seguintes propriedades: respiração basal (R_b), carbono da massa microbiana (CBM) e Quociente metabólico ($q(CO_2)$).

O carbono da massa microbiana foi determinado pelo método da “fumigação-extração”, proposto por Vance et al. (1987).

Para a determinação da respiração basal foram utilizadas as mesmas amostras do carbono da massa microbiana, utilizando-se o método da fumigação – incubação, descrito pela Embrapa (1997).

O quociente metabólico, por sua vez, foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana.

Análise estatística e modelagem gráfica

Em um primeiro momento foram quantificados os principais indicadores de qualidade do solo: densidade de partículas, porosidade, resistência à penetração, diâmetro médio ponderado, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, respiração basal, carbono da massa microbiana e coeficiente metabólico. Os valores obtidos foram comparados estatisticamente com o auxílio do software estatístico *SAS Learning Edition 4.1*. A análise de variância e a comparação entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma vez analisados e comparados estatisticamente, os resultados foram apresentados e discutidos. Após esta etapa, para comparar a qualidade do solo, de forma integrada, nas quatro áreas sob cultivo orgânico, foram organizados modelos gráficos, computando-se os valores obtidos na camada superficial (0-15 cm) para apenas três atributos: porosidade do solo, teor de matéria orgânica e quociente metabólico.

Segundo Doran & Parkin (1994), um bom indicador deve integrar processos e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ser acessível aos diferentes usuários e aplicável em diversas condições de campo, ser sensível às variações do manejo e clima, mas, resistentes a flutuações em curto prazo e, sua determinação deve ser simples, acurada e de baixo custo. Baseado nestas características procedeu-se a escolha dos indicadores acima relatados: porosidade, teor de matéria orgânica e quociente metabólico.

Para a realização desta metodologia comparativa, foi desenvolvido um modelo baseado no trabalho de Islam & Weil (2000), onde para a montagem do modelo foram adotadas as seguintes premissas:

- a) Os valores de sustentabilidade propostos por Goedert (2005), foram adotados como referência para análise dos conjuntos de indicadores escolhidos;
- b) O conjunto de indicadores de qualidade do solo, físicos, químicos e biológicos foram considerados igualmente importantes para a determinação da qualidade do solo, sendo atribuído o mesmo peso no modelo.

Os valores obtidos para cada indicador foram plotados em diagrama com três eixos, sendo um para cada atributo. O índice de qualidade do solo (IQS) para cada

talhão foi então calculado, comparando-se a dimensão (área geométrica) do triângulo resultante para cada talhão com a do resultante para os valores referenciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos físicos

Densidade e porosidade do solo

Os valores médios de densidade do solo variaram entre 0,75 e 1,10 g cm⁻³, considerando-se tempo de uso e profundidade (Tabela 5) e apresentaram uma variação significativa, considerando-se a mesma profundidade em áreas com diferentes tempos de uso. Estatisticamente, apenas a área com quatro anos de uso, apresentou variação significativa entre as profundidades o que não ocorreu nas demais áreas (Tabela 5).

Trabalhos relatados pela literatura como Maria et al. (1999), Goedert et al. (2002), Camargo & Alleoni (1997) e Araújo et al. (2007) mostram que estes valores encontrados são considerados normais para Latossolos. Para Reichert et al. (2003) e Camargo & Alleoni (1997) os valores de densidade, considerando-se solos com textura argilosa, para serem considerados críticos para um bom desenvolvimento radicular devem estar abaixo de 1,55 g cm⁻³.

Embora a densidade do solo possa ter uma relação direta com o uso intensivo da área, os maiores valores para este indicador foram encontrados na área 2, que está sob cultivo orgânico há apenas quatro anos. Nesta área, o valor obtido foi superior ao nível crítico proposto por Goedert (2005). Entretanto, para Camargo & Alleoni (1997) e Costa et al. (2006), o valor de densidade encontrado nesta área está abaixo do nível crítico.

A área 4, área de pastagem e sob uso de cultivo orgânico há dez anos, apresentou, na camada superficial, o menor valor de densidade, contrapondo trabalhos como o realizado por Kondor & Júnior (1999), onde áreas com pastagens apresentam uma compactação, e consequentemente, uma maior densidade do solo, na primeira camada, ou seja, até 15 cm de profundidade. Uma possível explicação para estes valores seria o freqüente rodízio realizado entre as áreas de pastagens e o manejo diferenciado em relação às demais áreas.

Os valores obtidos para a densidade de partículas foram similares para todas as áreas estudadas variando entre 2,33 a 2,70 g cm⁻³.

Quanto aos valores de porosidade do solo, os dados da tabela 5 mostram uma variação significativa quando se comparam áreas com diferentes tempos de uso.

Entretanto, em relação às profundidades diferentes, considerando-se uma mesma área, houve variação significativa apenas na área 1 (um ano).

A porosidade é o volume de solo ocupado por ar e água. Os valores obtidos referentes à porosidade corroboram os dados obtidos na densidade do solo. Os resultados da tabela 5 mostram uma relação estreita e inversa entre densidade do solo e porosidade do solo. Ou seja, as áreas que apresentaram maiores valores de densidade do solo, registraram menor porosidade total.

Os valores encontrados para porosidade variam entre 56 a 70%, estando dentro da faixa de valores encontrados em trabalhos já relatados na literatura como de Camargo & Alleoni (1997), Goedert et al. (2002) e Carvalho et al. (2004), assim como também estão compatíveis com os valores propostos pelo modelo de sustentabilidade (Goedert, 2005).

Tabela 5. Valores médios de densidade do solo (g cm^{-3}) e de porosidade total (%) de duas camadas de solo em quatro áreas de cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Área (período)	Densidade do solo (g cm^{-3})		Porosidade do solo (%)	
	Camadas (cm)		Camadas (cm)	
	0 – 15	15 – 30	0 – 15	15 – 30
1 (um ano)	1,01 Aa	0,85 Aa	58,78 BCb	69,52 Aa
2 (quatro anos)	1,10 Aba	0,94 Ab	56,51 Ca	60,13 Aa
3 (sete anos)	0,89 BCa	0,85 Aa	64,80 Aba	66,54 Aa
4 (dez anos)	0,75 Ca	0,92 Aa	67,50 Aa	60,83 Aa

Para cada um dos atributos avaliados, as letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra, para cada atributo avaliado, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Diâmetro médio ponderado

Os resultados obtidos (Tabela 6) demonstraram não haver variação significativa entre áreas com diferentes tempos de uso e entre profundidades diferentes. Estes valores evidenciam que, mesmo com a utilização freqüente de implementos como a enxada rotativa, o que resultaria em uma maior pulverização do solo, há uma elevada estabilidade de agregados em todas as áreas. Isto ocorreu, possivelmente, devido a aplicação e a incorporação de matéria orgânica constantemente realizada na propriedade.

O diâmetro médio ponderado está relacionado a uma estabilidade de agregados. Esta estabilidade, por sua vez, relaciona-se com a resistência à ruptura de agregados, não apenas pelos agentes erosivos (chuva e vento), mas também pela utilização de máquinas e implementos. Um solo que apresenta uma boa estabilidade de agregados proporciona um melhor desenvolvimento radicular ocasionando um maior suprimento de nutrientes.

Alvarenga et al., (1999) mostraram que as características físicas do solo demonstram, de maneira geral, que à medida com que a área é utilizada há uma maior degradação na qualidade de seu solo. Segundo o autor, a alteração da estrutura, com sensível diminuição na macroporosidade, na porosidade total, nos agregados e aumento na microporosidade e na densidade do solo, além de provocar alteração no fluxo de água do solo, no fluxo de nutrientes e na atividade microbiana, atua, conseqüentemente, no desenvolvimento das culturas e no processo erosivo, que se intensifica a medida que a capacidade de infiltração diminui, tornando o solo mais suscetível ao efeito do impacto das gotas de chuva. Valores encontrados também apresentam similaridade com outros trabalhos já publicados como Watanabe et al., (2000) e Lopes et al., (2003).

Tabela 6. Valores médios de diâmetro médio ponderado de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Área (período)	Diâmetro Médio Ponderado (mm)	
	Camadas (cm)	
	0 – 15	15 – 30
1 (um ano)	2,57 Aa	2,56 Aa
2 (quatro anos)	2,80 Aa	2,79 Aa
3 (sete anos)	2,76 Aa	2,83 Aa
4 (dez anos)	2,26 Aa	2,58 Aa

Letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Resistência mecânica à Penetração

Os resultados encontrados para a resistência mecânica à penetração (Tabela 7) mostraram aumento dos valores com a profundidade, apresentando uma maior resistência à medida que aumentava a profundidade. Na área onde ocorreu maior tempo de exploração agrícola, área 4 (dez anos) foram encontrados os maiores valores de resistência à penetração. Entretanto, segundo os dados obtidos na tabela 6, esta mesma área foi a que apresentou os menores valores de densidade do solo. Uma possível explicação estaria no manejo destas áreas, o que levaria a uma diferença no teor de água encontrado nas áreas em estudo. À época da coleta das amostras o clima estava bastante seco e, diferentemente da área 4, as demais áreas eram irrigadas diariamente. A área 4 (pastagem) se encontrava sem qualquer tipo de irrigação, sendo molhada apenas com a água da própria chuva.

A resistência mecânica à penetração é um atributo físico que, além de refletir o grau de dificuldade ou de facilidade para o desenvolvimento e crescimento de raízes ao longo do perfil de um solo, também possui uma alta correlação com a densidade do solo, o que a torna ainda mais importante na determinação de um índice de qualidade de solo. Segundo Araújo et al., (2007), apesar da resistência à penetração ser de natureza mais variável, em função da heterogeneidade dos solos e do teor de água, quando a coleta de dados é feita de maneira criteriosa, a resistência à penetração se mostra mais sensível na identificação das variações tanto entre os sistemas estudados quanto nas profundidades de um sistema.

Os dados obtidos estão bem próximos aos de outros trabalhos já relatados na literatura como Costa et al. (2006) e Araújo et al. (2007). Segundo Camargo & Alleoni

(1997) valores abaixo de 1,1 MPa não apresentam limitação ao crescimento das raízes, enquanto que em áreas onde a resistência à penetração é maior que 2,5 MPa, as raízes já encontrariam uma certa limitação ao seu crescimento.

Tabela 7. Valores médios de resistência mecânica à penetração (MPa) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico com diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Áreas (período)	Resistência Mecânica à Penetração (MPa)					
	Camadas (cm)					
	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 -25	25 -30
1 (um ano)	0,07 Bc	0,12 Bb	0,33 Bb	0,55 Ba	0,68 Ba	0,70 Ba
2 (quatro anos)	0,04 Bc	0,08 Bc	0,23 Bb	0,32 Bb	0,42 Ba	0,56 Ba
3 (sete anos)	0,25 Bb	0,25 Bb	0,33 Bb	0,40 Ba	0,53 Ba	0,67 Ba
4 (10 anos)	1,20 Aa	1,26 Aa	1,27 Aa	1, 27 Aa	1,27 Aa	1,27 Aa

Letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Atributos químicos

Matéria orgânica

Os valores médios para a matéria orgânica variaram entre 17,2 a 42,8 (g.kg⁻¹). Estes valores à exceção dos obtidos na área 4 (dez anos de uso) estão dentro dos valores modelos de sustentabilidade adotados. Os valores mostrados na tabela 8 permitem inferir sobre os resultados de densidade do solo e diâmetro médio ponderado. O valor da matéria orgânica na área 4 é aproximadamente 60% maior que o teor de matéria orgânica obtido na área 2. O alto teor de matéria orgânica pode ser explicado pela morte e decomposição das raízes, o que acarretaria uma menor densidade do solo, principalmente na camada mais profunda (15 a 30 cm). De acordo com Castro Filho & Logan (1991), os mecanismos de formação das diferentes classes de tamanho dos agregados são influenciados pela matéria orgânica, cuja quantidade irá permitir maior ou menor agregação, resultando em menor ou maior perda de solo. Os dados da tabela 6 (Diâmetro Médio Ponderado) mostraram exatamente a influência da matéria orgânica na maior ou menor agregação do solo. As áreas 2 e 3, quatro e sete anos de uso respectivamente, apresentaram os maiores valores referentes ao diâmetro médio ponderado, quando comparados com a área 1, que está apenas com um ano de uso. Ou seja, áreas que se encontram há mais tempo sob cultivo orgânico e, conseqüentemente,

apresentam um maior teor de matéria orgânica, na parte superficial do solo, tendem a ter uma maior agregação do solo.

Estes resultados (Tabela 8) evidenciaram que, apesar de não apresentar variação estatística significativa, os valores numéricos relativos a matéria orgânica sofreram uma redução com a profundidade do solo. A análise estatística mostrou que na primeira camada há uma variação significativa entre os teores de matéria orgânica com o uso da área.

Outros trabalhos já relatados como Costa et al., (2006), Araújo et al., (2007) e Lopes & Cox (1977) apresentaram valores similares aos da tabela 8.

Tabela 8. Valores médios de matéria orgânica (g.kg^{-1}) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Área	Matéria Orgânica (g.kg^{-1})	
	Camadas (cm)	
	0 – 15	15 – 30
1 (um ano)	19,3 Ba	17,2 Ba
2 (quatro anos)	29,8 Aba	20,9 Ba
3 (sete anos)	25,0 Ba	18,5 Ba
4 (dez anos)	42,8 Aa	41,2 Aa

Letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Capacidade de troca catiônica

A capacidade de troca catiônica (CTC) de um solo é definida como sendo a soma total dos cátions insolúveis (H^+ e Al^{+3}) que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas (EMBRAPA, 1997). Em geral, o principal fator, principalmente em solos argilosos, responsável pela CTC do solo é a matéria orgânica. Sua influência é maior quanto menor a profundidade do solo, uma vez que a matéria orgânica se concentra principalmente na camada superficial do solo.

Segundo os dados obtidos na Tabela 9, os valores referentes a capacidade de troca catiônica variaram entre 10,05 e 23,87 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ na primeira camada e entre 8,65 e 21,72 $\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ na segunda camada. Segundo Costa et al. (2006) como a maior proporção da CTC de solos com argilas de baixa atividade é originária de sua fração orgânica, é esperado que as tendências registradas na MO se mantenham para a CTC. Relacionando-se os valores encontrados na tabela 8 para MO e os encontrados na tabela 9 para a CTC, é possível notar semelhanças em relação nas tendências em todas as

áreas. A área 4 (dez anos de uso) foi a área que apresentou o maior valor em relação à MO e, seguindo-se a tendência acima, foi também a área que apresentou maior valor de CTC, diferindo estatisticamente das demais áreas. Este mesmo padrão ocorre também na segunda camada analisada.

Tabela 9. Valores médios de CTC ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de duas camadas de solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Área (período)	CTC ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	
	Camadas (cm)	
	0 – 15	15 – 30
1 (um ano)	10,05 Ca	8,65 Ba
2 (quatro anos)	17,98 Aba	14,42 Ba
3 (sete anos)	13,20 BCa	11,22 Ba
4 (dez anos)	23,87 Aa	21,72 Aa

Letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Atributos biológicos

Respiração Basal (Rb)

A respiração basal é definida como sendo a respiração sem adição de substratos orgânicos ao solo e pode ser avaliado através da produção de CO_2 ou do consumo de O_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 e de distúrbios no ecossistema (Paul et al; 1999).

Segundo os dados obtidos para a respiração basal (Tabela 10), os valores variaram entre 3,3 a $9,78 \text{ mg C Kg}^{-1}$. Os resultados da tabela 10 mostraram que as áreas 1 e 3, apesar de não apresentarem variação significativa entre si, apresentam variação quando comparadas com as áreas 2 e 4. A área 4, área de pastagem é a que apresenta os maiores valores para respiração basal. Uma possível explicação para este fato seria a grande quantidade de raízes por volume de solo encontrado nesta área, o que possivelmente influenciou a atividade dos microorganismos. Contudo, a área 3 foi a que apresentou o menor valor de respiração basal. Uma possível explicação para este valor seria o fato de, diferentemente das demais áreas, esta área trabalha com um manejo mais

simples, utilizando-se apenas a rotação de duas culturas, que é um fator relevante e prejudica a atividade biológica do solo.

Oliveira et al. (1999) comparando a respiração basal em áreas de pastagens e cultivos convencionais, encontraram a mesma tendência de superioridade para as áreas de pastagens. Entretanto, segundo Parkin et al., (1996) uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera.

Carbono da massa microbiana (CBM)

A massa microbiana representa a fração responsável pela mineralização da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes. É a fração viva da matéria orgânica do solo e é composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas sendo muito influenciada pelo tipo de manejo, pelo clima e suas variações, pelo tipo de cultivo e pelos resíduos vegetais.

Quanto aos valores obtidos para carbono da massa, estes variaram entre 106, 03 a 238, 34 mg C kg⁻¹, sendo que a área 4, que se encontra mais tempo sob sistema de cultivo orgânico, apresentou o maior valor de biomassa, acompanhando a tendência da respiração basal. Isto pode ser explicado pelo fato que, em sistemas de manejo que permitem a entrada maior de matéria orgânica, como o sistema orgânico de cultivo, ou que diminuem o distúrbio físico do solo pela aração, como o plantio direto, há uma tendência de se aumentar a massa do solo.

A tabela 10 mostrou não haver variação significativa entre as áreas analisadas. Os dados contrariam trabalhos como Islam & Domsch (1998) que comparando estes dois atributos concluíram que, à medida que uma determinada biomassa microbiana vai se tornando mais eficiente, menor a taxa de carbono perdida pela respiração. Ou seja, uma massa microbiana considerada “eficiente” teria uma menor taxa de respiração basal.

Quociente metabólico ($q(\text{CO}_2)$)

O quociente metabólico (tabela 10) é calculado pela razão entre a taxa de respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993). Segundo Anderson & Domsch (1993) o quociente metabólico é um componente relevante na avaliação dos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a atividade microbiana no solo. Os dados da tabela 12 mostraram que os valores referentes ao

quociente metabólico variaram entre 0,028 e 0,057 mg C kg⁻¹ e, que não houve variação significativa entre as áreas analisadas.

Conforme Tótola & Chaer (2002) à medida que o quociente metabólico se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e maior proporção de carbono é incorporado aos tecidos. Assim, um quociente metabólico eficiente tem uma menor taxa de respiração em relação a um quociente metabólico mais eficiente.

Tabela 10. Valores médios de respiração basal, carbono da massa microbiana e quociente metabólico na profundidade de 0 a 15 cm em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF).

Áreas	Rb (mg C kg ⁻¹ .dia)	CBM (mg C kg ⁻¹)	Q(CO ₂) (mg C.mg CBM.dia ⁻¹)
1	3,8 B	161,39 A	0,023 A
2	8,88 A	186,72 A	0,048 A
3	3,3 B	106,03 A	0,031 A
4	9,78 A	238,34 A	0,041 A

Para cada um dos atributos avaliados, as letras maiúsculas comparam colunas e letras minúsculas comparam linhas. Médias seguidas da mesma letra, para cada atributo avaliado, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Índice de qualidade do solo

Para fins de modelagens gráficas foram montados diagramas comparativos da qualidade do solo para as diferentes áreas estudadas. Para cada uma destas, foi feita uma comparação entre os três indicadores, porosidade do solo, teor de matéria orgânica e quociente metabólico, com os valores de sustentabilidade adotados (tabela 11).

Tabela 11. Valores obtidos na camada superficial do solo em quatro áreas de sob cultivo orgânico por diferentes períodos de cultivo na Fazenda Malunga (DF), e valores de sustentabilidade adotados para a camada superficial de Latossolos Tropicais para os três indicadores de solo: porosidade do solo, teor de matéria orgânica e quociente metabólico.

Áreas (período)	Valores obtidos			Valor de sustentabilidade adotados		
	Pt (%)	MO (%)	q(CO ₂)	Pt (%)	MO (%)	q(CO ₂)
1 (um ano)	58,78	1,93	0,023 A	60	4	0,05
2 (quatro anos)	56,51	2,98	0,049 A			
3 (sete anos)	64,80	2,5	0,031 A			
4 (dez anos)	67,50	4,28	0,041 A			

A figura 17 mostra o diagrama comparativo do solo da área 1, um ano de uso, no sistema orgânico de cultivo. Observa-se que os valores obtidos estão dentro da faixa de sustentabilidade. Nesta área, o indicador que apresenta o melhor valor de sustentabilidade, ou seja, próximo a 100% é a porosidade (tabela 12). O índice de qualidade do solo (IQS) para a área 1 foi de 0,34 indicando, portanto, um valor aquém do ideal.

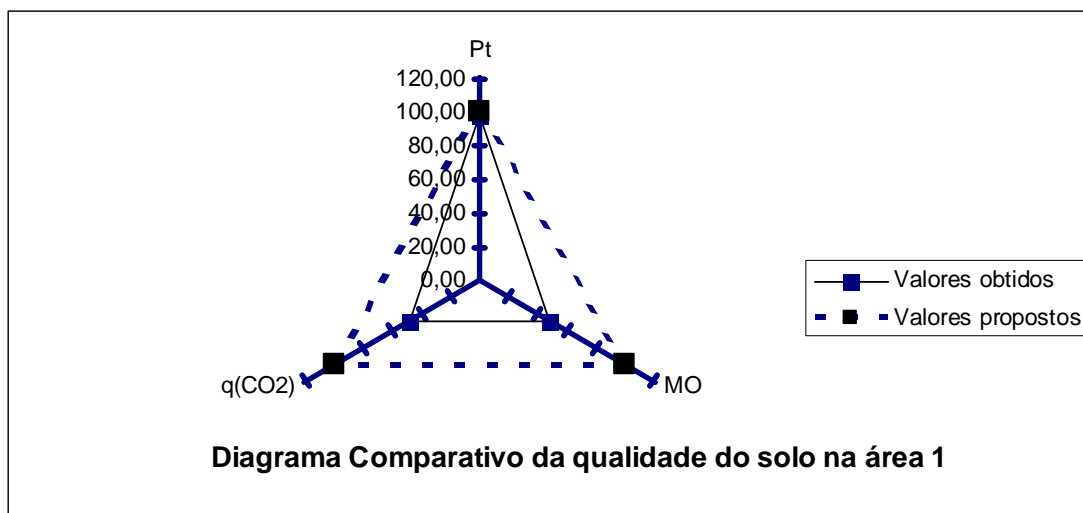


Figura 17. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 1 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (Pt) representa a porosidade do solo; (q(CO₂)) representa o quociente metabólico; (MO) representa o teor de matéria orgânica.

Tabela 12. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 1.

Indicadores	Valores obtidos	Valores adotados	Valores adotados (%)	Valores obtidos (%)
Pt (%)	58,78	60	100	97,97
MO (%)	1,93	4	100	48,25
Q(CO ₂) (mg C Kg ⁻¹)	0,024	0,05	100	48,00

A figura 18 representa o diagrama comparativo do solo da área 2, quatro anos de uso, no sistema orgânico de cultivo. Comparando-se as áreas 1 e 2 nota-se um padrão mais próximo da faixa de sustentabilidade para a área 2. Valores como porosidade e quociente metabólico apresentaram, respectivamente, mais de 90% e 100% de aproximação com os valores propostos de sustentabilidade (tabela 13). O índice de qualidade do solo (IQS) para a área 2 foi de 0,76. O melhor valor obtido na área 2, em relação à área 1, pode ser explicado pelo fato de estar a mais tempo submetido ao sistema orgânico de cultivo.

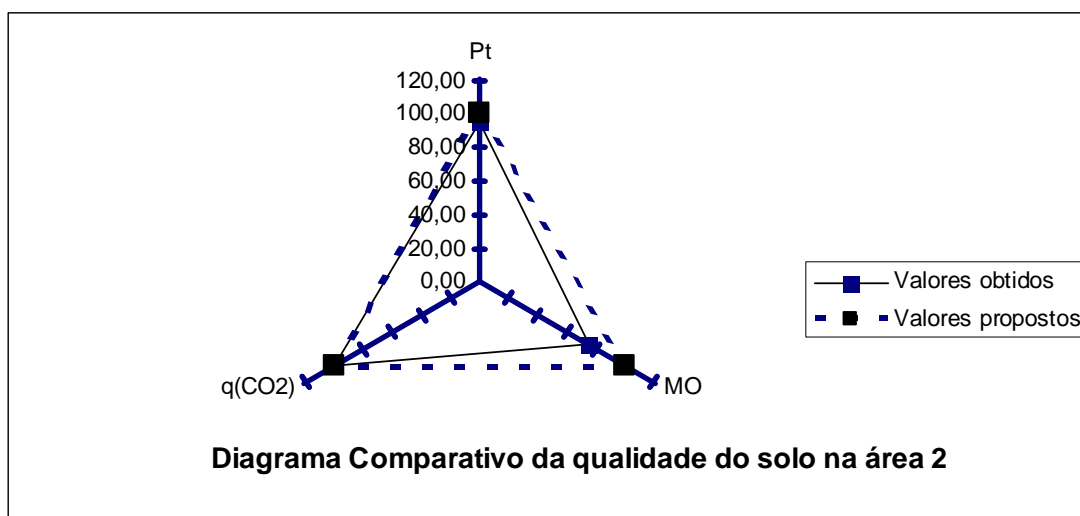


Figura 18. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 2 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (**Pt**) representa a porosidade do solo; (**q(CO₂)**) representa o quociente metabólico; (**MO**) representa o teor de matéria orgânica.

Tabela 13. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 2.

Indicadores	Valores obtidos	Valores adotados	Valores adotados (%)	Valores obtidos (%)
Pt (%)	56,51	60	100	94,8
MO (%)	2,98	4	100	74,5
Q(CO ₂) (mg C Kg ⁻¹)	0,05	0,05	100	100

A figura 19 representa o diagrama comparativo do solo da área 3, sete anos de uso, no sistema orgânico de cultivo. Esta área caracterizou-se por apresentar um IQS de 0,36 apresentando, portanto, uma queda no índice de qualidade de solo, quando comparada às áreas 1 e 2. Apesar de estar a mais tempo sob sistema orgânico de cultivo, houve uma redução no teor de matéria orgânica, provavelmente pela rotação de apenas duas culturas, diferentemente das demais onde há rotação de três ou mais culturas.

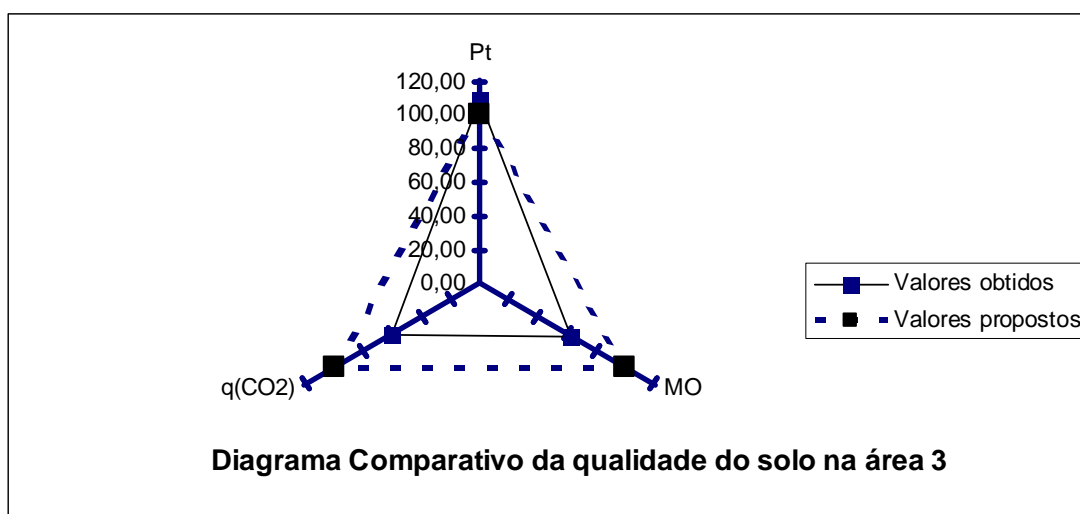


Figura 19. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 3 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (**Pt**) representa a porosidade do solo; (**q(CO₂)**) representa o quociente metabólico; (**MO**) representa o teor de matéria orgânica.

Tabela 14. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 3.

Indicadores	Valores obtidos	Valores adotados	Valores adotados (%)	Valores obtidos (%)
Pt (%)	64,8	60	100	108
MO (%)	2,5	4	100	62,5
Q(CO ₂) (mg C Kg ⁻¹)	0,03	0,05	100	114

A figura 20 mostra o diagrama comparativo do solo da área 4, dez anos de uso, no sistema orgânico de cultivo. Esta área caracterizou-se por apresentar um IQS de 0,97, valor superior a todas as demais áreas analisadas. Com exceção do quociente metabólico, avaliados obtiveram valores superiores aos adotados (tabela 15). Por estar mais tempo sob uso de um sistema orgânico de cultivo esta área apresentou um maior valor no teor da matéria orgânica.

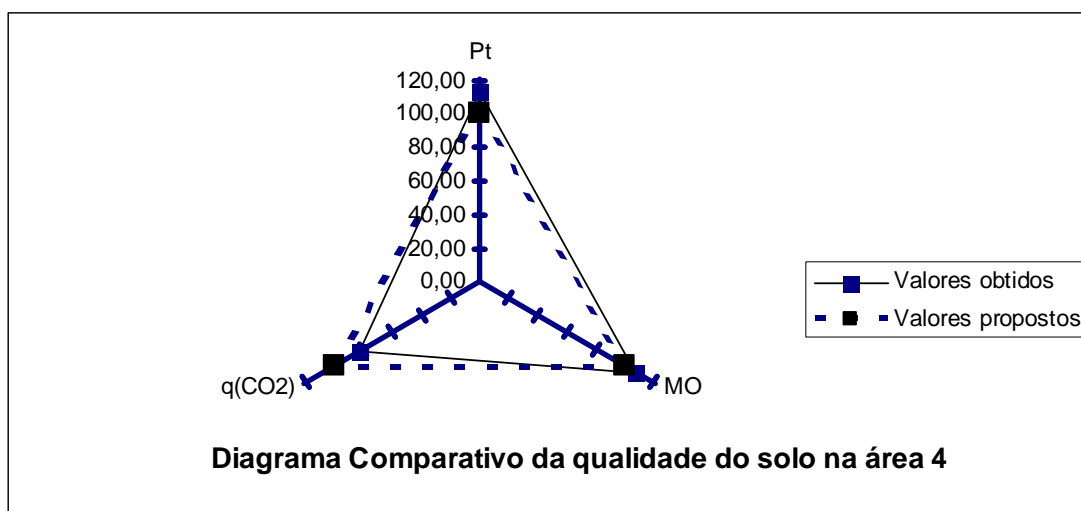


Figura 20. Diagrama comparativo da qualidade do solo da área 4 sob sistema orgânico de cultivo, distribuída em indicadores físicos, químicos e biológicos. (**Pt**) representa a porosidade do solo; (**q(CO₂)**) representa o quociente metabólico; (**MO**) representa o teor de matéria orgânica.

Tabela 15. Valores obtidos e valores propostos para os três indicadores de qualidade do solo referentes a área 4.

Indicadores	Valores obtidos	Valores adotados	Valores adotados (%)	Valores obtidos (%)
Pt (%)	67,8	60	100	113
MO (%)	4,3	4	100	107
Q(CO ₂) (mg C Kg ⁻¹)	0,041	0,05	100	82

Analisando-se em conjunto as quatro áreas avaliadas nota-se uma evolução no índice de qualidade do solo conforme o tempo de uso (tabela 16).

Tabela 16. Evolução do índice de qualidade do solo por área com o tempo de uso.

Áreas (tempo de uso)	Índice de qualidade do solo
1 (um ano)	0,33
2 (quatro anos)	0,76
3 (sete anos)	0,31
4 (dez anos)	0,97

CONCLUSÕES

1. Em geral, o índice de qualidade do solo, para a camada superficial, aumentou com o tempo de uso em áreas sob sistema orgânico de cultivo.
2. Dentre os indicadores de qualidade do solo analisados, os indicadores químicos e biológicos foram mais sensíveis do que os físicos na avaliação da qualidade do solo em sistemas sob cultivo orgânico.
3. Os atributos analisados sofreram uma maior variação na camada superficial do solo (0-15 cm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho – Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 933 - 942. 1999.

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

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

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, S.P, 1997.

CARTER, M.R. Soil Quality for Sustainable Land management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. **Agronomy Journal**, Vol.94, January-February 2002.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.223-227, 2004.

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 55:1407-1413, 1991.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, J.T.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:777-788, 2005.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. Qualidade do solo submetido a sistema de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.7, p.1185 – 1191, Brasília, 2006.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:913-923, 2002.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994.

DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil Healthy and Sustainability. **Adv. Agron.** 56:1-54, 1996.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 1ªed, São Paulo, 1996;

EMBRAPA **Manual de Métodos de Análise do Solo**, 2º Edição, 1997.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**, 1999.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.2, p.223-227, 2002.

GOEDERT, Wenceslau J. – Qualidade do Solo em Sistemas de Produção Agrícola – **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2005;

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal. Soil Water Conserve.** 55:69-78, 2000.

KONDOR, M.K.; DIAS JUNIOR, M.S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:211-218, 1999

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. **Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub.**, 35:37-52, 1994.

LOPES, A.S.; VALPASSOS, M.A.R.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Permeabilidade e agregação de um latossolo vermelho sob três sistemas de manejo no município de Jaboticabal – SP. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.23, n.3, p. 504-510, 2003.

LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p.742-747, 1977.

MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos dos solos e crescimento radicular de soja em latossolos roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 703-709, 1999.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VILELA, I.; VARGAS, M.A.T. Biomassa e atividade microbiana num LE de Cerrado sob pastagens, culturas anuais e sistemas integrados de culturas anuais/pastagens. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo/Embrapa, 1999. (CR ROM).

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W. & FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996. p.231-245. (SSSA Special Publication, 49).

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. **Appl. Soil Ecol.**, 11:53-65, 1999.

REICHERT, J.M.; REINERDT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista de Ciências Ambientais**, 27:29-48, 2003.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. **Indicadores de Qualidade do Solo** – XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1999;

SHEPHERD, M.; PEARCE, B.; CORMACK, B.; PHILIPPS,L.; CUTTLE, S.; BHOGALI, A.; COSTIGANS, P.; UNWIN, P. An Assessment of the Environmental Impacts of Organic Farming: **A review for Defra-funded project OF0405**. 80p. 2003.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M. M. Atributos Físicos Indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciênc. Agrotec, Lavras**, v.29, n.4, p.719-730, jul./ago, 2005.

SOUZA, J. L.; RESENDE. P. **Manual de Horticultura Orgânica** – Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, 2:195-276, 2002.

TREWAVAS, A. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. **Crop Protection** nº 23 757-781. 2004

VANCE, E.D; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.** V. 19, 703-707, 1987.

WATANABE, S. H. ; TORMENA, C A.; ARAUJO, M. A. ; PINTRO, J. C. ; MATA, J. D. V. . Avaliação do estado de agregação de um latossolo vermelho escuro sob área de mata nativa e área cultivada. **Anuário do Centro de Ciências Agrárias Cca Uem, Maringá, PR, 2000.**

ANEXOS

ANEXO 1 – Análise Granulométrica – (0 – 15 cm) – Método da Pipeta

AMOSTRAS				
Composição	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Argila (%)	45,8	47,4	55,3	54,8
Silte (%)	38,1	37,1	37,0	38,7
Areia fina (%)	9,0	8,5	3,9	3,7
Areia grossa (%)	7,1	7,1	3,8	2,8
Areia total (%)	16,1	15,6	7,7	6,6
Classe textural	Argila	Argila	Argila	Argila

Análise Granulométrica – (15 - 30 cm) – Método da Pipeta

AMOSTRAS				
Composição	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Argila (%)	56,9	57,1	47,1	53,5
Silte (%)	36,8	37,0	38,5	34,4
Areia fina (%)	3,3	3,2	6,6	5,8
Areia grossa (%)	3,0	2,7	7,8	6,4
Areia total (%)	6,3	5,8	14,4	12,2
Classe textural	Argila	Argila	Argila	Argila

ANEXO 2 – Valores obtidos na Densidade do solo e Porosidade Total

Amostras (Profundidade cm) Repetição	Densidade aparente (g.cm ⁻³)	Massa (g)	Volume do álcool (ml)	Densidade de partículas (g.cm ⁻³)	Porosidade
Área 1 (15) I	1,02	20	41,9	2,47	58,79
Área 1 (15) II	1,08	20	41,9	2,47	56,34
Área 1 (15) III	0,98	20	41,7	2,41	59,41
Área 1 (15) IV	0,97	20	41,9	2,47	60,60
Área 1 (30) I	0,79	20	42,8	2,78	71,42
Área 1 (30) II	0,97	20	42,9	2,82	65,71
Área 1 (15) III	0,64	20	42,8	2,78	76,91
Área 1 (15) IV	1,00	20	42,8	2,78	64,06
Área 2 (15) I	1,09	20	42,1	2,53	57,02
Área 2 (15) II	1,11	20	42,0	2,50	55,41
Área 2 (15) III	1,11	20	42,1	2,53	56,17
Área 2 (15) IV	1,09	20	42,2	2,56	57,44
Área 2 (30) I	0,94	20	41,5	2,35	60,20
Área 2 (30) II	1,00	20	41,5	2,35	57,39
Área 2 (30) III	0,99	20	41,5	2,35	57,95
Área 2 (30) IV	0,83	20	41,6	2,38	64,97
Área 3 (15) I	0,78	20	42,0	2,50	68,98
Área 3 (15) II	0,90	20	42,2	2,56	65,02
Área 3 (15) III	0,97	20	42,2	2,56	62,17
Área 3 (15) IV	0,94	20	42,1	2,53	63,04
Área 3 (30) I	0,69	20	42,2	2,56	73,21
Área 3 (30) II	0,92	20	42,2	2,56	63,96
Área 3 (30) III	0,95	20	42,0	2,50	62,10
Área 3 (30) IV	0,85	20	42,2	2,56	66,39
Área 4 (15) I	0,70	20	41,4	2,33	69,72
Área 4 (15) II	0,65	20	41,4	2,33	72,02
Área 4 (15) III	0,74	20	41,4	2,33	68,34
Área 4 (15) IV	0,94	20	41,5	2,35	59,92
Área 4 (30) I	0,89	20	41,5	2,35	62,15
Área 4 (30) II	0,85	20	41,5	2,35	63,74
Área 4 (30) III	0,80	20	41,5	2,35	65,91
Área 4 (30) IV	1,14	20	41,5	2,35	51,49

ANEXO 3 – Valores obtidos para Resistência à Penetração – Método do Penetrômetro

Áreas - repetições	0 – 5 (cm)	5 - 10 (cm)	10 – 15 (cm)	15– 20 (cm)	20 – 25 (cm)	25 – 30 (cm)	30 – 35 (cm)	35 – 40 (cm)	40 – 45 (cm)
Área 1 A	0,02	0,04	0,16	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Área 1 B	0,01	0,02	0,42	0,84	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Área 1 C	0,02	0,06	0,62	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Área 1 D	0,04	0,08	0,2	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Área 1 E	0,06	0,22	0,34	0,44	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Área 1 F	0,01	0,04	0,14	0,36	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Área 1 G	0,24	0,26	0,32	0,32	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Área 1 H	0,18	0,26	0,44	0,44	0,44	0,64	0,64	0,64	0,64
Área 2 A	0,04	0,04	0,2	0,6	0,64	0,82	0,82	0,82	0,82
Área 2 B	0,04	0,06	0,24	0,28	0,28	0,6	0,6	0,6	0,6
Área 2 C	0,06	0,06	0,08	0,1	0,32	0,66	0,66	0,66	0,66
Área 2 D	0,02	0,06	0,06	0,14	0,2	0,36	0,36	0,36	0,36
Área 2 E	0,06	0,06	0,08	0,14	0,34	0,38	0,38	0,38	0,38
Área 2 F	0,04	0,08	0,28	0,28	0,3	0,44	0,44	0,44	0,44
Área 2 G	0,02	0,06	0,4	0,44	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Área 2 H	0,04	0,16	0,48	0,64	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Área 3 A	0,1	0,38	0,56	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Área 3 B	0,68	0,64	0,78	0,84	0,9	1,04	1,04	1,04	1,04
Área 3 C	0,08	0,12	0,12	0,24	0,32	0,36	0,36	0,36	0,36
Área 3 D	0,24	0,24	0,32	0,34	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Área 3 E	0	0,06	0,34	0,34	0,56	0,78	0,78	0,78	0,78
Área 3 F	0,01	0,2	0,2	0,2	0,2	0,58	0,58	0,58	0,58
Área 3 G	0,06	0,28	0,28	0,44	0,82	0,98	0,98	0,98	0,98
Área 3 H	0,01	0,06	0,06	0,14	0,12	0,34	0,34	0,34	0,34
Área 4 A	0,8	1,04	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Área 4 B	1,64	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Área 4 C	1,36	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Área 4 D	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Área 4 E	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Área 4 F	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Área 4 G	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
Área 4 H	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

ANEXO 4 – Valores obtidos para o Diâmetro Médio Ponderado – Método de Yoder

Amostras (Profundidade cm) Repetição	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	RAZÃO 2mm	RAZÃO 1mm	RAZÃO 0,5mm	RAZÃO 0,250mm	RAZÃO <0,250mm	DMP
Área 1 (15) I	50	49,13	1,46	0,31	0,11	0,03	0,51	2,41
Área 1 (30) I	50	49,25	1,47	0,34	0,08	0,03	0,65	2,57
Área 1 (15) II	50	48,93	1,95	0,13	0,07	0,03	0,59	2,76
Área 1 (30) II	50	48,95	1,48	0,29	0,09	0,03	0,65	2,54
Área 1 (15) III	50	48,55	2,25	0,10	0,06	0,02	0,34	2,77
Área 1 (30) III	50	48,98	1,91	0,25	0,07	0,02	0,30	2,56
Área 1 (15) IV	50	48,85	1,55	0,29	0,10	0,03	0,45	2,43
Área 1 (30) IV	50	48,98	1,64	0,27	0,09	0,03	0,49	2,52
Área 2 (15) I	50	48,89	2,16	0,19	0,05	0,01	0,32	2,73
Área 2 (30) I	50	48,91	2,27	0,14	0,05	0,01	0,28	2,76
Área 2 (15) II	50	48,76	2,33	0,16	0,05	0,01	0,23	2,77
Área 2 (30) II	50	48,97	1,99	0,22	0,06	0,02	0,45	2,73
Área 2 (15) III	50	47,77	2,52	0,12	0,03	0,01	0,11	2,78
Área 2 (30) III	50	48,97	2,23	0,14	0,05	0,00	0,51	2,94
Área 2 (15) IV	50	48,92	2,55	0,09	0,02	0,01	0,26	2,93
Área 2 (30) IV	50	49,19	1,81	0,20	0,08	0,02	0,64	2,76
Área 3 (15) I	50	48,9	2,39	0,13	0,03	0,01	0,31	2,88
Área 3 (30) I	50	48,74	2,08	0,16	0,06	0,02	0,43	2,75
Área 3 (15) II	50	48,89	2,23	0,15	0,05	0,01	0,38	2,82
Área 3 (30) II	50	48,93	2,26	0,12	0,05	0,01	0,37	2,81
Área 3 (15) III	50	48,97	2,11	0,20	0,06	0,01	0,33	2,70
Área 3 (30) III	50	47,92	2,26	0,20	0,04	0,01	0,22	2,73
Área 3 (15) IV	50	48,88	2,47	0,10	0,03	0,01	0,31	2,91
Área 3 (30) IV	50	48,68	2,42	0,12	0,04	0,01	0,23	2,81
Área 4 (15) I	50	47,91	2,14	0,24	0,05	0,01	0,24	2,67
Área 4 (30) I	50	48,06	1,51	0,31	0,12	0,02	0,44	2,40
Área 4 (15) II	50	47,22	2,41	0,13	0,04	0,01	0,25	2,84
Área 4 (30) II	50	47,95	1,61	0,31	0,10	0,02	0,43	2,47
Área 4 (15) III	50	47,71	2,11	0,21	0,05	0,01	0,37	2,75
Área 4 (30) III	50	48,31	1,34	0,42	0,12	0,02	0,33	2,23
Área 4 (15) IV	50	47,91	2,50	0,11	0,05	0,01	0,04	2,71
Área 4 (30) IV	50	48,08	1,47	0,41	0,10	0,02	0,32	2,32

ANEXO 5 – Valores obtidos para a CTC e para a Matéria Orgânica

Amostras (Profundidade cm) Repetição	K (mg.dm ³)	Na (mg.dm ³)	H + Al (μ mol.dm ³)	Ca + Mg (μ mol.dm ³)	S (μ mol.dm ³)	T (μ mol.dm ³)	M.O (g.dm ³)
Área 1 (15) I	116	48	3,6	1,5	2,0	5,6	9,85
Área 1 (30) I	67	46	3,1	0,9	1,3	4,4	14,48
Área 1 (15) II	124	76	4,3	3,7	4,3	8,6	28,5
Área 1 (30) II	174	91	4	2,6	3,4	7,4	20,7
Área 1 (15) III	147	82	4,3	2,5	3,2	7,5	18,1
Área 1 (30) III	100	68	4,2	2	2,6	6,8	15,6
Área 1 (15) IV	124	86	4,7	2,4	3,1	7,8	20,7
Área 1 (30) IV	100	72	4,3	2,1	2,7	7,0	18,1
Área 2 (15) I	162	48	1,65	4,75	5,4	7,0	15,51
Área 2 (30) I	152	50	2,5	2,9	3,5	6,0	13,96
Área 2 (15) II	350	114	2,5	7,6	9,0	11,5	28,5
Área 2 (30) II	280	107	3,3	5,1	6,3	9,6	26
Área 2 (15) III	310	116	3	9,4	10,7	13,7	33,7
Área 2 (30) III	300	112	3	7,4	8,7	11,7	23,3
Área 2 (15) IV	350	127	3	9,9	11,3	14,3	41,4
Área 2 (30) IV	190	90	3,7	6,1	7,0	10,7	20,7
Área 3 (15) I	152	48	3,6	3,1	3,7	7,3	14,48
Área 3 (30) I	125	52	3,6	1,9	2,4	6,0	9,31
Área 3 (15) II	280	94	1,5	6,2	7,3	8,8	23,3
Área 3 (30) II	240	93	2,7	4,6	5,6	8,3	18,1
Área 3 (15) III	152	81	2,5	6,2	6,9	9,4	33,7
Área 3 (30) III	153	83	2	4,9	5,7	7,7	23,3
Área 3 (15) IV	189	93	1,8	8,1	9,0	10,8	28,5
Área 3 (30) IV	171	83	2	5,5	6,3	8,3	23,3
Área 4 (15) I	148	46	3,1	12,65	13,2	16,3	44,47
Área 4 (30) I	141	44	2,8	10,9	11,5	14,3	27,92
Área 4 (15) II	191	95	4,2	17,1	18,0	22,2	33,7
Área 4 (30) II	180	91	3,3	14,9	15,8	19,1	41,4
Área 4 (15) III	260	106	2,8	18,9	19,8	22,6	46,6
Área 4 (30) III	198	106	2,5	17,8	18,7	21,2	49,2
Área 4 (15) IV	350	115	4	14,9	15,9	19,9	46,6
Área 4 (30) IV	310	110	3,5	13,8	14,7	18,2	46,6

ANEXO 6 – Valores obtidos para a Respiração Basal.

Tratamentos	Área 1 A	Área 1 B	Área 1 C	Área 1 D	Área 2 A	Área 2 B	Área 2 C	Área 2 D
rep1	20,00	19,3	20	19,5	17,6	15	17,9	11,5
rep2	18,60	19,6	18	19,1	18	14,9	11	19
rep3	20,00	19,3	19,5	19	18,1	15	16,2	17
média	19,53	19,4	19,17	19,20	17,9	14,97	15,03	15,83
desvio padrão	0,808	0,173	1,041	0,265	0,265	0,058	3,595	3,884
HCl blank	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971
HCl	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971
Branco	21,2	21,2	21,2	21,2	20,33	20,33	20,33	20,33
mmolesCO ₂ /20g	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,26	0,26	0,22
mmolesCO ₂ /kg	4,77	5,16	5,82	5,73	6,96	15,36	15,17	12,88
mg C/kg soil	57,29	61,87	69,89	68,75	83,53	184,36	182,06	154,57
Umidade	18	18	18	18	18	18	18	18
Peso seco	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95
mmol/dia	8,18	8,84	9,98	9,82	11,93	26,34	26,01	22,08

Tratamentos	Área 3 A	Área 3 B	Área 3 C	Área 3 D	Área 4 A	Área 4 B	Área 4 C	Área 4 D
rep1	19	19,7	18	19,5	16,3	15	15,2	14,5
rep2	18,5	20	18	18	16,1	14,5	15,5	16,7
rep3	17,9	19,4	17,7	19	16,5	13,5	15,6	16,5
média	18,47	19,7	17,9	18,83	16,3	14,33	15,43	15,9
desvio padrão	0,551	0,3	0,173	0,764	0,2	0,764	0,208	1,217
HCl blank	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971
HCl	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971	0,0971
Branco	20,33	20,33	20,33	20,33	20,33	20,33	20,33	20,33
mmolesCO ₂ /20g	0,09	0,03	0,12	0,07	0,20	0,29	0,24	0,22
mmolesCO ₂ /kg	5,34	1,80	6,96	4,29	11,54	17,18	14,03	12,69
mg C/kg soil	64,05	21,66	83,53	51,45	138,52	206,13	168,32	152,27
Umidade	18	18	18	18	18	18	18	18
Peso seco	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95
mmol/dia	9,15	3,09	11,93	7,35	19,79	29,45	24,05	21,75

ANEXO 7 – Valores obtidos para o Carbono da Massa Microbiana

ÁREA 1

	1 F	1 NF	2 F	2 NF	3 F	3 NF	4 F	4 NF
rep1	19,1	n	18	23,2	20	21,5	n	21,6
rep2	n	21,5	16,5	n	n	20,5	17,7	N
rep3	18,1	19,2	n	23,4	21,1	21,1	18,7	21
média	18,60	20,35	17,25	23,30	20,55	21,03	18,20	21,30
branco	22	22	22	22	22	22	22	22
volexbranco	1,51	19,78	1,51	23,2	1,51	20,75	1,51	21,60
vol.exF	1,28	20,93	1,18	23,2	1,41	21,25	1,25	21,6
volexNF	1,40	1,15	1,60	0	1,44	0,5	1,46	0
(VB-VF)	0,2332	18,05	0,33	23,2	0,10	20	0,26068	21,6
(VB-VNF)	0,113190	22,65	-0,08918	23,2	0,06631	22	0,04802	21,6
F-NF	0,14		0,50		0,04		0,26	
Biom/20g	1,26		4,36		0,35		2,23	
Biom/kg	77,77		268,88		161,20		137,77	
Biom*2,64	205,32		709,84		425,57		363,72	
Peso seco	16,21		16,21		16,21		16,21	
umidade	23,4		23,4		23,4		23,4	

ÁREA 2

	1 F	1 NF	2 F	2 NF	3 F	3 NF	4 F	4 NF
Rep1	20,7	n	17,6	n	18,5	22,5	17	23
Rep2	20,4	23,5	n	21	19,5	n	18,5	22,3
Rep3	19,5	23,9	17	19,7	18	21,9	n	N
média	20,20	23,70	17,30	20,35	18,67	22,20	17,75	22,65
branco	22	22	22	22	22	22	22	22
volexbranco	1,51	23,6	1,51	20,025	1,51	22,05	1,51	22,475
Vol.exF	1,39	23,8	1,19	20,675	1,28	22,35	1,22	22,825
volexNF	1,63	0,2	1,40	0,65	1,52	0,3	1,55	0,35
(VB-VF)	0,12348	23,3	0,32242	19,05	0,23	21,6	0,29	21,95
(VB-VNF)	-0,11662	24,1	0,11319	21,65	0,01372	22,8	0,04459	23,35
F-NF	0,29		0,25		0,29		0,40	
Biom/20g	2,52		2,20		2,55		3,53	
Biom/kg	174,46		152,03		176,13		244,25	
Biom*2,64	460,57		401,35		464,98			
peso seco	14,45		14,45		14,45		14,45	
umidade	38,4		38,4		38,4		38,4	

ÁREA 3

	1 F	1 NF	2 F	2 NF	3 F	3 NF	4 F	4 NF
Rep1	20,6	24,5	18,6	22	20,5	21	21	21,4
Rep2	19,6	21	18,1	22,5	21,1	n	20,5	N
Rep3	20,2	n	n	23,1	n	22,3	n	21,6
média	20,13	22,75	18,35	22,53	20,80	21,65	20,75	21,50
branco	22	22	22	22	22	22	22	22
volexcbranco	1,69	21,875	1,69	22,25	1,69	21,325	1,69	21,45
Vol.exF	1,38	23,625	1,26	22,8	1,43	21,975	1,42	21,55
volexNF	1,56	1,75	1,55	0,55	1,49	0,65	1,47	0,1
(VB-VF)	0,3068033	19,25	0,43	21,43	0,26107	20,35	0,2645	21,3
(VB-VNF)	0,1273	26,25	0,1421633	23,625	0,20276	22,95	0,21305	21,7
F-NF	0,22		0,344		0,069972		0,06174	
Biom/20g	1,884785		3,0133		0,612255		0,540225	
Biom/kg	132,12		211,23		42,91		37,857393	
Biom*2,64	348,81		557,65					
peso seco	14,27		14,27		14,27		14,27	
umidade	40,2		40,2		40,2		40,2	

ÁREA 4

	1 F	1 NF	2 F	2 NF	3 F	3 NF	4 F	4 NF
Rep1	16	n	16	21,6	15	21,5	16,5	22,6
Rep2	17	21,5	n	21,4	15,1	n	n	23
Rep3	n	20,4	15	21,2	14,9	21,8	17,5	N
média	16,50	20,95	15,50	21,40	15,00	21,65	17,00	22,80
branco	21,95	21,95	21,95	21,95	21,95	21,95	21,95	21,95
volexcbranco	1,68	20,675	1,68	21,3	1,68	21,575	1,68	22,7
Vol.exF	1,13	21,225	1,0633	21,5	1,029	21,725	1,1662	22,9
volexNF	1,43717	0,55	1,46804	0,2	1,48519	0,15	1,56408	0,2
(VB-VF)	0,552213	19,85	0,620813	21	0,655113	21,35	0,517913	22,4
(VB-VNF)	0,246943	22,05	0,216073	21,8	0,198923	21,95	0,120033	23,2
F-NF	0,366324		0,485688		0,547428		0,477456	
Biom/20g	3,205335		4,24977		4,789995		4,17774	
Biom/kg	186,07		246,699		278,059		242,5	
Biom*2,64								
peso seco	17,23		17,23		17,23		17,23	
umidade	16,1		16,1		16,1		16,1	

ANEXO 8 – Valores Obtidos para Coeficiente Metabólico

ÁREA	REP	BASAL	CBM	QMET
1	1	57,29	77,8	0,043
1	2	61,87	268,9	0,014
1	3	69,89	161,2	0,026
1	4	68,75	137,8	0,029
2	1	83,53	174,5	0,028
2	2	184,36	152,0	0,071
2	3	182,06	176,1	0,061
2	4	154,57	244,3	0,037
3	1	64,05	132,1	0,029
3	2	21,66	211,2	0,006
3	3	83,53	42,9	0,115
3	4	51,45	37,9	0,080
4	1	138,52	186,1	0,044
4	2	206,13	246,7	0,049
4	3	168,32	278,1	0,036
4	4	152,27	242,5	0,037