

GUILHERME VIANA DE ALENCAR

**CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL DE SISTEMAS DE
CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NA CHAPADA DA
IBIAPABA, CEARÁ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS –BRASIL
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A368c
2005

Alencar, Guilherme Viana de, 1970-
Caracterização sócio-ambiental de sistemas de cultivo
orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba, Ceará /
Guilherme Viana de Alencar. – Viçosa : UFV, 2005.
xii, 206f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Solo - Uso - Ibiapaba, Chapada (CE). 2. Agricultura
orgânica - Ibiapaba, Chapada, (CE). 3. Agricultura -
Ibiapaba, Chapada (CE). 4. Solos - Análise. 5. Trabalha-
dores rurais - Ibiapaba, Chapada (CE) - Condições sociais.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.498131

GUILHERME VIANA DE ALENCAR

**Caracterização Sócio-Ambiental de Sistemas de Cultivo
Orgânico e Convencional na Chapada da Ibiapaba, Ceará**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

APROVADA: 29 de julho de 2005

Prof. Ivo Jucksch
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof^a Irene Maria Cardoso

Pesquisador Paulo César de Lima
(EPAMIG)

Prof. Eduardo de Sá Mendonça
(Orientador)

**À minha mãe Antoniêta
À minha querida esposa Aline
Ao meu enteado Paulinho
Aos meus irmãos e sobrinhas**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa via PROCAD, à Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, pela oportunidade oferecida para realização do curso.

Ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização da pesquisa.

Ao IBAMA, órgão do qual sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado.

À ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica.

Ao professor Eduardo de Sá Mendonça, pela serenidade, pelas sugestões e pelas críticas durante a orientação deste trabalho.

Aos professores Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch e Paulo Roberto Cecon, pelas sugestões e críticas na correção da tese.

À professora Irene Maria Cardoso (UFV) e ao pesquisador Paulo César de Lima (EPAMIG), pelas contribuições ao trabalho.

Aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar.

Aos amigos e colegas do Departamento de Solos da UFV, Alexandre, Eddi, Ana Paula, Roseli, Roseilton, Ítalo, Edgley, Eliane, Lindomário, Augusto, Beno, pela amizade, pelo companheirismo e pela experiência compartilhada.

Aos colegas de trabalho do Escritório Regional de Juiz de Fora/IBAMA, Agostinho, Alexandre, Aurélio, Damião, Geraldo, Gladimir, João, Luís, Miguel, Milton, Morgana, Nilo, Rosária, Selma, Sônia, Souza e Tonerres, pela amizade, incentivo e apoio na continuidade e conclusão do curso.

A minha família, pelo carinho e apoio irrestrito em todos os momentos.

Enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GUILHERME VIANA DE ALENCAR, filho de Luiz Urbano de Alencar (*in memórian*) e Maria Antoniêta Viana de Alencar, nasceu no dia 23 de maio de 1970, no município de Crato, Ceará.

Em fevereiro de 1998, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Areia.

Em março de 1998, ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia-Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza (CE), defendendo a tese no dia 24 de julho de 2000.

Em agosto de 2003 ingressou através de concurso público no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, exercendo o cargo de Analista Ambiental.

Em Agosto de 2001, iniciou o Curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, defendendo a tese no dia 29 de julho de 2005.

CONTEÚDO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	4
PERCEPÇÃO AMBIENTAL E USO DO SOLO POR AGRICULTORES DE SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ	4
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
Caracterização das áreas de estudo.....	12
Diagnóstico Regional dos Sistemas Agrícolas.....	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
Diagnóstico regional.....	19
Sistema Convencional de Produção.....	19
Sistema Orgânico de Produção.....	23
Análise econômica da produção orgânica x convencional.....	29
Mercado de produtos orgânicos.....	30
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
APÊNDICE.....	36
CAPÍTULO 2.....	46
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ	46
RESUMO.....	46
ABSTRACT.....	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
Caracterização das áreas de estudo.....	49

Coleta das amostras.....	55
Meio físico Local.....	55
Análises físicas e químicas	55
Análises Estatísticas.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
Meio Físico e Classificação dos Solos	56
Características Físicas dos Solos	59
Características Químicas dos Solos.....	65
CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
APÊNDICE.....	83
CAPÍTULO 3.....	90
ESTOQUES DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ	90
RESUMO.....	90
ABSTRACT.....	91
INTRODUÇÃO.....	92
MATERIAL E MÉTODOS.....	96
Caracterização das áreas de estudo.....	96
Coleta das amostras.....	102
Análises de solo.....	103
Análises Estatísticas.....	105
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
Teores e estoques totais de carbono orgânico.....	106
Compartimentos da matéria orgânica do solo.....	109
Características microbiológicas do solo.....	109
Substâncias húmicas	113
Matéria orgânica leve.....	119
Frações de carbono orgânico oxidadas com gradiente de oxidação crescente.....	121
Carbono orgânico total, nitrogênio total e relação C/N em diferentes classes de agregados	124
CONCLUSÕES.....	127

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
APÊNDICE.....	135
CAPÍTULO 4.....	140
FRUTICULTURA ORGÂNICA NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ.....	140
RESUMO.....	140
ABSTRACT.....	141
INTRODUÇÃO.....	142
MATERIAL E MÉTODOS.....	144
Caracterização das áreas de estudo.....	144
Coleta das amostras.....	147
Análises de solo.....	147
Análises Estatísticas.....	149
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	150
Características Físicas dos Solos.....	150
Características Químicas dos Solos.....	152
Teores totais de carbono orgânico.....	162
Compartimentos da matéria orgânica do solo.....	163
Características microbiológicas do solo.....	163
Substâncias húmicas.....	166
Matéria orgânica leve.....	168
Frações de carbono orgânico oxidadas com gradiente de oxidação crescente.....	169
CONCLUSÕES.....	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
APÊNDICE.....	177
CAPÍTULO 5.....	181
MICROMORFOLOGIA E ANÁLISE DE IMAGEM DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ.....	181
RESUMO.....	181
ABSTRACT.....	182
INTRODUÇÃO.....	183
MATERIAL E MÉTODOS.....	184

Caracterização das áreas de estudo.....	184
Coleta das amostras.....	191
Análise micromorfológica	191
Análise de imagem.....	191
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	192
CONCLUSÕES.....	195
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	196
APÊNDICE.....	197
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	204

RESUMO

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005.
Caracterização sócio-ambiental de sistemas de cultivo orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba, Ceará. Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.
Conselheiros: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch e Paulo Roberto Cecon.

Nos últimos anos vêm crescendo, no Brasil, o número de adeptos da agricultura orgânica, impulsionados pela demanda gerada por um mercado de consumidores que buscam alimentos produzidos sem agrotóxicos. Os adeptos deste sistema promovem mudanças substanciais de seus métodos de produção, adquirindo conhecimentos técnicos e empíricos associados. Este estudo tem por objetivo a avaliação de aspectos sócio-econômico-ambientais e de qualidade do solo de sistemas de cultivo orgânico e convencional, visando a concepção de sustentabilidade dos sistemas. A pesquisa foi desenvolvida em propriedades que adotam sistemas de cultivo orgânicos e convencionais do distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte-CE. O diagnóstico regional dos sistemas foi realizado em amostragem de sete produtores orgânicos e 21 convencionais, realizando entrevista informal caracterizando o meio social e as mudanças de qualidade de vida ocorridas com o tempo. Na pesquisa de campo, foram abertos quatro perfis de 1 m de profundidade em áreas de sistema de cultivo orgânico e convencional, e área de referência (mata), sendo coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Foram realizadas análises físicas, químicas, mineralógicas, microbiológicas e micromorfológicas. As interações agricultor-meio ambiente, no sistema de cultivo orgânico, acarretou a melhoria da qualidade de vida das famílias. No sistema de cultivo

convencional, caracterizado pelo uso intensivo de agrotóxicos e grande dependência de adubos químicos, constata-se que prevalece o interesse em obter a máxima produção sem preocupação com o ambiente. Esta condição se reflete no contato contínuo com agrotóxicos, além das margens de lucros restritivas, o que pode comprometer o uso do solo pelas futuras gerações, pois há uma inerente redução da fertilidade natural dos solos cultivados sob este sistema. A adoção dos sistemas de cultivo orgânicos têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo, principalmente em curto espaço de tempo (4 e 6 anos). As principais modificações ocorridas nas características de fertilidade referem-se a elevação dos teores de matéria orgânica, dos valores de pH, dos valores de CTC e dos teores de P, K, Ca e Mg. O aumento nos teores dos micronutrientes têm sido discretos e ainda pouco consistentes. Foram observadas, porém, elevações nos teores de nitrato nas áreas sob sistema de cultivo orgânico há mais tempo, porém sem indicativos de sua movimentação no perfil. Fisicamente foram observadas alterações relacionadas com a redução da densidade do solo, aumento da porosidade e da condutividade hidráulica em solos de cultivos orgânicos. Os estoques elevados de matéria orgânica leve nas áreas de sistemas de cultivo orgânicos acarretaram maiores teores de carbono orgânico total (>200%) e elevação da atividade microbiana do solo (>20%) e carbono da biomassa microbiana (>10%), principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade, em relação ao cultivo convencional. As substâncias húmicas, principalmente a humina, apresentaram elevação em seus valores nos sistemas de cultivo orgânicos em relação aos convencionais, o que caracteriza um fator de estabilidade do sistema solo. Na avaliação do índice de manejo do carbono as áreas de sistemas de cultivo orgânicos superaram os cultivos convencionais, caracterizando maior estabilidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas manejados organicamente. Na análise micromorfológica, constatou-se que o sistema de cultivo convencional modificou a estabilidade do solo, promovendo de forma negativa a perda de sua qualidade física. Diferentemente, o sistema de cultivo orgânico promoveu a recuperação do solo e a melhoria de suas características físicas, semelhantes ao ambiente de mata, principalmente pela formação de colóides orgânicos promotores da agregação e do seqüestro de carbono. Com isso, o sistema de cultivo orgânico promove o seqüestro de carbono, contribuindo na redução do efeito estufa.

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.
Social and environmental characterization of conventional and organic crop systems in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça.
Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

During the last years, the adopters of organic agricultural practices have increased in Brazil, due to consumer's demand of aliments produced without pesticides. The adopters of this system promote substantial changes in their production methods acquiring technical and empirical knowledge's. This study had as objective to evaluate the social, economical, and environmental aspects, as well as, the soil quality of organic and conventional agricultural systems, under the sustainability point of view. The research was developed in properties that use organic and conventional production systems in Sussuanha, Guaraciaba do Norte - CE. The regional diagnose of the systems was realized by sampling four organic and twenty one conventional producers, an informal interview was used to characterize social conditions and quality of life through the time. During the field research, four soil profiles of 1 m depth were open in the areas of organic, conventional systems and control area (forest), collecting soil samples at depths of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Physical, chemical, mineralogical, microbiological and micro-morphological analysis were done. The interaction agricultor-environment, in the organic crop system produced an improvement on the quality of life of the farmer's family. The conventional crop system was characterized by the intensive use of pesticides and dependency of chemical fertilizers due to the interest of getting maximum production without care of the environment. This condition reflects continuous use of pesticides, as well as, restrictive economical profits, diminishing the environmental conditions for further generations,

mainly because of the reduction of the natural soil fertility under this agricultural system. The adoption of organic crop systems had resulted in the improvement of physical and chemical soil quality, mainly in a short period of time (4 a 6 years). The core modifications occurred on the fertility characteristics were: increase of the soil organic matter content, pH, CTC and P,K, Ca and Mg content. The increase in the micro-nutrients had been not much and little consistent. In the areas that had adopted the organic crop system for longer time, presence of nitrate was reported, however without indicatives of movement through the soil profile. Physicality was observed alterations regarding to the reduction of soil density, increase of porosity and hydraulic conductivity, in the organic crop system. The light organic matter pool in the organic crop system had a major total organic carbon (> 200%) and increased soil microbial activity (> 20%), and carbon of microbial biomass (>10%), mainly in the depth of 0-10 cm, in comparison with the conventional crop system. The humic substances, specially humina, had a higher values in the organic crop systems in comparison with the conventional one, characterizing soil stability. In the evaluation of the management of soil carbon the areas of organic crop production overcome the conventional crop system, characterizing major sustainability and stability in the agricultural system under organic management. In the micro-morphological analysis was verified that the conventional crop system modified the soil stability, promoting lost of physical soil quality. On the other hand, the organic system allowed the soil reclaim by improving soil physical characteristics, in analogy with the control environment of forest, mainly due to the formation of soil aggregation and capture of carbon. Therefore, the system of organic crop production encourages the capture of carbon reducing the so called greenhouse effect.

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura no Nordeste é caracterizada desde a sua origem por um modelo em que a exploração do solo está acima de sua sustentabilidade (ICID, 1992). Extensas áreas já demonstram sinais de degradação pelo declínio da produtividade e, em casos mais avançados, a desertificação já impera. Fatos como o extrativismo irrestrito dos recursos florestais, agricultura baseada nas queimadas e os grandes projetos de irrigação vêm ocasionando a degradação de muitas áreas desta região do Brasil.

O Nordeste não é uma região homogênea, o que pode ser constatado pela existência de vários ecossistemas que se diferenciam, principalmente, pelos fatores climáticos e cobertura vegetal. A maior parte do Nordeste compreende o ecossistema caatinga, onde a precipitação média anual oscila entre 400-600 mm e a agricultura de sequeiro apresenta baixos índices de produtividade (Bezerra & Veiga, 2000). Outros ecossistemas presentes no Nordeste, como a faixa litorânea e várias regiões úmidas de altitude espalhadas no interior da região semi-árida ou delimitando a mesma, os chamados brejos nordestinos (Arruda, 2001), vêm exibindo um intenso desenvolvimento da agricultura, contemplados por precipitações pluviométricas acima de 1000 mm anuais.

O Estado do Ceará apresenta aproximadamente 93% de sua área situada no semi-árido nordestino, e o restante, em ambientes úmidos. Os modelos de agricultura de subsistência e tradicional caracterizam a maioria das pequenas propriedades enquanto que extensas áreas são destinadas aos grandes projetos de irrigação voltados para fruticultura, alicerçados no uso maciço de insumos químicos e maquinários. Algumas iniciativas de sistemas agrícolas alternativos vêm sendo implantadas em várias áreas do Estado, com maior ênfase para sistemas orgânicos de produção.

Nos últimos anos vêm crescendo, no Brasil, o número de adeptos da agricultura orgânica, impulsionados pela demanda gerada por um mercado de

consumidores que buscam alimentos produzidos sem agrotóxicos. Embora as áreas de agricultura orgânica não tenham grande representatividade em relação ao total de áreas cultivadas no Brasil, existe perspectiva de que o crescimento anual estimado em 30% venha a significar, no futuro, uma participação maior deste setor no mercado de alimentos (Darolt, 2002).

No Estado do Ceará, a agricultura orgânica vem apresentando substancial desenvolvimento na região da Chapada da Ibiapaba, principalmente no município de Guaraciaba do Norte, onde alguns agricultores com passado de cultivo convencional aderiram ao sistema orgânico de produção, visando abastecer com seus produtos a Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica (ADAO), sediada em Fortaleza-CE e constituída por 460 associados. Esses agricultores aderiram ao sistema orgânico visando obtenção da melhoria da qualidade de vida, comprometida até então devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos e contaminação dos produtos agrícolas (Mapurunga, 2000).

Diante deste fato, numa visão mais ampla, a agricultura orgânica extrapola o simples objetivo de produzir sem agrotóxico, passando a agir positivamente no meio ambiente, nas relações trabalhistas, na cadeia produtiva e na saúde do homem do campo, buscando atingir um padrão sustentável de produção.

Este trabalho teve por objetivo a avaliação dos impactos sociais, culturais e ambientais ocasionados pela implantação do modelo de cultivo orgânico e a caracterização física, química, microbiológica e micromorfológica de áreas de cultivos em sistemas orgânicos e convencionais, comparando-se com uma situação de referência (mata), no município de Guaraciaba do Norte-CE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, M. B. Ecosistemas Brasileiros. Brasília: Edições IBAMA, 2001. 49p.

BEZERRA, M. C. L. & VEIGA, J. E. Agricultura sustentável: subsídio à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília : Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000.

ICID. Desenvolvimento e meio ambiente no semi-árido. Fundação Grupo Esquel Brasil, Brasília, 1992. 166p.

DAROLT, M.R. Agricultura Orgânica: inventando o futuro. IAPAR, Londrina, 2002. 250p.

MAPURUNGA, L.F. Análise da sustentabilidade da agricultura orgânica: um estudo de caso. Fortaleza, UFC, 2000. 132p. (Dissertação de Mestrado)

CAPÍTULO 1

PERCEPÇÃO AMBIENTAL E USO DO SOLO POR AGRICULTORES DE SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ

Guilherme Viana de Alencar⁽¹⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽²⁾, Teógenes Senna de Oliveira⁽³⁾, Ivo Jucksch⁽²⁾ & Paulo Roberto Cecon⁽⁴⁾

RESUMO

O crescimento do mercado de alimentos livres de agrotóxicos vem gerando interesse de agricultores em sistemas orgânicos de produção. Os adeptos deste sistema promovem mudanças substanciais de seus métodos de produção, adquirindo conhecimentos técnicos e empíricos associados. É necessário, portanto, estudos para avaliar o sistema orgânico neste contexto, comparando-o com o modo de produção convencional, no que diz respeito aos aspectos sócio-econômico-ambientais. Este estudo teve como objetivo o diagnóstico regional de aspectos sócio-econômico-ambientais em sistemas orgânicos e convencionais do distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte-CE. Foram entrevistados quatro agricultores orgânicos e 20 agricultores convencionais, caracterizando o meio social e as mudanças de qualidade de vida ocorridas com o tempo. As interações agricultor-meio ambiente, no sistema de produção orgânico, acarretara a melhoria da qualidade de vida das famílias. No sistema convencional, caracterizado pelo uso intensivo de agrotóxicos e grande dependência de adubos químicos, constatou-se que prevalece o interesse em obter a máxima produção sem preocupação com o ambiente. Esta condição se reflete no contato contínuo com agrotóxicos, além das margens de lucros restritivas, o que pode comprometer o uso do solo pelas futuras gerações, pois há uma inerente redução da fertilidade natural dos solos cultivados sob este sistema.

⁽¹⁾ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Avenida Guadalupe, 1500, Aeroporto, CEP: 36.033-560 – Juiz de Fora, MG. E-mail: gui.ibama@gmail.com

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: esm@ufv.br (prof. Eduardo de Sá Mendonça) e ivo@ufv.br (prof. Ivo Jucksch)

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará. E-mail: teo@ufc.br

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.
Environmental perception and land use by farmers of organic and conventional systems in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

The raising of organic aliment's markets is promoting the interest of farmers in the organic production systems. The adepts of this system implement substantial changes in their production methods, by acquiring technical and empirical associated knowledge. Therefore, it is necessary to do studies to evaluate the organic agriculture systems on this point of view, comparing it with the conventional model of production, focusing on the social, economic and environmental aspects. This study had as objective the regional diagnostic of the social, economic and environmental aspects of the organic and conventional agricultural systems in the Sussuanha district below the municipality of North Guaraciaba-CE. Four farmers that practice organic agriculture were interviewed, as well as, twenty producers of the conventional systems characterizing all the social context and changes on life quality along the time. In the organic agricultural system, the interactions between farmers and environment carried out the improvement of the life quality. On the other hand, in the conventional system of production characterized by the use of agrotoxic substances and chemical fertilizers, still focused on the maximum production with out care of any environmental conservation. This situation is reflected by the continuous use of agrotoxics, marketing restrictions, and land degradation by lowering the natural fertility of the soil on this kind of production system.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vêm crescendo, no Brasil, o número de adeptos da agricultura orgânica, impulsionados pela demanda gerada por um mercado de consumidores que buscam alimentos produzidos sem agrotóxicos. As áreas de agricultura orgânica são pequenas quando comparadas ao total de áreas cultivadas no Brasil, porém o crescimento anual estimado em 30% pode significar, no futuro, uma participação maior deste setor no mercado de alimentos (Darolt, 2002).

Os consumidores urbanos, principalmente das grandes cidades, sentem diariamente os efeitos da redução da qualidade de vida causada por fatores antrópicos (poluição atmosférica, elevação da temperatura, sedentarismo, baixa longevidade etc) do modelo de desenvolvimento classificado como “moderno”. O modelo social exige das famílias a adoção de praticidade e rapidez nas relações pessoais e profissionais, impulsionando o crescimento das indústrias de alimentos voltadas para a produção de alimentos prontos, congelados, enlatados e modificados, que ocupam as prateleiras dos supermercados e atendem os restaurantes de alimentação rápida (Cerveira & Castro, 1999; Souza & Resende, 2003).

Entretanto, a opção por esse tipo de alimento, dada a sua produção em larga escala, com o uso maciço de agrotóxicos e fertilizantes químicos, vem gerando problemas de saúde na população (Souza & Resende, 2003). Vislumbrando esse mercado promissor, muitos agricultores, na sua grande maioria classificados como familiares, começaram a produzir, individualmente ou em associação, produtos sem agrotóxicos. O sucesso deste produto é constatado pela fácil aceitação por parte dos consumidores e pela insuficiência de produção para atender a esse mercado.

Em uma visão mais ampla, a agricultura orgânica extrapola o simples objetivo de produzir sem agrotóxico, passando a agir positivamente no meio ambiente, nas relações trabalhistas, na cadeia produtiva e na saúde do homem do campo, buscando atingir um padrão sustentável de produção.

Histórico da agricultura orgânica

A agricultura convencional é descrita como o conjunto de técnicas produtivas que surgiram em meados do século XIX, conhecida como a 2ª revolução agrícola, que teve como suporte o lançamento dos fertilizantes químicos por Liebig. Este sistema expandiu-se após as grandes guerras, com o emprego de sementes manipuladas

geneticamente para o aumento da produtividade, associado ao emprego de agroquímicos (agrotóxicos e fertilizantes) e da maquinaria agrícola. O agricultor é dependente por tecnologias/recursos/capital do setor industrial, que devido seu fluxo unidirecional leva à degradação do ambiente e à descapitalização, criando uma situação insustentável à longo prazo (Ehlers, 1999).

A “Revolução Verde”, ocorrida na agricultura após o término da Segunda Guerra Mundial, teve como principal característica o uso em larga escala de insumos químicos no intuito de elevar a produtividade agrícola. Embora essa mudança de paradigma na agricultura tenha nascido em países desenvolvidos, houve interesse em difundi-la mundialmente sob alegação de que iria acabar com a fome. Todo um pacote tecnológico (sementes melhoradas, fertilizantes químicos e agrotóxicos) foi vendido para os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Decorridos 50 anos, observam-se problemas como: pragas resistentes a agrotóxicos; contaminação da água, do solo e dos alimentos; eliminação de inimigos naturais; erosão, compactação e salinização do solo; e êxodo rural, devido a mecanização da produção (Rosset, 1995; Watanabe, 2000).

O modelo agrícola implantado com a “Revolução Verde” embora tivesse contribuído para os sucessivos recordes de produtividade agrícola e redução da pressão do desmatamento em áreas nativas, não se traduziu num modelo sustentável (Primavesi, 2001). A sustentabilidade de um sistema agrícola requer o uso racional dos recursos naturais tendo em vista a perpetuidade produtiva deste bem. O modelo convencional de agricultura requer um aporte elevado e contínuo de insumos industriais (fertilizantes, defensivos químicos etc) para a manutenção do sistema, apresentando baixa eficiência no uso de energia (Gliessman, 2000).

Contrapondo a esse modelo, surgiu uma corrente de pensamento intitulado de “agricultura alternativa” em que a filosofia da produção baseia-se na sustentabilidade do sistema. Agricultura biodinâmica, ecológica e orgânica, entre várias correntes, propõem um paradigma agrícola dentro dos princípios ecológicos. O uso eficiente da energia no sistema e a reduzida dependência de recursos externos para produção atraem vários adeptos interessados no cultivo ecológico, cujos produtos visam atender ao mercado de consumidores orgânicos (Assis et al., 1995; Cerveira & Castro, 1999; Gliessman, 2000).

Os agroecossistemas alternativos buscam atingir a sustentabilidade através da conservação dos recursos renováveis, adaptando a agricultura ao ambiente, com a manutenção de um nível alto e sustentável de produtividade (Altieri, 1989). Nesse contexto, a sustentabilidade só é alcançada por meio da adoção de práticas agrícolas

fundamentadas pelo conhecimento dos processos ecológicos que acontecem nas áreas produtivas e, em dimensão mais ampla, no meio ambiente em que ela se insere (Roberts, 1995; Gliessman, 2000).

O conceito de sustentabilidade é amplo, havendo diversas definições de agricultura sustentável e todas incorporam os seguintes itens (Ehlers, 1999):

- Manutenção a longo prazo dos recursos naturais e da produtividade agrícola;
- O mínimo de impactos adversos ao ambiente;
- Retornos adequados aos produtores;
- Otimização da produção das culturas com o mínimo de insumos químicos;
- Satisfação das necessidades humanas de alimentos e de renda;
- Atendimento das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais.

Em sistemas de cultivo orgânicos, a manutenção da produtividade elevada depende do conhecimento da dinâmica da matéria orgânica do solo (Miyasaka et al., 1997). Esse conhecimento abrange aspectos relacionados ao destino da matéria orgânica aplicada ao solo, mecanismos de transformação e reação de seus componentes e subprodutos, assim como seus efeitos no solo (Miyasaka et al., 1997).

A agricultura orgânica é o sistema de produção que exclui o uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos, reguladores de crescimento e aditivos para a alimentação animal, compostos sinteticamente (AAO, 2005). É baseado em técnicas que conduzem ao uso equilibrado do solo. Práticas como o preparo mecânico do solo com baixo impacto na estrutura, aplicação de adubos orgânicos, uso de adubação verde com leguminosas, adoção de cobertura morta, manejo de plantas espontâneas, uso de biofertilizantes e adubações minerais auxiliares de baixa solubilidade (Souza, 2000).

Agricultura orgânica no Brasil

O modelo agrícola de produção orgânica foi implantado no Brasil no início da década de 1970, ocasião em que ocorria discussão sobre os impactos causados pela agricultura convencional no país. Até 1995, o desenvolvimento da agricultura orgânica no Brasil aconteceu em ritmo lento, mesmo com a criação de fundações e institutos direcionados ao estudo do sistema orgânico (Instituto Biodinâmico, Instituto Verde Vida de Desenvolvimento Rural e Associação de Agricultura Orgânica, dentre outros). Após este período é que se observa o aumento de adeptos ao cultivo orgânico, impulsionados pela demanda por seus produtos gerada por consumidores conscientes da importância nutricional da alimentação orgânica (Darolt, 2002).

O Ministério da Agricultura e do Abastecimento disciplinou a produção de produtos orgânicos vegetais e animais através da Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999. Segundo esta instrução, considera-se sistema orgânico de produção agropecuária e industrial, todo aquele em que se adotam tecnologias que otimizem o uso de recursos naturais e sócio-econômicos, respeitando a integridade cultural e 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 outros insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados (OGM/trangênicos), ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e de consumo, e entre os mesmos, privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana, assegurando a transparência em todos os estágios da produção e da transformação, visando:

- a) a oferta de produtos saudáveis e de elevado valor nutricional, isentos de qualquer tipo de contaminantes que ponham em risco a saúde do consumidor, do agricultor e do meio-ambiente;
- b) a preservação e a ampliação da biodiversidade dos ecossistemas, natural ou transformado, em que se insere o sistema produtivo;
- c) a conservação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, da água e do ar;
- d) o fomento da integração efetiva entre agricultor e consumidor final de produtos orgânicos, e o incentivo à regionalização da produção de produtos orgânicos para os mercados locais.

O Brasil apresenta um mercado consumidor de produtos orgânicos em franca ascensão, que juntamente com a demanda internacional por gêneros agrícolas ecologicamente produzidos, estimulam a adesão de agricultores de várias regiões brasileiras a converter o sistema convencional para orgânico (Assis et al., 1995; Cerveira & Castro, 1999). Em 2004, houve uma previsão que o Brasil exportasse 115 milhões de dólares em alimentos de produção orgânica devidamente certificados, com destaque para soja e o café (APEX, 2005).

A agricultura orgânica no Estado do Ceará e na Chapada da Ibiapaba

O Estado do Ceará apresenta aproximadamente 90% de sua área situada no semi-árido, e o restante, em ambientes úmidos. A agricultura de subsistência e tradicional caracterizam a maioria das pequenas propriedades enquanto que extensas áreas são destinadas aos grandes projetos de irrigação voltados para fruticultura,

alicerçados no uso maciço de insumos (ICID, 1992). Algumas iniciativas de sistemas agrícolas alternativos vêm sendo implantadas em várias áreas do estado, com maior ênfase para sistemas de cultivo orgânico.

Uma das primeiras experiências para implantar a proposta da agricultura orgânica no nordeste do Brasil aconteceu no município de Tauá-CE, no período de 1991-1996. O Centro de Pesquisa e Assessoria (ESPLAR) organizou agricultores desse município para realizarem o manejo ecológico do algodoeiro arbóreo, visando a convivência produtiva com o bicudo (Lima, 2001). A base deste projeto era fundamentada em dois pontos básicos: 1. a conservação do solo e a recuperação da sua fertilidade; 2. a melhoria da qualidade da semente utilizada nos plantios (Lima & Joca, 1990).

A agricultura desenvolvida na região da Chapada da Ibiapaba é caracterizada predominantemente pela produção de olerícolas seguindo-se o modelo convencional de produção, onde o uso de agrotóxicos e adubos químicos em quantidades abusivas configuram a estrutura desse modelo. A dependência de aportes energéticos e financeiros elevados caracterizam o sistema de produção convencional que gera uma produção final de alto impacto ecológico, elevado custo energético e baixa margem de lucro aos agricultores. Somando-se a este panorama e agravando-o, têm-se a redução da qualidade de vida dos produtores e consumidores de produtos convencionais, conseqüência dos efeitos nocivos dos agrotóxicos utilizados no manejo das culturas.

Os impactos ambientais causados pela agricultura convencional em Guaraciaba do Norte vem tendo destaque nos meios de comunicação em massa, principalmente, devido a contaminação humana e ambiental proveniente do uso abusivo de agrotóxicos. A importância deste fato passa a ter um interesse maior da opinião pública em virtude da região ser considerada um celeiro de produtos hortifrutigranjeiros para o Estado do Ceará.

A agricultura orgânica vem apresentando substancial desenvolvimento na região da Chapada da Ibiapaba, Estado do Ceará, principalmente no município de Guaraciaba do Norte, onde alguns agricultores com passado de cultivo convencional aderiram ao sistema orgânico de produção, visando abastecer com produtos orgânicos a Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica (ADAO), sediada em Fortaleza-CE e constituída por 460 associados. Esses agricultores aderiram ao sistema orgânico de produção visando obtenção da melhoria da qualidade de vida, comprometida até então

devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos e contaminação dos produtos agrícolas (Mapurunga, 2000).

Este trabalho propõe a avaliação dos impactos sociais, culturais e ambientais ocasionados pela implantação do modelo de cultivo orgânico por agricultores do município de Guaraciaba do Norte-CE em comparação com o modelo convencional predominante na região.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades agrícolas que adotam os sistemas de cultivo orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará, no período de abril à junho de 2003.

O município de Guaraciaba do Norte está localizado na chapada da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, distando 312 km da capital Fortaleza, apresentando: latitude de 04°10'01'' S e longitude de 40°44'51'' W, área de 537,10 km² e altitude de 902 m. A vegetação predominante na região é do tipo Carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa alta), nas áreas mais secas e de baixa pluviosidade, e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular, nas regiões serranas e de mata úmida. A unidade geomorfológica em que se encontra o município é denominada de Superfície Cuestiforme do Planalto da Ibiapaba, com classes de solo predominantes referidas como Neossolos Quartzarênicos e Latossolos. A economia do município é predominantemente agrícola, com mais da metade da população residente na zona rural (IPLANCE, 1998; IBGE, 2005).

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2003) mostram uma pluviosidade média anual do município de 1.243 mm, irregularmente distribuída ao longo do ano e com concentração nos meses de janeiro à junho. A temperatura média das máximas é de 32°C e a das mínimas é de 20°C (Figura 1).

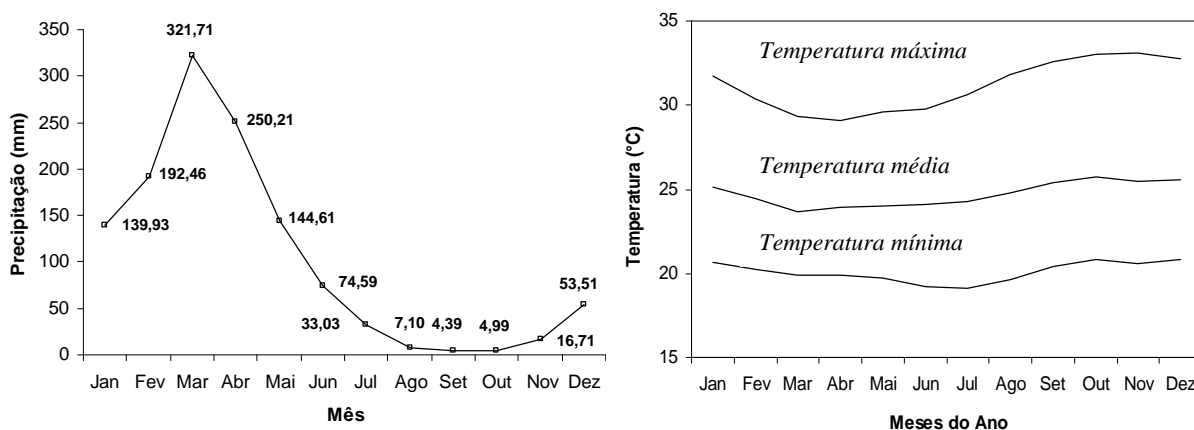


Figura 1. Pluviosidade e temperaturas média, máxima e mínima mensal (2003) do município de Guaraciaba do Norte-CE.

O perfil agrário do município é caracterizado pela existência de 998 propriedades rurais, sendo 95,79 % do total é representado por pequenas propriedades

com área de até 50 ha. Por se constituir em região potencialmente produtora de olerícolas, destinadas ao abastecimento da capital Fortaleza e de outros municípios circunvizinhos, esta atividade é considerada como de alta prioridade para efeito de financiamento agrícola pelo Banco do Nordeste (IPLANCE, 1998).

Os solos existentes nas áreas da pesquisa, baseado em critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), são classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico. Os conteúdos de areia estão acima de 80%, e de argila, abaixo de 15% na superfície e subsuperfície do solo (Quadro 1), o que enquadra este solo na classificação textural de arenoso. As principais características químicas de um solo de referência (mata) das áreas de estudo podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 1 - Características físicas das camadas de solo da área de referência (mata) no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Areia Total (g kg ⁻¹)	874	888	879	877	848	843	826
Areia m. grossa (g kg ⁻¹)	15	17	9	16	23	25	18
Areia grossa (g kg ⁻¹)	175	153	148	88	138	143	151
Areia média (g kg ⁻¹)	398	417	413	358	423	363	403
Areia fina (g kg ⁻¹)	257	270	282	371	226	270	208
Areia m. fina (g kg ⁻¹)	29	31	27	44	38	42	46
Silte (g kg ⁻¹)	28,50	35,8	17,5	31	32	38,5	52,5
Argila (g kg ⁻¹)	98,50	78	106,5	100	124	127	128,5
Argila disp. em água (g kg ⁻¹)	50	36	48	54	67,5	70	101
Grau de floculação (%)	49	54	55	46	46	45	21
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa

Quadro 2. Características químicas das camadas de solo da área de referência no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
pH em água	4,66	4,62	4,54	4,54	4,79	4,94	4,80
CE, dS m	0,72	0,59	0,21	0,10	0,26	0,13	0,20
P, mg dm ³	1,8	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2
K ⁺ , mg dm ⁻³	23	12	10	8	4	6	6
Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,33	0,11	0,09	0,08	0,06	0,08	0,08
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,60	0,80	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
H ⁺ + Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	5,6	4,9	4,9	5,3	4,3	4,3	4,3
SB, cmol _c dm ⁻³	0,84	0,14	0,12	0,10	0,07	0,18	0,14
CTC _e , cmol _c dm ⁻³	1,44	0,94	1,12	1,10	0,87	0,98	0,94
CTC _T , cmol _c dm ⁻³	6,44	5,04	5,02	5,4	4,37	4,48	4,44
V, %	13	2,8	2,4	1,9	1,6	4	3,2
m, %	41,7	85,1	89,3	90,9	92	81,6	85,1
P rem, mg cm ⁻³	40	36,2	32,2	30,1	26,5	22,8	22,6

A pesquisa foi desenvolvida em propriedades agrícolas localizadas no distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte-CE (Figura 2). Além das propriedades plotadas no mapa da Figura 2, outras propriedades foram escolhidas no mesmo distrito em função do sistema de cultivo em estudo (orgânico e convencional).

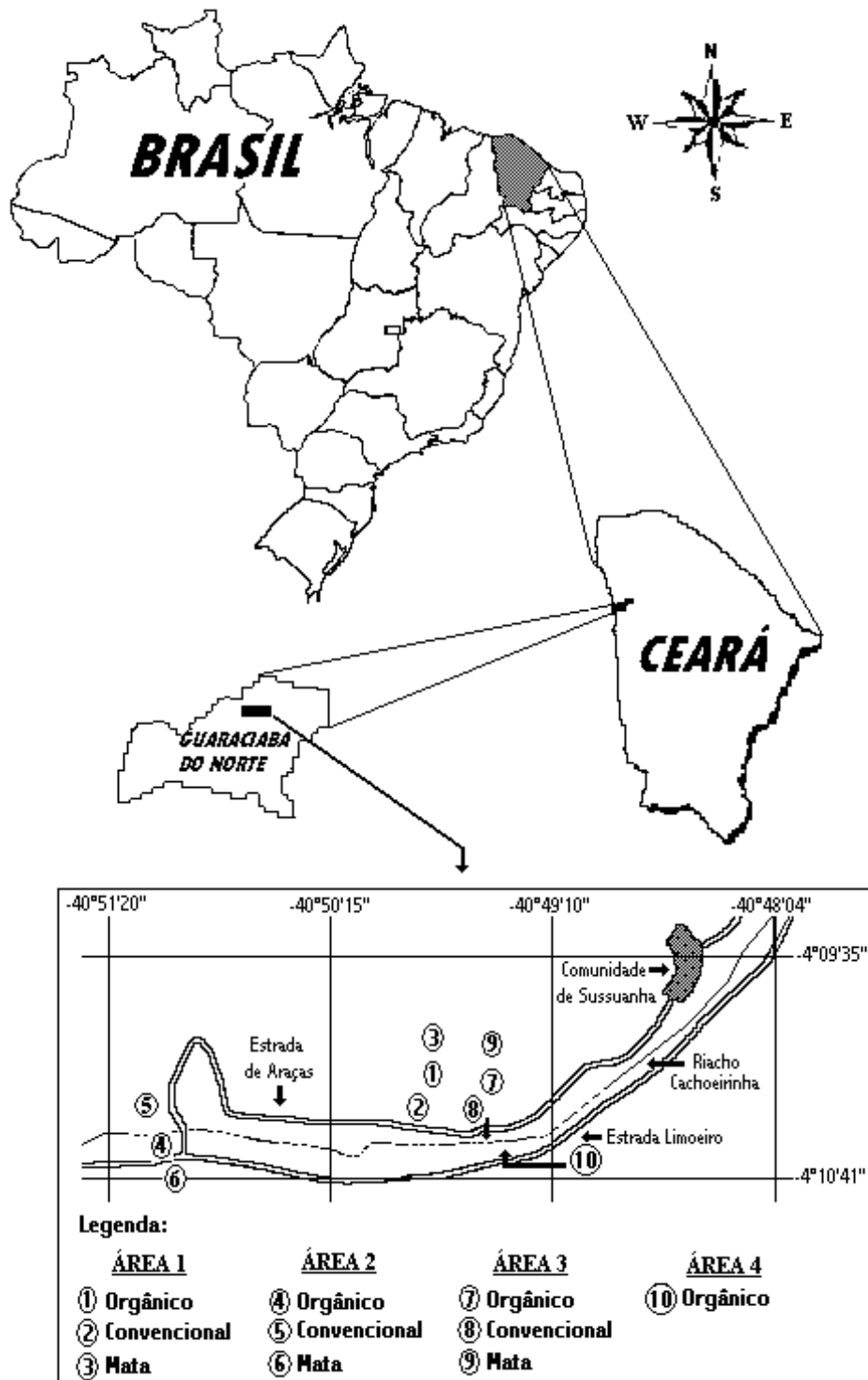


Figura 2. Localização de diferentes sistemas de cultivo em quatro áreas do distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará.

Após a seleção das áreas de estudo, procedeu-se a caracterização do seu meio físico através do levantamento do histórico de cultivo, manejo etc. O levantamento destas informações foi proveniente do depoimento dos proprietários assim como da observação “in loco” dos procedimentos técnicos realizados no manejo do solo.

O sistema orgânico de cultivo é caracterizado pela adubação orgânica (biofertilizantes, compostagem e adubação verde com várias espécies), controle de pragas e doenças com uso de inseticidas naturais, incorporação de restos culturais, rotação e consorciação de culturas. Todas estas práticas tem como enfoque a melhoria da qualidade biológica do solo (Quadro 3).

Quadro 3. Sequência de práticas de manejo do solo e da cultura adotadas em sistema de produção orgânica na Chapada da Ibiapaba-CE.

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Aração ou gradagem	Incorporar ao solo a vegetação nativa (pioneira) com a gradagem ou então da adubação verde (área já cultivada) através da aração.	Prática realizada com o uso do trator.
2	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico uma única vez em áreas pioneiras no cultivo orgânico, aplicando-se 2 ton./ha. Após passar a grade na vegetação nativa (etapa 1), aplica-se o calcário e faz-se nova gradagem. Se a área foi cultivada antes, usa-se apenas o fosfato de rocha (0,8 ton./ha) para correção.
3	Levantamento dos canteiros	Criar espaços para plantio e desenvolvimento das plantas olerícolas	Nesta etapa os canteiros são construídos com as dimensões de 2 m de largura por 18 a 20 m de comprimento. O trabalho é feito utilizando implementos manuais, 20 dias após a incorporação da adubação verde ou imediatamente após a aplicação do calcário.
4	Adubação orgânica de fundação	Elevar os teores de matéria orgânica do solo e melhorar a nutrição das plantas	É realizada após o levantamento dos canteiros, utilizando-se composto orgânico na quantidade de 12 kg/m ² (áreas pioneiras) ou 4 kg/m ² (área já cultivada). O esterco que compõem o composto provém do sertão, onde as criações de gado geralmente é manejada semi-intensiva e sem aditivos químicos).

Quadro 3. Continuação...

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
5	Plantio	Cultivar as plantas olerícolas de interesse dos consumidores orgânicos	O plantio é feito de forma manual, sendo utilizado sequências de 2 a 3 canteiros paralelos por olerícolas de famílias botânicas distintas (Aliáceas, Brassicáceas, Asteráceas, Cucurbitáceas, Quenopodiáceas, entre outras). A consorciação é feita com culturas de grande porte (feijão, milho, mandioca etc) em outras áreas.
6	Adubação de manutenção	Realizada com a finalidade de complementar a adubação de fundação	É feita com composto (a quantidade é determinada empiricamente, dependendo do comportamento do solo após a primeira colheita no canteiro). Geralmente aplica-se 1 kg por m ² e biofertilizante (pulverização foliar).
7	Controle de pragas e doenças	Redução do nível de ataque para uma situação economicamente viável.	Utiliza-se preparados de nim, caldas bordalesa e sulfocálcica, manipueira, biofertilizantes, entre outros.
8	Colheita	Obtenção da produção para atender o mercado de consumidores orgânicos.	Realizada duas vezes por semana de forma manual.
9	Período de pousio (desativação temporária da produção da área)	Período de descanso da área onde se cultiva espécies leguminosas e gramíneas.	Esta etapa dura de 4-6 meses e inicia-se após ser percebida uma queda na produção da área. A incorporação das plantas no solo é feita quando se tem uma biomassa vegetal elevada na área (inicia-se a etapa 1).

As olerícolas utilizadas para cultivo nas áreas orgânicas são: abóbora, abobrinha, acelga, alface americana, alface crespa, alface lisa, alface roxa, alho-poró, batata doce, berinjela, brócolis, cebola, cebolinha, cenoura, coentro, couve-flor, couve-folha, espinafre, hortelã, jiló, manjeriço, pepino, pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, salsa, tomate (em estufa) e vagem.

No sistema convencional de cultivo das olerícolas, as culturas multiplicadas predominantemente são o tomate, repolho e pimentão, principalmente pelo seu valor econômico. Estas áreas são caracterizadas pelo monocultivo, o uso da adubação química e o controle de pragas e doenças pelo uso de agrotóxicos (Quadro 4).

Quadro 4. Seqüência de etapas de manejo do solo e da cultura em sistemas de produções convencionais na Chapada da Ibiapaba.

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Roçagem da vegetação nativa	Cortar as plantas maiores	O material vegetal derrubado é concentrado em um local da área (coivaras)
2	Queimada	Limpar o terreno do material vegetal originário da roçagem	Coloca-se fogo no material vegetal concentrado na área
3	Aração	Revolvimento do solo da área	Realizado com auxílio do trator
4	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico aplicando-se 4-5 toneladas/ha
5	Abertura de covas	Preparar o leito para o plantio das mudas	Feita manualmente com auxílio da enxada.
6	Adubação de fundação	Fornecer nutrientes para as futuras plantas	Usa-se esterco fresco (2 kg/cova), sendo irrigado por 15-20 dias, e em seguida, aplica-se na cova de 50 a 100 gramas da formulação NPK 20-10-20.
7	Plantio	Multiplicar as plantas de melhor valor comercial	É realizado manualmente com as mudas compradas em viveiros comerciais.
8	Adubação de manutenção	Suplementar a adubação de fundação para atender as necessidades das plantas	Realizada manualmente e a cada 8 a 10 dias, colocando-se de 20 a 25 g da formulação química NPK 20-10-20 por planta.
9	Controle de pragas e doenças	Controlar a ocorrência de insetos e doenças na plantação	Aplicam-se agrotóxicos com pulverizador costal.
10	Colheita	Obter produção para venda nos mercados consumidores da capital do CE e estados do MA e PI	Colheita realizada manualmente e sem respeitar o período de carência dos agrotóxicos aplicados.

Diagnóstico Regional dos Sistemas Agrícolas

Foi realizado um diagnóstico regional nas propriedade rurais, caracterizando os impactos sociais e ambientais da agricultura convencional e orgânica, seguindo-se critérios citados por Altieri (1989), Cardoso (1993), Mapurunga (2000) e Gomes (2002). As informações obtidas em campo são provenientes da entrevista de 7 agricultores orgânicos e 21 agricultores convencionais, aos quais foram aplicados

questionários para avaliar aspectos sócio-econômico-culturais dos produtores e os aspectos ambientais da unidade produtiva. Este diagnóstico foi realizado no período de abril à junho de 2003. Os objetivos destas entrevistas foram constatar se o padrão regional de cultivo do solo, sejam nas modalidades orgânica ou convencional, funcionamento da cadeia produtiva, relações de trabalho, conhecimentos técnicos e empíricos, consciência ambiental, cultura popular, qualidade de vida e desenvolvimento humano. As perguntas foram feitas de forma aberta sem induzir as respostas com opções pré-definidas, deixando o entrevistado a vontade para expressar sua realidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico regional

Os resultados obtidos das entrevistas foram trabalhados em função das diferenças apresentadas dentre os vários aspectos levantados nas propriedades orgânicas e convencionais, com o objetivo de se avaliar aspectos sócio-ambiental dos sistemas de cultivo orgânico e convencional.

Sistema Convencional de Produção

Os agricultores convencionais estabelecidos na região de Guaraciaba do Norte são caracterizados por possuírem, na sua maioria, área inferior a 50 ha e estarem classificados predominantemente, de acordo com o módulo fiscal, como minifúndios e pequenas propriedades (IPLANCE, 1998). A área realmente produtiva geralmente é inferior a 5 ha, utilizados para o cultivo de olerícolas com boa cotação de preço no mercado, tais como tomate e repolho (Figuras 3 e 4).



Figura 3. Cultivo convencional do repolho Figura 4. Cultivo convencional do tomate

O modelo típico de uso do solo pelos agricultores convencionais pode ser observado detalhadamente na Figura 5. Observou-se que o solo passa por um período de pousio, onde a vegetação natural entra em estágio inicial de regeneração. Após alguns meses, o agricultor faz a aração, abre as covas e aplica esterco de gado ou de frango não decomposto. Durante 15 à 30 dias, é realizado a irrigação das covas com o objetivo de promover condições favoráveis para as reações microbiológicas de decomposição. Neste estágio, a cova começa a receber o adubo químico (geralmente usa-se a fórmula NPK 20-10-20), difundido entre os agricultores como a ideal para o solo. Em seguida, o agricultor cultiva o tomate e o repolho. Após a retirada destas culturas, o agricultor

passa a aproveitar o efeito residual da adubação com o plantio de batata-doce e, em seguida, realiza o consórcio da cultura da mandioca (comumente chamada de roça), milho e feijão. Após a colheita, o solo é deixado em pousio, começando-se um novo ciclo.

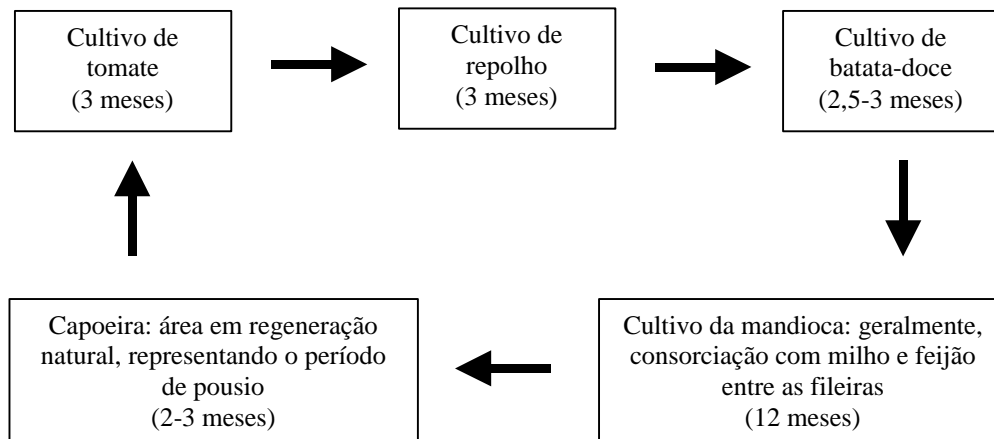


Figura 5. Modelo rotacional típico de uso do solo pelos agricultores convencionais de olerícolas na Chapada da Ibiapaba-CE.

Geralmente, os agricultores utilizam áreas próprias. Entretanto, há casos de arrendamento da terra de forma diferente do tradicional. O arrendatário utiliza a terra na condição de que proceda as devidas adubações químicas e orgânicas, produzindo por um ou dois ciclos culturais (tomate, repolho ou pimentão), devolvendo, em seguida, ao proprietário. Nessa condição, o proprietário satisfaz em produzir batata-doce e milho e feijão, posteriormente, na mesma área, aproveitando o efeito residual da adubação realizada pelo arrendatário. Este tipo de relacionamento de uso do solo cria a figura denominada na região de estrumador (arrendatário).

O agricultor utiliza recursos financeiros próprios para produzir no primeiro ciclo, sendo obrigado, na maioria das vezes, a assumir dívidas no comércio local, principalmente nas revendas de produtos agrícolas, através da relação insumo-produção, ou seja, com a colheita as dívidas são quitadas. Caso ocorra o fracasso na produção, novo crédito é estabelecido até que o agricultor consiga recursos suficientes para quitar suas dívidas. Esta relação entre o comércio local e agricultores impulsiona o mercado local, porém, gera, como consequência uma dependência permanente do agricultor.

Na região da Chapada da Ibiapaba encontram-se aproximadamente 30 revendedoras de agrotóxicos, grande parte voltada para cultura do tomate, principal cultura e grande consumidora de pesticidas agrícolas (SEMACE, 2004). Em Guaraciaba do Norte, constata-se no mercado de agrotóxico o envolvimento de agrônomos na venda

e divulgação dos produtos, inclusive com o deslocamento diretamente à propriedade, no intuito de oferecer gratuitamente “assistência técnica”, porém, vinculada a venda de agrotóxicos. No Quadro 4 são apresentados os agrotóxicos mais comumente utilizados pelos agricultores de Guaraciaba do Norte e o grau de toxicidade dos mesmos.

Quadro 4. Principais agrotóxicos utilizados pelos agricultores convencionais do município de Guaraciaba do Norte-CE

Nome comercial	Faixa indicativa de cor	Toxicidade	Descrição
Lannate	vermelha	Extremamente tóxico	Inseticida do grupo dos carbamatos
Elsan	vermelha	Extremamente tóxico	Inseticida e acaricida sistêmico do grupo dos
Tamaron	amarela	Muito tóxico	Inseticida e acaricida sistêmico do grupo dos
Talcord	azul	Moderadamente tóxico	Inseticida do grupo dos Piretróides
Karate	azul	Moderadamente tóxico	Inseticida do grupo dos Piretróides
Thiobel	azul	Moderadamente tóxico	Inseticida do grupo dos tiocarbamato
Decis	azul	Moderadamente tóxico	Inseticida e acaricida do grupo dos Piretróides
Curacron	azul	Moderadamente tóxico	Inseticida e acaricida do grupo dos organofosforados
Orthene	verde	Pouco tóxico	Inseticida do grupo dos organofosforados

Fonte: informações obtidas de agricultores e lojas agropecuárias de Guaraciaba do Norte-CE.

A incorreta utilização destes compostos pode ser constatada pela ausência de uso de proteção durante a aplicação do produto. É comum afirmações do tipo: “...os venenos de hoje em dia são muito fracos, bate na praga e não mata, mesmo preparando ele mais forte. Já pulverizei muito e nunca senti nada”. Em geral, em grande parte dos casos, as embalagens dos produtos químicos não têm o destino adequado, sendo, muitas vezes, utilizadas para enfeitar as estacas do tutoramento do tomateiro ou, então, jogadas nas entrelinhas das culturas (Figuras 6 e 7).

O uso de agrotóxicos ocorre sem conhecimento técnico necessário das consequências relativas aos excessos praticados, bem como pela falta de uso de equipamentos de proteção individual.



Figura 6. Embalagens de agrotóxicos espalhadas na área de produção



Foto 7. Embalagem de agrotóxico sobre o solo

O uso exagerado de agrotóxicos nas lavouras poder ser constatada em dados de pesquisa que afirmam que o consumo médio de agrotóxico no Brasil é de 1,5 kg/ha/ano, sendo a fruticultura consumidora de 8 kg/ha/ano e a horticultura chegando a 10 kg/ha/ano, o que coloca o país como o terceiro consumidor do mundo de agrotóxico, perdendo apenas para o Estados Unidos e para o Japão (Ponte, 1998; Jornal O POVO, 2005). Quando se analisa a região da Chapada da Ibiapaba, constata-se que a situação é alarmante. A utilização de inseticidas organofosforados, carbamatos, piretróides e nicotinóides e fungicidas protetores e sistêmicos, está aumentando a preocupação com relação a poluição do lençol freático, a contaminação de solos, a existência de resíduos químicos em alimentos, a contaminação de água potável, o aumento dos casos de suicídios e intoxicações por substâncias químicas, e poluentes orgânicos persistentes (MMA, 2003).

Este quadro é agravado pela falta de compromisso do agricultor com relação ao tempo de carência dos produtos, o que pode ser verificado por ocasião da colheita, constatando-se resíduos recém aplicados, principalmente o tomate.

O destino da produção do agricultor tem sido a venda diretamente na Central de Abastecimento (CEASA) do município de Tianguá (quando os agricultores possuem recursos financeiros para o transporte) ou a venda para atravessadores que adquirem os produtos diretamente na propriedade, praticando normalmente preços baixos e geralmente após a venda do produto, situação esta muitas vezes acompanhada pelo calote do atravessador. O lucro pode enriquecer o produtor (quando a cotação do produto esta em alta) ou ser muito pequeno, pois prejuízos ocasionados por pragas e

doenças ou preços baixos podem acontecer, deixando-o endividado. Pode-se afirmar que o mercado e as condições ambientais ditam o futuro do agricultor.

A relação dos agricultores com os recursos naturais baseia-se na dependência do meio ambiente: retiram lenha seca das matas para usar no fogão; utilizam e sabem da importância do rio para a sua sobrevivência; sabem que o desmatamento traz problemas para a agricultura (pragas e doenças); cultivam a roça e legumes, armazenando a produção para o sustento da família; enterram o lixo produzido pela família em barreiros (buraco no solo); acreditam na influência da lua na produção (plantar em lua minguante é produção baixa) e mantêm relação de solidariedade na comunidade. Além disso, o agricultor se preocupa com a família, fazendo uma poupança pelo aumento do rebanho de animais domésticos de criação (geralmente de gado). Quando as dificuldades aumentam, o agricultor vende alguns para saldar suas dívidas.

Sistema Orgânico de Produção

Na Chapada da Ibiapaba esse paradigma surgiu como resposta a agressão ambiental ocasionada pelos agrotóxicos utilizados na agricultura convencional. Por ser uma região onde predomina a produção de hortifrutigranjeiros, a região tornou-se foco de discussão de técnicos e de denúncias da imprensa pelo fato dos agrotóxicos estarem contaminando os próprios agricultores, além dos produtos.

Em 1997 foi fundada a ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), uma organização sem fins lucrativos, tendo como finalidade a fomentação da produção e do consumo de produtos orgânicos. A ADAO é uma associação de consumidores de Fortaleza/CE, que conscientes da salubridade da alimentação orgânica, financiam agricultores associados na produção orgânica nas áreas certificadas. A comprovação da origem dos produtos orgânicos é dada pela confiança da relação agricultor-consumidor, devido a inviabilidade econômica (elevação de custos de produção) para aquisição do selo orgânico da certificadora IBD. Atualmente são 460 consumidores associados a ADAO, que através de um valor pago mensalmente, recebem semanalmente uma cesta básica mínima (CBM) composta por 10 variedades de olerícolas ou da escolha livre dos produtos em dois pontos de distribuição em Fortaleza.

A figura do atravessador não existe nesta modalidade de relação produtor-consumidor, pois a ênfase no processo é dada ao comércio justo. De um lado, tem-se os produtores que ficam responsáveis em cultivar as olerícolas e frutíferas de interesse dos

associados, e do outro lado, existe os consumidores que pagam para que o produtor produza organicamente.

Anualmente, a ADAO realiza assembléia geral com presença de todos os associados (produtores e consumidores) com a finalidade de definir o calendário agrícola do ano, determinando a relação de produtos que os agricultores deverão produzir mensalmente e os respectivos valores a serem pagos por produto. O interessante nesta assembléia é que o distanciamento existente na relação produtor-consumidor no modelo de produção convencional aqui não existe. Os consumidores têm contato direto com os produtores e gera-se a responsabilidade ética de ambas as partes, com objetivo de produzir com qualidade.

A receita proveniente da arrecadação mensal realizada pela ADAO junto aos consumidores é destinada ao pagamento do transporte dos produtos e da administração da entidade, sendo o restante utilizado para custeio dos produtores orgânicos. Atualmente são 4 produtores orgânicos da ADAO situados em Guaraciaba do Norte, abrangendo 3 olericultores e um fruticultor. Todos os produtores recebem o preço justo pelo que produzem, satisfazendo os preceitos de qualidade de vida de sua família, assim, como permitem que os empregados contratados sejam melhor remunerados

As propriedades orgânicas diferenciam-se em vários pontos da propriedade convencional, tais como: o planejamento da propriedade; a diversificação e rotação das culturas (Foto 8); o manejo do solo (Foto 9); a interação com o meio ambiente (conhecimento holístico do meio); o baixo custo energético dos produtos cultivados e a qualidade de vida dos agricultores devido a não utilização de agrotóxicos (Quadro 5). A baixa dependência de insumos externos das propriedades orgânicas faz com que funcionem como unidades quase autônomas, o que pode ser atribuído a forma organizada e planejada de uso dos recursos existentes na propriedade (sistema integrado de produção).

As propriedades orgânicas são caracterizadas pelo planejamento da área. A base da organização são os conceitos agroecológicos aplicados no manejo do solo e das culturas. Tudo é organizado tentando-se imitar a natureza, o agricultor esta presente como um administrador ecológico da produção. A propriedade é fragmentada em glebas limitadas por cordões de vegetação de gramíneas ou quebra-ventos de árvores, servindo, inclusive, como refúgios para insetos benéficos, controle da erosão e áreas de ciclagem de nutrientes.



Foto 8. Área de cultivo orgânico diversificada



Foto 9. Riqueza do solo em matéria orgânica

Quadro 5. Diferenças entre os sistemas de cultivo orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba

Característica	Cultivo Orgânico	Cultivo Convencional
-Planejamento da propriedade	Realizado com enfoque da manutenção da sustentabilidade da produção	Não existe planejamento
-Manejo do solo	Visa elevar os teores de matéria orgânica do solo e equilíbrio com o meio ambiente	Desvinculação com a limitação da fertilidade do solo. Exaustão do solo.
-Culturas implantadas	Diversificação e rotação de culturas	Monoculturas
-Relação com o meio ambiente	Dependência contínua do meio ambiente	Relação de dominação
-Dependência de insumos externos	Mínima	Total
-Mercado	Restrito	Amplo
-Qualidade dos produtos	Preferência dos consumidores esclarecidos.	De ampla aceitação, devido ao preço e oferta do produto.

Os canteiros construídos são adubados organicamente na fundação com composto produzido na propriedade, constituído de esterco de gado, bagaço de cana, fosfato de rocha, MB-4, EM-4 e melão, tendo o processo de compostagem duração de 70-80 dias. A composição química do composto orgânico utilizado nas propriedades é apresentada no Quadro 6. As diferenças em nutrientes entre os compostos das 4 áreas é atribuída aos diferentes materiais utilizados na preparação dos mesmos.

As culturas implantadas em cada horta só permanecem um ciclo, sendo sucedida por outra cultura de família botânica diferente. Neste modelo, constata-se

diversas hortas espalhadas na gleba, diversificadas nas culturas e em contínuo processo de rotação, o que beneficia o solo e dificulta o surgimento de pragas e doenças.

Quadro 6. Composição química dos compostos utilizados nas propriedades orgânicas das áreas 1, 2, 3 e 4, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	N	P	K	Ca	Mg	C Total	MO	Rel. C/N	Fe	Zn	Mn	Cu
----- % -----								----- mg/kg -----				
1	0,85	0,34	1,64	0,75	0,49	20,10	34,66	23,72	3394,13	48,23	85,93	7,95
2	1,08	0,38	1,01	2,32	0,53	22,67	39,09	20,99	4872,70	104,30	287,97	10,80
3 e 4	1,15	0,28	1,26	0,75	0,46	22,96	39,60	19,92	376,60	34,30	93,63	9,87

Nas bordas e interior das glebas é comum a presença de plantas companheiras ou repelentes (cravo de defunto, urtiga etc) que contribuem no controle das pragas. A presença de mata nativa próxima as áreas de produção orgânica permite que haja um equilíbrio ecológico do ambiente, estando as pragas apenas presentes de forma a causar uma pequena e tolerável perda na produção.

As medidas de controle de pragas e doenças realizadas pelos agricultores orgânicos são provenientes do conhecimento dos produtos naturais obtidos de plantas encontradas na propriedade ou na mata (nim, urtiga, mandioca, entre outras), cujo extrato diluído em proporções adequadas em água é utilizado no combate a pragas e doenças.

A água que abastece a propriedade orgânica é proveniente de poços construídos as margens do riacho Cachoeirinha, denominados poço amazona (Foto 10). Este tipo de poço permite uma melhor qualidade de água para irrigação das olerícolas devido a água contida dentro do poço ser proveniente do lençol freático que abastece o riacho. Importante ressaltar que o riacho citado atravessa várias propriedades convencionais, o que se caracteriza como foco contaminante de suas águas e por consequência das culturas por elas irrigadas.

A análise de água procedida nos poços amazonas (utilizados para irrigar as olerícolas orgânicas) e no riacho cachoeirinha são apresentados no Quadro 7. As quatro áreas de estudo apresentaram água utilizada na irrigação das culturas com classificação C₁S₁, com exceção do poço da área 2 que indicou C₂S₁, as quais são consideradas de boa qualidade, podendo ser utilizadas na maioria dos solos com baixo perigo de salinização e sodificação.



Foto 10. Poço amazonas

Quadro 7. Análise da água dos poços amazonas e do rio cachoeirinha em áreas das propriedades orgânicas

Área	Local	Cátions					Ânions					CE	RAS	pH	SD
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Σ	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	Σ				
		(mmol _e L ⁻¹)										dS m ⁻¹			
1	poço	0,5	0,8	0,5	0,1	1,9	1,4	-	0,4	-	1,8	0,19	0,63	5,6	190
	riacho	0,3	0,2	0,2	0,1	0,8	0,4	-	0,3	-	0,7	0,07	0,45	6,0	70
2	poço	0,8	0,8	1,1	0,6	3,3	3,0	-	0,1	-	3,1	0,33	1,28	5,0	330
	riacho	0,2	0,3	0,3	0,05	0,85	0,6	-	0,2	-	0,80	0,08	0,50	5,8	80
3 e 4*	riacho	0,2	0,2	0,3	0,05	0,75	0,6	-	0,2	-	0,8	0,07	0,60	5,3	70

Legenda: SD – Sólidos dissolvidos

RAS - Razão de adsorção de sódio

* áreas sem poço amazonas

O manejo do solo é um componente importante, senão o principal, nas propriedades orgânicas. Nas áreas em produção, após alguns anos (3-4), o agricultor constata a redução da produção de olerícolas, o que leva ao pousio, por um tempo de seis meses, onde será feito adubação verde com leguminosas e gramíneas (aproximadamente 23 espécies) com posterior incorporação ao solo (Foto 11 e Quadro 8). A adubação verde praticada forma uma ciclagem de nutrientes mais eficiente, com a elevação do teor de matéria orgânica no solo e o enriquecimento com nitrogênio (fixação biológica), possibilitando a recuperação do solo (Souza & Resende, 2003).



Foto 11. Coquetel de leguminosas.

Quadro 8. Relação de espécies e quantidades de sementes que compõem o coquetel de leguminosas e gramíneas preparadas nas propriedades orgânicas de Guaraciaba do Norte-CE

Espécies	Quantidade de Sementes (kg/ha)	Espécies	Quantidade de Sementes (kg/ha)
Feijão de porco	12	Girassol	10
Guandu	4	Sorgo	3
Mamona	4	Kudzu	5
Abóbora	1	Fava	4
Milho	12	Feijão de corda	8
Milheto	2	Leucena	3
Dente de burro	1	Feijão bravo	2
Feijão de rolinha	1	Sorgo	3
Mucuna	30	Calopogônio	2
Crotalária	4	Total	126
Soja	5		
Lab-lab	8		
Tefrosia	1		
Amaranto	1		

No Quadro 9 é apresentado a composição química média do substrato da adubação verde realizada, constatando-se valores elevados de matéria orgânica e baixa relação C/N, potencializando a mineralização rápida do material aplicado. Os macro e micronutrientes presentes no substrato contribuem na elevação da fertilidade dos solos de sistema de cultivo orgânico. A recuperação de solos exauridos pelo cultivo intensivo através do uso de plantas leguminosas e forrageiras é confirmada por vários autores

(Pereira, 1999; Zamberlam & Froncheti, 2001; Pentead, 2003; Souza & Resende, 2003).

Quadro 9. Análise química do substrato da adubação verde em propriedades orgânicas na Chapada da Ibiapaba (valores médios)

Ca	Mg	P	K	N	MO	COT	Relação C/N	Mn	Zn	Cu	Fe	
----- % -----								----- mg/kg -----				
1,8	0,25	0,18	0,45	1,80	73,60	42,69	23,71	17,0	22,8	16,30	179,92	

Esta forma de interagir com o meio ambiente faz do agricultor orgânico um propagador de modelo de produção, atraindo o interesse e a simpatia de muitos agricultores convencionais que não conseguem realizar a ruptura com o modelo convencional. Em muitos aspectos os agricultores orgânicos se assemelham aos agricultores convencionais: tradições, influência da lua, destino do lixo, poupança feita com animais, solidariedade entre vizinhos e comunidade. Assim, não existe um distanciamento cultural entre agricultores orgânicos e convencionais, o que facilita a permeabilidade do paradigma orgânico na agricultura convencional.

Além da ADAO, na região da Chapada da Ibiapaba, surgiu outra associação, a APOI (Associação dos Produtores Orgânicos da Ibiapaba), criada em 2001, formada por 18 famílias de agricultores de Ubajara, Ibiapina, São Benedito e Carnaubal que plantam cerca de 20 tipos de olerícolas. A comercialização é com o Grupo de Supermercados Pão de Açúcar, em Fortaleza. Isso mostra que a agricultura orgânica está em ascensão na região e mudando a forma de pensar e produzir o alimento.

Análise econômica da produção orgânica x convencional

Os resultados econômicos das propriedades orgânicas e das propriedades convencionais são bastante diferenciados (Quadro 10). Mesmo o cultivo convencional apresentando resultados financeiros superiores em relação ao orgânico, para a cultura do tomate, isso é uma situação que acontece apenas na entressafra, quando os preços dos produtos são mais caros no mercado. Entretanto, devido as quedas de produção e preços baixos, os agricultores convencionais freqüentemente tem o lucro reduzido até 1/3 do que é mostrado no quadro, e muitas vezes ficam endividados. O agricultor orgânico tem um lucro garantido devido a maior autonomia e diversidade de produção, o que permite a estabilidade econômica do empreendimento.

Quadro 10. Custo de produção, receita e lucro médio por safra dos agricultores orgânicos e convencionais do município de Guaraciaba do Norte-CE*

Sistema de cultivo	Espécies cultivadas	Produtividade (ton./ha)	Custo de produção (R\$)	Receita (R\$)	Lucro (R\$)	Lucro mensal (R\$)
Orgânico	Olerícolas variadas	12	3.500,00	5.500,00	8.000,00**	2.000,00
Convencional	repolho	55	12.000,00	16.500,00	4.500,00**	1.125,00
Convencional	tomate	40-50	25.000,00	40.000,00	15.000,00**	3.750,00
Convencional	pimentão	24	6.000,00	14.000,00	8.000,00**	2.000,00

* Informações obtidas diretamente com os agricultores, representado valores médios regional

** lucro referente ao ciclo cultural de 4 meses (plantio até a colheita completa)

A rentabilidade superior dos cultivos orgânicos em relação aos convencionais é atribuída aos baixos custos de produção e aos preços estáveis (cotação alta) dos produtos orgânicos no mercado. Essa situação contribui para a elevação da qualidade de vida dos agricultores orgânicos e a manutenção de um modelo produtivo em harmonia com o meio ambiente (Pereira, 1999; Mapurunga, 2000; Darout, 2002).

Mercado de produtos orgânicos

O levantamento realizado junto a consumidores de produtos hortifrutigranjeiros em supermercados de Fortaleza-CE por MAPURUNGA (2000) mostrou a preferência pelo consumo de produtos cultivados sem agrotóxicos (Quadro 11). Entretanto, quando se aborda o aspecto de quanto o consumidor pagaria a mais por um produto orgânico houve uma diferenciação conforme o poder aquisitivo da família. Isso demonstra a necessidade de redução dos custos de produção dos sistemas orgânicos para viabilizar o acesso universal ao produto.

A consciência ecológica observada localmente, fruto principalmente do trabalho divulgador dos meios de comunicação de massa e pela busca de uma alimentação saudável e natural sem agrotóxico, pode ser extrapolada para a sociedade brasileira. Segundo pesquisa do IBOPE (2005), realizada no período de 8 a 13 de maio, versando sobre o tema “Política Ambiental”, onde foram entrevistados 2.000 indivíduos nas cinco regiões brasileiras, foi constatado que: 68% dos entrevistados estariam dispostos a pagar mais caro por um produto que não polui o meio ambiente, opinião esta abrangendo todas as classes sociais.

Quadro 11. Disposição a pagar por produtos orgânicos pelos consumidores de Fortaleza-CE

Entrevistados* (%)	Renda Familiar (salário mínimo)	Grau de Instrução	Disposição a Pagar ** %
39	0-2	Primário	0
15	2-5	Primário	0
11	2-5	2º grau e superior	Até 25
3	5-10	Primário	Até 25
6	5-10	2º grau e superior	Até 25
1	>10	Primário	Até 25
5	>10	2º grau e superior	Até 50

Fonte: Mapurunga (2000)

*Amostragem de 100 consumidores

**Quanto o consumidor pagaria a mais pelo produto orgânico em relação ao convencional

A qualidade dos produtos orgânicos é um fator impulsionador da preferência dos consumidores. Smith (1993) publicou uma pesquisa de qualidade nutricional dos alimentos orgânicos e convencionais, comparando-os quanto aos teores de macro e micronutrientes e metais pesados. Neste trabalho, foi comprovado a superioridade em teores de minerais e menores teores de metais pesados dos alimentos orgânicos em relação aos convencionais.

Mesmo com a preferência dos consumidores na compra de produtos orgânicos, seria importante ressaltar que esse comércio necessita de maior fiscalização para garantir a qualidade e procedência dos produtos.

CONCLUSÃO

As bases de produção orgânica de olerícolas nas propriedades pesquisadas no município de Guaraciaba do Norte-CE indicam a melhoria na qualidade de vida das famílias envolvidas na atividade. Essa situação é propiciada devido a formas de uso dos bens ambientais nas propriedades orgânicas, alimentação saudável, trabalho em

ambiente salubre e melhor retorno financeiro da produção. Na produção convencional, é constatado o comprometimento da qualidade de vida do agricultor devido ao uso exagerado e inadequado de agrotóxicos e o descompromisso na manutenção da fertilidade do solo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa via PROCAD; ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização da pesquisa; ao IBAMA, órgão do qual sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado; à ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica; aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar, e, enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAO (Associação de Agricultura Orgânica). Disponível em: <<http://www.aao.org.br>>. Acesso em 10 mar. 2005.
- AMBIENTE BRASIL. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 5 de fev. de 2005.
- ALTIERI, M.A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Trad. de Patrícia Vaz. Rio de Janeiro, Agropecuária, 1989. 240p.
- APEX (Agência de Promoção de Exportadores do Brasil). Disponível em: <<http://www.apexbrasil.com.br>>. Acesso em 20 de mar. de 2005.
- ASSIS, R.L.; AREZZO, D.C. & De POLLI, H. Consumo de produtos da agricultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro. Revista de Administração, 1:84-89, 1995.
- CARDOSO, I.M. Percepção e uso, por pequenos agricultores, dos ambientes de uma microbacia no município de Ervália-MG. Viçosa, UFV, 1993. 194p. (Dissertação de Mestrado)
- CERVEIRA, R. & CASTRO, M.C. Consumidores de produtos orgânicos da cidade de São Paulo: características de um padrão de consumo. Informações Econômicas, 12:7-20, 1999.
- DAROLT, M.R. Agricultura Orgânica: inventando o futuro. IAPAR, Londrina, 2002. 250p.
- EHLERS, E. Agricultura sustentável: origem e perspectivas de um novo paradigma. 2 ed. Guaíba, Agropecuária, 1999. 157p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FUNCEME. Dados pluviométricos. 2003. (Boletim digital)
- GLIESSMAN, S.R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Trad. Maria José Guazzelli. Porto Alegre, UFRGS, 2000. 653p.
- GOMES, F.H. Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus-Bahia. Viçosa, UFV, 2002. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- IBGE. Banco de dados do censo 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 mar. de 2005.
- ICID. Desenvolvimento e meio ambiente no semi-árido. Fundação Grupo Esquel Brasil, Brasília, 1992. 166p.

- IBOPE. Opinião Pública: Consumidor se dispõe a pagar mais por produtos anti-poluente. Disponível em: < [http://www.ibope.com.br/calandraWeb/servlet/CalandraRedirect?temp=5&proj=PortalIBOPE&pub=T&db=caldb&comp=Opinião+ Pública&docid=5A461A509C35E9F283256EA500620A03](http://www.ibope.com.br/calandraWeb/servlet/CalandraRedirect?temp=5&proj=PortalIBOPE&pub=T&db=caldb&comp=Opinião+Pública&docid=5A461A509C35E9F283256EA500620A03)>. Acesso em 10 mar. 2005.
- IPLANCE. Perfil básico municipal – Guaraciaba do Norte. Fortaleza, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 1998. 44p.
- JORNAL O POVO. Disponível em: <<http://www.noolhar.com/opovo/ceara/162629.html>>. Acesso em 12 maio 2005.
- LIMA, H.V. Influência dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá-CE. Universidade Federal do Ceará, 2001. 53p (Dissertação de Mestrado)
- LIMA, P.B.F. & JOCA, T.H.P. Manejo ecológico do algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* Marie Galante Hutch.) visando a convivência produtiva com o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), ESPLAR. Fortaleza, 1990. 20p (Projeto de Pesquisa).
- MAPURUNGA, L.F. Análise da sustentabilidade da agricultura orgânica: um estudo de caso. Fortaleza, UFC, 2000. 132p. (Dissertação de Mestrado)
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). Perfil nacional da gestão de substâncias químicas – PNGSQ. Programa de proteção e melhoria na qualidade ambiental. Brasília. 3:68-73, 2003.
- MIYASAKA, S.; NAKAMURA, Y. & OKAMOTO, H. Agricultura natural. 2 ed. Cuiabá, SEBRAE/MT, 1997. 82p.
- PENTEADO, S.R. Introdução à agricultura orgânica. Viçosa, Aprenda Fácil, 2003. 235p.
- PEREIRA, J.C. Roland Ristow: uma contribuição ao estudo da agricultura sustentável. UFSC, Florianópolis, 1999. 111p. (Dissertação de Mestrado)
- PRIMAVESI, A. A alimentação no século XXI. In: Congresso Brasileiro de Horticultura Orgânica, Natural, Ecológica e Biodinâmica, 1, Piracicaba, 2001. Anais. Botucatu, Livraria e Editora Agroecológica, 2001. p. 7-12.
- PONTE, J.J. Leandro, cancer e agrotóxicos. Revista Proteção, n. 84, 1998. p. 53.

- ROBERTS, B. The quest for sustainable agriculture and land use. Austrália, University of New South Wales Press, 1995. 245p.
- ROSSET, P. A revolução está ficando verde. Ijuí, Unijuí, 1995. 110p.
- SEMACE. Programa de Controle e Fiscalização de Agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/programas/programa.asp?cd=45>>. Acesso em 19 de set. 2004
- SMITH, B.L. Organic Foods vs Supermarket Foods: Element Levels. Journal of Applied Nutrition. 45-1, 1993.
- SOUZA, J.L. Manejo orgânico de solos: a experiência da Emcaper. Viçosa, SBCS, 4:13-16, 2000. (Boletim Informativo)
- SOUZA, J.L. & RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. Viçosa, Aprenda Fácil. 2003. 564p.
- WATANABE, M.A. Agricultura orgânica: uma alternativa saudável e ecologicamente correta. A Lavoura, 18-19, 2000.
- ZAMBERLAM, J. & FRONCHETI, A. Agricultura ecológica: preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente. Petrópolis, Vozes, 2001. 214p.

APÊNDICE

ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS DE AGRICULTORES ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE GUARACIABA DO NORTE, ESTADO DO CEARÁ

Sistema produtivo:

Identificação do Agricultor	
Nome:	Idade:
Escolaridade:	Estado civil:
Naturalidade:	Experiência na roça(anos):
Localização da propriedade:	
Terreno próprio, arrendado, herança, etc?	
Área total:	Área produtiva:
Produtos produzidos e área:	
Época (meses) de produção da propriedade:	
Observações:	

ASPECTOS SOCIAIS E CULTURAIS

Família

- Quantos membros fazem parte desta família? Quantos trabalham na agricultura?
- Há quanto tempo trabalham na agricultura? Sempre foram agricultores?
- Todos estudaram na sua família e quais? Até que grau? A escola fica perto da sua propriedade ou na cidade? Como é feito o deslocamento para escola?
- Algum membro da família abandonou a agricultura para morar na cidade? Pq?
- Tem carro, bicicleta, moto ou qualquer outro meio de transporte? Como é feito o deslocamento para cidade? Qual meio de transporte que tem vontade de adquirir?
- Vocês são felizes com a vida no campo? Pretendem deixar a atividade agrícola algum dia e ir viver na cidade (de que forma pretende viver na cidade)?
- Quais as vantagens de se morar no campo?
- Quais as desvantagens de se morar no campo?
- Quais doenças são comuns na região? Alguém da sua família já teve alguma doença? Qual (ou quais)?
- Os órgãos de saúde pública dão assistência satisfatória a sua família? Existe algum posto médico próximo a sua propriedade?

Moradia

- Tipo de casa que você mora e nº de cômodos da casa?
- Como adquiriu o imóvel ou área do imóvel?
- Possui energia elétrica?
- Têm água encanada? De onde vem a água? É a mesma que usa para beber (ferve ou filtra), tomar banho e irrigar as plantações?
- Qual o destino do esgoto da casa? Tem banheiro? Quantos?
- Qual o destino do lixo doméstico (plástico, latas, embalagens etc)?
- Tem televisão, rádio, máquina de lavar roupa, ventilador, telefone? O que tem vontade de ter em casa?

Alimentação da família

- De onde vem os produtos consumidos pela família?
- O que é produzido na propriedade para consumo da família? Tem horta doméstica ?
- Quais os produtos alimentícios comprados fora da propriedade? Onde são comprados? Forma de pagamento?

- Qual a alimentação básica de sua família no café-da-manhã, almoço e jantar? Fazem algum lanche (merenda) à tarde ou à noite antes de dormir?

Tradições

- Quais as tradições mantidas pela família de geração para geração (forma de plantar, queimada etc)?
- Qual santo você considera o mais importante para sua família? Pq?
- Seus filhos pretendem seguir a vida na agricultura ou pretendem trabalhar na cidade?
- Quais as festas mais importante durante o ano para vocês (religiosa ou qualquer outra)?
- Você acredita na influência da lua na agricultura? Pq (explique)?
- Quais as crenças e mitos populares da região? Há uso de rezas e benzições na região?
- Como você sabe que o ano (ou mês) vai ser bom para agricultura (observa o tempo, as plantas ou algo mais)? Como você sabe que o ano vai ser bom de chuva?

ASPECTOS ECONÔMICOS

Atividade Agrícola

- Tipo de sistema produtivo (orgânico ou convencional)? Pq adota este sistema de cultivo?
- Quais os produtos produzidos na propriedade e as respectivas áreas? Qual o principal produto da propriedade (que se cultiva mais)?
- Qual a produção semanal ou mensal de cada produto? Em que época do ano o solo não é cultivado? Nesta época do ano que não se produz, vocês vivem de que fonte de renda?
- Quando começam as chuvas e quando terminam ?
- Você utiliza algum sistema de irrigação ? Qual? Qual a fonte de água e a distância em relação a lavoura?
- Sua produção é vendida diretamente para feira, é fornecida para alguma associação ou cooperativa para comercializar ou você vende para o intermediário (atravessador)? Sempre consegue vender toda produção?
- Se vende para o intermediário, quanto você recebe pelo produto e quanto o intermediário lucra revendendo?
- Se entrega para associação ou cooperativa, seu lucro é satisfatório? Se você faz parte de uma associação ou cooperativa, explique como é o seu funcionamento? O que você acha que deveria melhorar ainda mais a associação ou cooperativa?
- Em que ano você se associou e o que melhorou na vida da sua família (padrão de vida)?

- Você anota tudo que é gasto na lavoura (adubo, veneno, sementes etc) para saber quanto esta ganhando no momento da venda (lucro)? Como você sabe que esta tendo lucro na venda do produto e não prejuízo?
- O dinheiro que você investe na produção é próprio, financiado(banco) ou emprestado de amigo? Caso não seja próprio, paga juros?
- Na produção, qual o insumo mais caro? Sempre compra sementes selecionadas ou reserva uma parte da produção para usar como sementes para o próximo plantio?
- Qual a época da lavoura que você tem mais despesas? Pq?
- Como você se baseia o quanto deve produzir de cada produto para atender a demanda (procura)? Já teve prejuízo devido a baixa produção? Pq a produção foi baixa (muita chuva, pragas etc)?
- Você faz beneficiamento de algum produto na propriedade? Como você entrega os produtos ao comprador (lavados, encaixotados etc)?
- A produção quando é vendida você recebe dinheiro à vista (do intermediário) ou só depois que o intermediário comercializa?
- Quais as pragas e doenças mais comuns na sua propriedade e região, quais culturas afetam e o que você usa para combater-las?
- Quais pragas e doenças que causam maiores prejuízos na sua lavoura?
- Qual cultura que dá mais lucro? Pq?
- Você tem alguma criação na propriedade? Quais? Qual a finalidade (consumo próprio ou comércio)?
- O que é gasto com a criação (ração, capim, remédios etc)? Qual área reservada para criação?
- Têm trabalhador assalariado na propriedade? Quantos? Com carteira assinada?
- Já teve algum ano que você ficou com as finanças no vermelho (endividado)? Qual e pq? Como você fez ou faz para sair deste vermelho?
- Na sua opinião, quais os produtos que dão mais lucros: orgânicos ou convencionais? Pq?
- Quanto de renda (lucro) você acha que tira por mês da lavoura (em salários mínimos ou dinheiro)? É suficiente para viver? Tem outra fonte de renda além da agricultura? Qual?
- Você acha que a produtividade das culturas é boa na sua propriedade ou fica muito a desejar? Quem você acha que produz mais: agricultor orgânico x convencional?
- Na aparência e tamanho do produto, quem ganha: agricultor orgânico ou convencional?

ASPECTOS AMBIENTAIS UNIDADE PRODUTIVA

Sistema de produção

- Sente vontade de mudar o sistema de produção e adotar o sistema de produção orgânico ou convencional? Pq?
- Quais as vantagens e desvantagens do sistema de produção orgânico ou convencional?
- Quais as etapas de produção da sua propriedade (limpeza do terreno, adubação etc)?
- Você realiza queimada ou já realizou em alguma área de sua propriedade? Quando? Pq?
- Quem é que te orienta (técnico) durante a produção agrícola (Emater, associação, cooperativa etc)? Sempre você tem assistência técnica?
- Usa trator ou qualquer outra máquina na produção? Quais? E qual a finalidade (preparo do solo)?
- O que você usa de insumos na sua lavoura (sementes, venenos, composto, esterco, adubos químicos etc)? O que é comprado fora da propriedade?

Solo

- Em sua propriedade, o solo é igual ou diferente? Quantos tipos você acha que tem de solo?
- Como você sabe que o solo é diferente (o que você observa)?
- A cor do solo é a mesma em toda propriedade?
- Existe lugares na propriedade com mais areia ou que a terra gruda mais na enxada?
- Existe áreas em sua propriedade em que a terra é dura para se trabalhar?
- Existe lugares onde as raízes se aprofundam mais? E os lugares mais pedregosos, existem?
- Como você sabe que uma terra é boa para agricultura na sua propriedade (o que você observa em primeiro lugar)?
- Você faz consorciação de cultura? Faz rotação de cultura?
- Usa coquetel de leguminosas? Pq?
- Você gosta mais de adubo orgânico ou mineral? Pq?
- Usa alguma técnica de conservação do solo (cobertura morta, cultivo em nível, terraços, pousio de áreas etc)?
- Como é feito o preparo da terra antes do plantio (citar etapas)?
- Quando chove forte, a água escorre na superfície do seu solo? Ela é barrenta? Existe sulcos de erosão em sua propriedade? O que você faz para conter a erosão?

- Faz queimada com frequência? A terra após ser queimada produz bem (quanto tempo produz bem)?
- Faz ou já fez análise de solo? Como você sabe que o solo está fraco e precisa ser adubado? O que você utiliza como adubo (quantidades, forma de aplicação)?

Vegetação Natural e Fauna

- Existe alguma área de mata na sua propriedade (natural, regenerada, capoeira)? É utilizada como reserva legal e/ou de preservação permanente? Qual o tamanho desta área (ha)?
- Esta mata é preservada ou é utilizada para outros fins (lenha, caça)? Você permite a caça de animais e a retirada de lenha na propriedade?
- Você acha importante a preservação da flora e fauna natural na propriedade? Pq?
- Você acha que existe alguma relação entre pragas e doenças que aparecem nas lavouras com a destruição das matas?
- Quais as espécies vegetais e animais mais comuns nesta mata?

Uso de agrotóxicos na propriedade

- Como você e sua família se sentem aplicando veneno na lavoura (sente dor de cabeça, enjôo, fraqueza etc)? Usam algum equipamento de proteção individual (máscara, luvas, capa protetora, botas)?
- Quais os produtos (venenos) que você aplica na lavoura? Como você manuseia (prepara) os venenos para aplicar na lavoura? Respeita o período de carência para comercializar os produtos?
- Em que momento você aplica veneno na lavoura (preventivo ou quando a praga ou doença aparece)? Quem recomenda o produto certo para aplicar na lavoura (vendedor do veneno, técnico, amigos ou decisão própria baseada na experiência)?
- Você já fez algum treinamento de como aplicar o veneno na lavoura? Quem deu este treinamento ou como você aprendeu a manusear o produto?
- O que você faz com o resto de veneno que sobrou após aplicar na lavoura (joga no solo, no rio etc)?
- Já teve alguma vez que você ou alguém da sua família ou amigos ficaram doentes devido ao contato com o veneno durante a aplicação na lavoura?
- Usa algum produto natural para combater pragas e doenças? Como é preparado? O efeito é bom?
- Se você usa produtos naturais, quem ensinou as receitas? Tem algum técnico que orienta?

HISTÓRICO DAS ÁREAS CULTIVADAS

- Quantos anos de cultivo têm as áreas cultivadas atualmente? É o mesmo tempo para todas as áreas ou há diferença entre elas (especificar)?
- O que existia cultivado antes nestas áreas (era mata ou alguma outra cultura, especifique)? Quem primeiro desbravou estas áreas e como foi este desbravamento (queimada, derrubada)?
- Explique se realiza queimada atualmente ou como era feita (etapas) e em que época do ano?
- Você sempre cultiva na mesma área ou muda de área quando o solo fica fraco (deixando um pousio)? Depois você volta para esta mesma área (após alguns anos)?
- Quais os adubos que você utiliza nas áreas de cultivo e as quantidades (adubo mineral, orgânico etc)? Quais as épocas de aplicação?

Se você é agricultor orgânico, há quantos anos adota este sistema? Qual o tempo exigido para conversão do sistema convencional para o orgânico?

- Explique como é feito o preparo do solo
- Você já foi agricultor convencional? Quando?
- Nesta área de cultivo orgânico, antes de aderir a este sistema como você cultivava o solo (aplicou veneno, fez calagem, usou adubo minerais)? O que tinha nesta área antes da agricultura orgânica (mata, culturas)?
- Já utilizou ou utiliza máquinas (trator) e implementos agrícolas na lavoura?
- Usa tração animal para o preparo do solo?
- A água é bem conservada no solo? A que profundidade fica o lençol freático?
- Tem ou já teve problema de compactação em alguma área? O que fez para solucionar o problema?
- Se tem animais (gado), você solta na lavoura depois da colheita?
- Explique como eram os gastos assim como a diversidade do ambiente antes da adoção do sistema orgânico em relação a atualmente (o que melhorou)?

Se você é agricultor convencional, explique como é feito o preparo do solo?

- Utiliza máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo? Quais?
- Faz calagem ou já fez? Qual a frequência?
- Tem ou já teve problema de compactação em alguma área? O que fez para solucionar o problema?
- A água é bem conservada no solo? A que profundidade fica o lençol freático?
- Se tem animais (gado), você solta na lavoura depois da colheita?

RELAÇÃO DOS AGRICULTORES ENTREVISTADOS EM GUARACIABA DO NORTE-CE

Agricultores orgânicos:

1. Nazareno Oliveira Barbosa
2. Sebastião Soares de Oliveira
3. Leôncio Soares de Oliveira
4. Pedro Soares de Oliveira

Agricultores convencionais:

1. Antônio Soares de Oliveira
2. Prudêncio Soares de Oliveira
3. Antônio Francisco Alves de Oliveira
4. Raimundo Soares Filho
5. Elivandro Xavier da Silva
6. Pedro Oliveira Neto
7. Chaga Mariano
8. Manuel Messias Inácio Leitão
9. Elias Inácio Leitão
10. Assis Inácio Leitão
11. Antônio Carlos Gonçalves Camelo
12. Silvino Gonçalves Camelo
13. Reginaldo Gonçalves Camelo
14. Zacarias Paiva Braga
15. Manuel Alves de Souza
16. Antônio Oliveira Lemos
17. Antônio Ribeiro Lemos
18. Valdir Aragão Pereira
19. João Ribeiro Barbosa
20. Clenilson Ferreira de Araújo
21. Messias Soares de Oliveira

BIOFERTILIZANTE

É um fertilizante que contém uma série de macro e micronutrientes necessários às plantas em uma fórmula orgânica (quelatizados), e deve ser usado para complementação da adubação do solo. Além de propiciar uma nutrição mais completa aos vegetais através do aporte de micro elementos que não são encontrados nos adubos químicos em geral, tem um efeito protetor contra as pragas e doenças que afetam os cultivos de maneira geral.

Forma de preparação:

Concentrado: é preparado com 1 litro de água, 1 litro de esterco de gado fresco, 0,5 litro de leite, 0,25 litro de suco de frutas ou hortaliças, 700 gramas de esterco de galinha, 1 colher de chá de fosfato natural, 1 colher de chá de cinza de fogão e 1 colher de sopa de MB-4. Coloca-se tudo no balde, cobre-se com plástico preto e deixa descansar por 72 horas (mexendo de vez em quando).

Em um tambor de 200 litros acrescentar:

- 40 kg de esterco fresco bovino;
- 4 kg de esterco fresco de frango;
- 120 litros de água;
- 5 litros de melaço de cana ou soro de leite;
- 1 litro do concentrado preparado na primeira etapa.

Tampar o tambor e deixar na sombra. Adicionar 16 colheres de sopa de calcário dolomítico, 16 colheres de sopa de MB-4, 0,5 colher de chá de cloreto de cobalto, 0,5 colher de chá de molibdato e 4 colheres de chá dos seguintes produtos a seguir: fosfato natural, bórax, cloreto de ferro, sulfato de magnésio, sulfato de zinco, sulfato de manganês e sulfato de cobre. Deixar fermentar por 20 dias, mexendo todos os dias.

Aplicação: usa-se 4 litros do preparado para cada 100 litros de água, sendo a aplicação realizada com pulverizador costal.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ

Guilherme Viana de Alencar⁽⁵⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽⁶⁾, Teógenes Senna de Oliveira⁽⁷⁾, Ivo Jucksch⁽²⁾ & Paulo Roberto Cecon⁽⁸⁾

RESUMO

A prática da agricultura orgânica no Brasil vem crescendo consideravelmente ano-a-ano, reflexo das demandas geradas por consumidores interessados em produtos sem agrotóxicos e que não prejudicam o meio ambiente. Os estudos concernentes às características do solo nos sistemas orgânicos em comparação com convencionais são escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar características físicas e químicas de solos cultivados em sistemas orgânicos e convencionais no município de Guaraciaba do Norte-CE. Foram selecionadas três áreas, distintas pelo tipo de manejo (orgânico, convencional e mata), onde foram abertos perfis e coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidades. A adoção dos sistemas orgânicos de produção têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo, principalmente em curto espaço de tempo (4 e 6 anos). As principais modificações ocorridas nas características químicas referem-se a elevação dos teores de matéria orgânica, dos valores de pH, dos valores de CTC e dos teores de P, K, Ca e Mg. O aumento nos teores dos micronutrientes têm sido discretos e ainda pouco consistentes. Foram observadas, porém, elevações nos teores de nitrato nas áreas sob sistema de cultivo orgânico há mais tempo, porém sem indicativos de sua movimentação no perfil. Fisicamente foram observadas alterações relacionadas com a redução da densidade do solo, aumento da porosidade e da condutividade hidráulica em solos de cultivos orgânicos.

⁽⁵⁾ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Avenida Guadalajara, 1500, Aeroporto, CEP: 36.033-560 – Juiz de Fora, MG. E-mail: gui.ibama@gmail.com

⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: esm@ufv.br (prof. Eduardo de Sá Mendonça) e ivo@solos.ufv.br (prof. Ivo Jucksch)

⁽⁷⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará. E-mail: teo@ufc.br

⁽⁸⁾ Professor do Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.

Physical and chemical characterization of cultivated soils using organic and conventional systems in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

Year by year the practice of organic agriculture is raising in Brazil as reflect of the demand of consumers interested in agricultural products with out chemicals and with environmental concern. There are a few studies comparing the physical and chemical characteristics of soil contrasting organic and conventional agricultural systems. Therefore the main objective of this work was to evaluate the physical and chemical characteristics of cultivated soils using organic and conventional systems in North Guaraciaba-CE. As a function of the soil management (organic, conventional, or native forest), four areas were selected to make a soil description and collecting of soil samples at layers of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm of depth. The adoption of the organic system produced in short time (4 to 6 years) an improvement of the soil physical and chemical quality. The main changes on the fertility properties were: increment of the organic matter content, pH, CTC, and P, K, Ca e Mg. About micronutrients, a discreet and inconsistent increment was observed. In agricultural systems that use organic practices for more years were found high soil nitrate concentrations, however with out eutrophic processes. On the physic point of view, in the system with organic practices a reduction of the soil bulk density was observed, increasing porosity and hydraulic conductivity.

INTRODUÇÃO

Os rendimentos das culturas nos sistemas de cultivo convencionais têm aumentado consideravelmente desde o fim da segunda guerra mundial e continuam a aumentar ainda que numa taxa reduzida nos países desenvolvidos. Algumas preocupações têm sido evidenciadas quanto à degradação que os solos podem sofrer nesse sistema, em função da redução dos teores de matéria orgânica (MOS) e dos efeitos potencialmente prejudiciais sobre a fertilidade do solo (Stockdale et al., 2002).

Especula-se que os sistemas de cultivo orgânico são uma alternativa válida para a agricultura convencional visto que confere benefícios agronômicos e ambientais, particularmente com respeito a melhoria da fertilidade do solo (Stockdale et al., 2002). Contudo, são escassas as informações concernentes as características de fertilidade do solo nos sistemas orgânicos e em comparação com as práticas adotadas em sistemas agrícolas convencionais, o que desperta os questionamentos se a fertilidade do solo nos sistemas orgânicos é diferente dos sistemas de cultivo convencional.

A transição dos sistemas convencionais para o orgânico, com baixo aporte de insumos, é geralmente acompanhada por uma série de mudanças nas propriedades e nos processos químicos que afetam diretamente a fertilidade do solo. Modificações, tanto de ordem quantitativa como qualitativa, no fluxo e no acúmulo dos nutrientes resultam do uso de culturas de cobertura, esterco e aplicação de compostos, com a redução ou eliminação de fertilizantes sintéticos (Shepherd et al., 2004). Segundo Clark et al. (1998), essas mudanças afetam a disponibilidade de nutrientes para as culturas diretamente pela contribuição dos compartimentos de nutrientes, ou, indiretamente por influenciar o ambiente químico e físico do solo.

De acordo com Stockdale et al. (2002), os trabalhos comparando solos de sistemas manejados orgânica e convencionalmente apesar de escassos têm documentado aumento nos teores de MOS e de N total. Por outro lado, as mudanças nas outras propriedades têm sido mais variáveis, em decorrência das diferenças no clima, rotação de cultura, tipo de solo ou período em que o solo tem sido manejado organicamente, mas em geral o pH é maior e a disponibilidade de nutrientes, particularmente o K, pode ser mais elevada.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as características e propriedades físicas e químicas do solo das áreas de cultivo orgânico e convencional, no município de

Guaraciaba do Norte-CE, e as alterações promovidas por esses sistemas quando comparados com uma área de mata, utilizada como referência.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades agrícolas que adotam os sistemas de cultivo orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará, no período de abril à junho de 2003.

O município de Guaraciaba do Norte está localizado na chapada da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, distando 312 km da capital Fortaleza, apresentando: latitude de 04°10'01'' S e longitude de 40°44'51'' W, área de 537,10 km² e altitude de 902 m. A vegetação predominante na região é do tipo Carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa alta), nas áreas mais secas e de baixa pluviosidade, e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular, nas regiões serranas e de mata úmida. A unidade geomorfológica em que se encontra o município é denominada de Superfície Cuestiforme do Planalto da Ibiapaba, com classes de solo predominantes referidas como Neossolos Quartzarênicos e Latossolos. A economia do município é predominantemente agrícola, com mais da metade da população residente na zona rural (IPLANCE, 1998; IBGE, 2005).

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2003) mostram uma pluviosidade média anual do município de 1.243 mm, irregularmente distribuída ao longo do ano e com concentração nos meses de janeiro à junho. A temperatura média das máximas é de 32°C e a das mínimas é de 20°C (Figura 1).

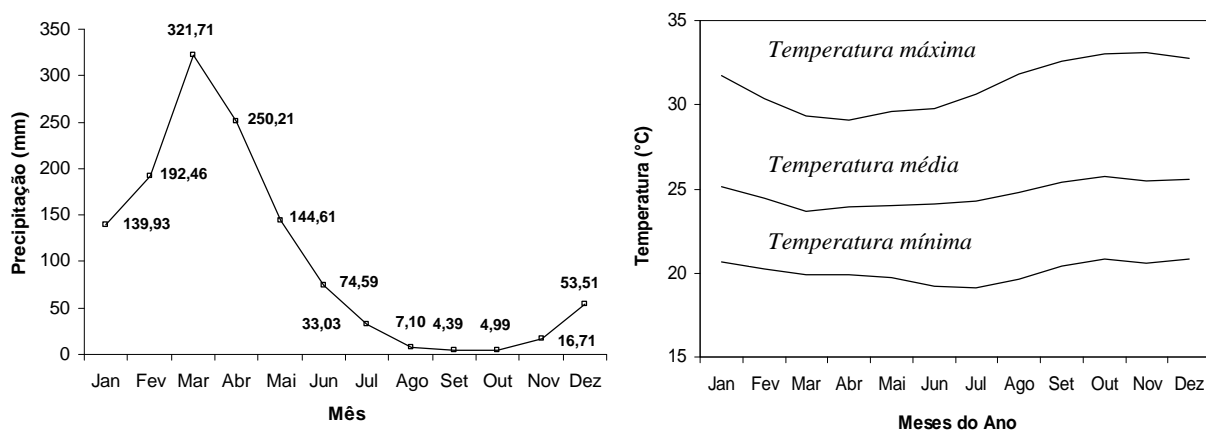


Figura 1. Pluviosidade e temperatura médias mensais do município de Guaraciaba do Norte-CE (2003).

O perfil agrário do município é caracterizado pela existência de 998 propriedades rurais, sendo 95,79 % do total é representado por pequenas propriedades com área de até 50 ha. Por se constituir em região potencialmente produtora de olerícolas, destinadas ao abastecimento da capital Fortaleza e de outros municípios circunvizinhos, esta atividade é considerada como de alta prioridade para efeito de financiamento agrícola pelo Banco do Nordeste (IPLANCE, 1998).

A escolha das áreas para desenvolvimento da pesquisa seguiu os seguintes critérios: proximidade das áreas experimentais; tempo de cultivo; uso do solo (cultivo orgânico, cultivo convencional e mata) e posição na paisagem (encosta e topo). Foram escolhidas 3 áreas (Figura 2).

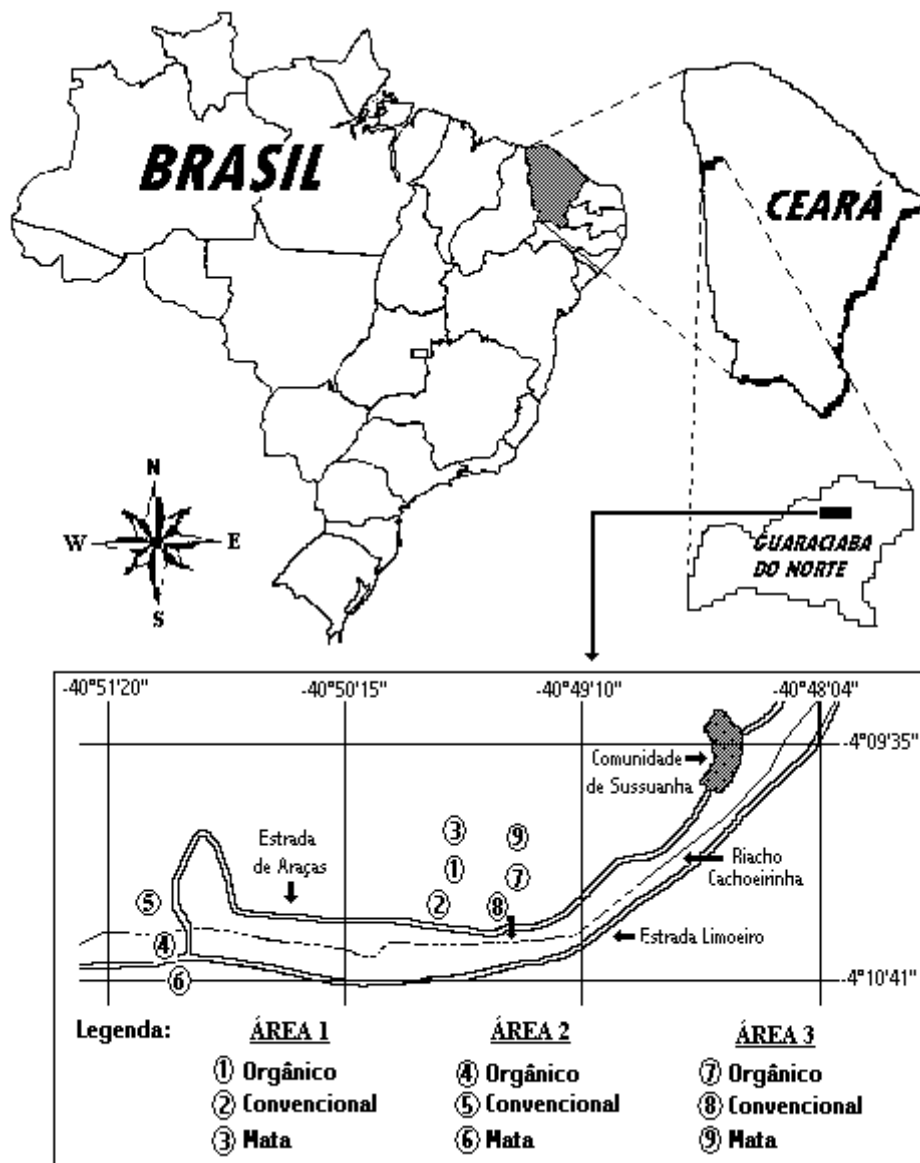


Figura 2. Localização das áreas de estudo e respectivos sistemas de manejo no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará.

Após a seleção das áreas de estudo, procedeu-se a caracterização do seu meio físico através do levantamento do histórico de cultivo, manejo etc (Quadro 1). O levantamento destas informações é proveniente do depoimento dos proprietários assim como da observação “in loco” dos procedimentos técnicos realizados no manejo do solo.

Quadro 1. Caracterização das áreas de estudo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Propriedade	Proprietário	Tipo de cultivo ou uso do solo	Observações
1	1	Nazareno Oliveira Barbosa	Orgânico	Têm 6 anos que vem realizando o manejo orgânico.
	2	Messias Soares de Oliveira	Convencional	Adota o cultivo convencional há 25 anos Vegetação com
	3	Nazareno Oliveira Barbosa	Mata	características de estágio sucessório primário
2	4	Sebastião Soares de Oliveira	Orgânico	Têm 4 anos que vem realizando o manejo orgânico
	5	Chaga Mariano	Convencional	Realiza manejo convencional há 10 anos Vegetação com
	6	Sebastião Soares de Oliveira	Mata	características de estágio sucessório primário
3	7	Leôncio Soares de Oliveira	Orgânico	Têm 4 anos que vem realizando o manejo orgânico
	8	José Augusto Passo Pires	Convencional	Realiza manejo convencional há 10 anos Vegetação com
	9	Leôncio Soares de Oliveira	Mata	características de estágio sucessório primário

O sistema orgânico de cultivo praticado nas propriedades orgânicas é caracterizado pela adubação orgânica (biofertilizantes, compostagem e adubação verde com várias espécies), controle de pragas e doenças com uso de inseticidas naturais,

incorporação de restos culturais, rotação e consorciação de culturas, com vistas a melhoria da qualidade biológica do solo.

As olerícolas utilizadas para cultivo nas áreas orgânicas são: abóbora, abobrinha, acelga, alface americana, alface crespa, alface lisa, alface roxa, alho-poró, batata doce, berinjela, brócolis, cebola, cebolinha, cenoura, coentro, couve-flor, couve-folha, espinafre, hortelã, jiló, manjeriço, pepino, pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, salsa, tomate (em estufa) e vagem.

As práticas de manejo adotadas no sistema de cultivo orgânico são descritas no Quadro 2.

Quadro 2. Seqüência de práticas de manejo do solo e da cultura adotadas em sistema de produção orgânica na Chapada da Ibiapaba-CE

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Aração ou gradagem	Incorporar ao solo a vegetação nativa (pioneira) com a gradagem ou então da adubação verde (área já cultivada) através da aração.	Prática realizada com o uso do trator.
2	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico uma única vez em áreas pioneiras no cultivo orgânico, aplicando-se 2 ton./ha. Após passar a grade na vegetação nativa (etapa 1), aplica-se o calcário e faz-se nova gradagem. Se a área foi cultivada antes, usa-se apenas o fosfato de rocha (0,8 ton./ha) para correção.
3	Levantamento dos canteiros	Criar espaços para plantio e desenvolvimento das plantas olerícolas	Nesta etapa os canteiros são construídos com as dimensões de 2 m de largura por 18 a 20 m de comprimento. O trabalho é feito utilizando implementos manuais, 20 dias após a incorporação da adubação verde ou imediatamente após a aplicação do calcário.

Quadro 2. Continuação...

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
4	Adubação orgânica de fundação	Elevar os teores de matéria orgânica do solo e melhorar a nutrição das plantas	É realizada após o levantamento dos canteiros, utilizando-se composto orgânico na quantidade de 12 kg/m ² (áreas pioneiras) ou 4 kg/m ² (área já cultivada).
5	Plantio	Cultivar as plantas olerícolas de interesse dos consumidores orgânicos	O plantio é feito de forma manual, sendo utilizado sequências de 2 a 3 canteiros paralelos por olerícolas de famílias botânicas distintas (Aliáceas, Brassicáceas, Asteráceas, Cucurbitáceas, entre outras). A consorciação é feita com culturas de grande porte (feijão, milho, mandioca etc) em outras áreas.
6	Adubação de manutenção	Realizada com a finalidade de complementar a adubação de fundação	É feita com composto (a quantidade depende do comportamento do solo após a primeira colheita no canteiro. Geralmente aplica-se 1 kg por m ² e biofertilizante (pulverização foliar).
7	Controle de pragas e doenças	Redução do nível de ataque para uma situação economicamente viável.	Utiliza-se preparados de nim, caldas bordalesa e sulfocálcica, manipueira, biofertilizantes, entre outros.
8	Colheita	Obtenção da produção para atender o mercado de consumidores orgânicos.	Realizada duas vezes por semana de forma manual.
9	Período de pousio (desativação temporária da produção da área)	Período de descanso da área onde se cultiva espécies leguminosas e gramíneas.	Esta etapa dura de 4-6 meses e inicia-se após ser percebida uma queda na produção da área. A incorporação das plantas no solo é feita quando se tem uma biomassa vegetal elevada na área (inicia-se a etapa 1).

No sistema convencional de cultivo das olerícolas, as culturas multiplicadas predominantemente são o tomate, repolho e pimentão, principalmente pelo seu valor

econômico. Estas áreas são caracterizadas pelo monocultivo, o uso adubação química e controle de pragas e doenças pelo uso de agrotóxicos (Quadro 3).

Quadro 3. Seqüência de etapas de manejo do solo e da cultura em sistemas de produções convencionais na Chapada da Ibiapaba

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Roçagem da vegetação nativa	Cortar as plantas maiores	O material vegetal derrubado é concentrado em um local da área (coivaras)
2	Queimada	Limpar o terreno do material vegetal originário da roçagem	Coloca-se fogo no material vegetal concentrado na área
3	Aração	Revolvimento do solo	Realizado com auxílio do trator
4	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico aplicando-se 4-5 ton./ha
5	Abertura de covas	Preparar o leito para o plantio das mudas	Feita manualmente com auxílio da enxada.
6	Adubação de fundação	Fornecer nutrientes para as futuras plantas	Usa-se esterco fresco (2 kg/cova), sendo irrigado por 15-20 dias, e em seguida, aplica-se na cova de 50 a 100 gramas da formulação NPK 20-10-20.
7	Plantio	Multiplicar as plantas de melhor valor comercial	É realizado manualmente com as mudas compradas em viveiros comerciais.
8	Adubação de manutenção	Suplementar a adubação de fundação para atender as necessidades das plantas	Realizada manualmente e a cada 8 a 10 dias, colocando-se de 20 a 25 g da formulação química NPK 20-10-20 por planta.
9	Controle de pragas e doenças	Controlar a ocorrência de insetos e doenças na plantação	Aplicam-se agrotóxicos com pulverizador costal.
10	Colheita	Obter produção para venda nos mercados consumidores da capital do CE e estados do MA e PI	Colheita realizada manualmente e sem respeitar o período de carência dos agrotóxicos aplicados.

Coleta das amostras

Nas propriedades selecionadas (orgânicas e convencionais) e nas áreas de mata, foram abertos quatro perfis de 1 m de profundidade, dividido em sete camadas de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade. As amostras foram coletadas no período de abril à junho de 2003.

Foram coletadas amostras de solo, sendo as amostras deformadas padronizadas em TFSA e as indeformadas acondicionadas em recipientes apropriados para evitar sua fragmentação durante o transporte até o laboratório.

Meio físico Local

Nas áreas de estudo foram obtidas informações sobre pedregosidade, rochividade, relevo, erosão e drenagem, conforme metodologia de Lemos & Santos (1996).

Análises físicas e químicas

Foram realizadas análises físicas de densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, textura, condutividade hidráulica, diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível (EMBRAPA, 1997).

As análises químicas constaram de: pH em água e em KCl, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, $H^+ + Al^{3+}$ e condutividade elétrica conforme EMBRAPA (1997). Determinou-se, também, P disponível, Zn, Fe, Mn, Cu e B (Mehlick-1), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (CTC_e), capacidade de troca catiônica total (CTC_t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), índice de saturação de sódio (ISNA), fósforo remanescente (Alvarez V. et al., 2002), nitrato (Yang et al., 1998) e amônio (Kempers & Zweers, 1986). Foram realizadas ainda análises mineralógicas, conforme metodologias preconizadas por Jackson (1969), sendo realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, e do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará.

Análises Estatísticas

Para as variáveis densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível, nitrato e amônio, obtidos nas áreas 1, 2

e 3, em cada camada amostrada, foram submetidos à análise de variância considerando-se em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (cultivo orgânico, cultivo convencional e mata), três repetições e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para as variáveis diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico os dados foram obtidos utilizando-se um esquema fatorial (3 x 2) + 1, sendo 3 manejos e duas áreas mais um tratamento adicional no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Meio Físico e Classificação dos Solos

O Quadro 4 apresenta a situação atual do meio físico nas áreas submetidas aos diferentes sistemas de manejos. Constata-se que a única variação relevante refere-se àquela relacionada com a erosão. Esse fator de desgaste do solo está presente de forma mais intensa nas áreas manejadas de forma convencional, devido ao cultivo intensivo do solo e a falta de proteção do mesmo.

Quadro 4. Caracterização do meio físico nas áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Manejo	Posição Relativa no Relevo	Relevo Local	Declivid.	Erosão	Pedregosidade e rochosa	Drenagem
1	Orgânico	encosta	ondulado	3° 50'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Convencional	encosta	suave ondulado	2° 20'	ligeira, em sulcos, superficiais	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Mata	topo	plano	0° 00'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
2	Orgânico	encosta	suave ondulado	2° 30'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Convencional	encosta	suave ondulado	2° 00'	ligeira, em sulcos, superficiais	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Mata	topo	plano	0° 00'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
3	Orgânico	encosta	suave ondulado	2° 00'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Convencional	encosta	suave ondulado	3° 20'	ligeira, em sulcos, superficiais	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado
	Mata	topo	plano	0° 00'	não aparente	não pedregosa e não rochosa	excessivamente drenado

No sistema de manejo convencional, a classificação da erosão em ligeira mostra que houve a perda de até 25 % do horizonte A e a presença de sulcos evidencia a ocorrência de escoamento superficial da água, como fator gerador de erosão. Situação diferente e favorável pode ser observada nas áreas de cultivo orgânico, onde a exposição do solo é mínima, pois o planejamento na condução das hortas considera os princípios de conservação do solo e da água.

De acordo as informações contidas no Quadro 5, Apêndice e àquelas obtidas a nível de campo, predominam nas quatro áreas, conforme critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), solos classificados como NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órtico típico (Quadro 5).

Quadro 5. Frações granulométricas das camadas do solo de referência no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Areia Total (g kg ⁻¹)	873	876	876	869	844	835	819
-Areia m. grossa (g kg ⁻¹)	15	17	9	16	23	25	18
-Areia grossa (g kg ⁻¹)	175	129	141	88	144	143	151
-Areia média (g kg ⁻¹)	397	427	417	358	413	363	392
-Areia fina (g kg ⁻¹)	257	272	282	363	226	262	212
-Areia m. fina (g kg ⁻¹)	29	31	27	44	38	42	46
Silte (g kg ⁻¹)	28,5	46,5	17,5	31	32	38,5	52,5
Argila (g kg ⁻¹)	98,5	78	106,5	100	124	127	128,5
Argila disp. em água (g kg ⁻¹)	50	36	48	54	67,5	70	101
Grau de flocculação (%)	49,24	53,85	54,93	46	45,56	44,88	21,4

A Figura 3 mostra a análise mineralógica da fração argila dos solos das áreas 1, 2 e 3. Verifica-se o predomínio da caolinita (ct), seguida de goethita (Gt), gibbsita (Gb) e ilita (Il). Na análise mineralógica da fração areia é observado a presença de uma grande quantidade de quartzo, tanto na fração grossa como na fração fina (Figuras 4 e 5). O NEOSSOLO em estudo é constituído dos horizontes A-C-R. Não houve variação na composição mineralógica entre as áreas 1, 2 e 3, tanto na fração argila como nas frações areia grossa e fina.

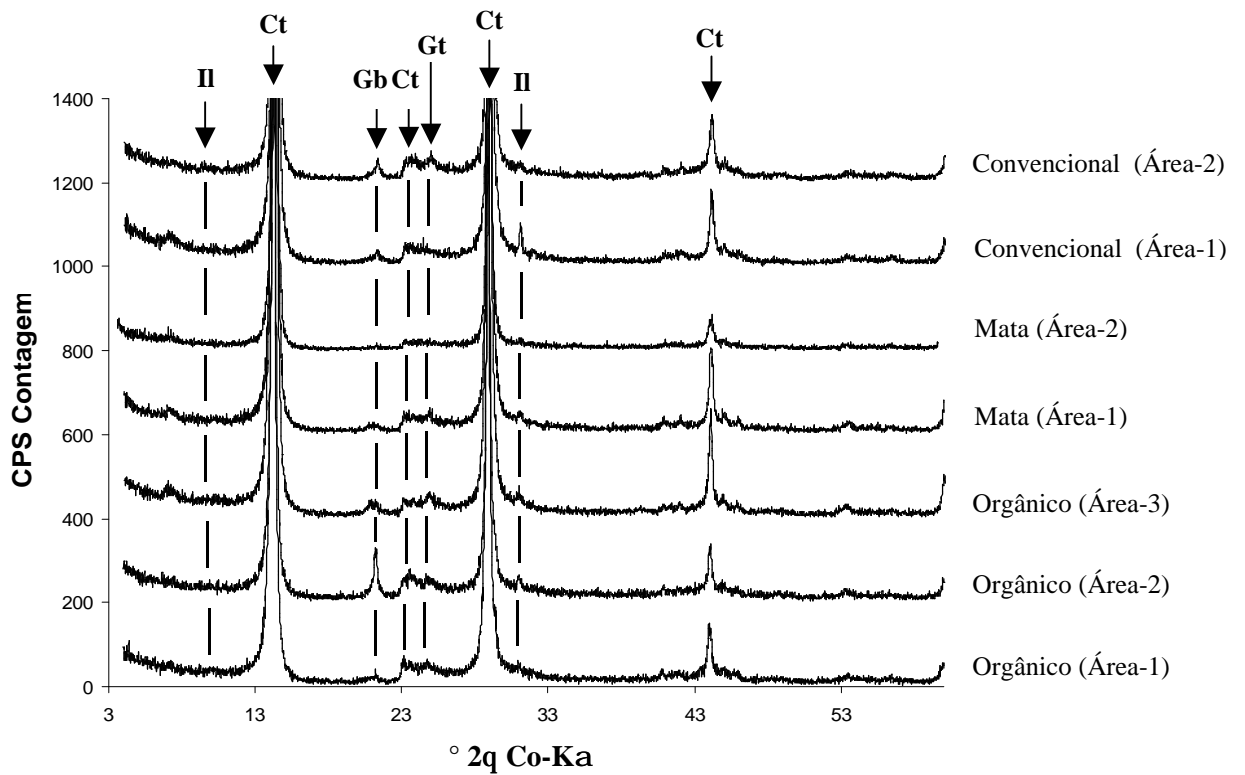


Figura 3 – Mineralogia das argilas naturais das camadas de 30-40 cm de profundidade das áreas de estudo 1, 2 e 3.

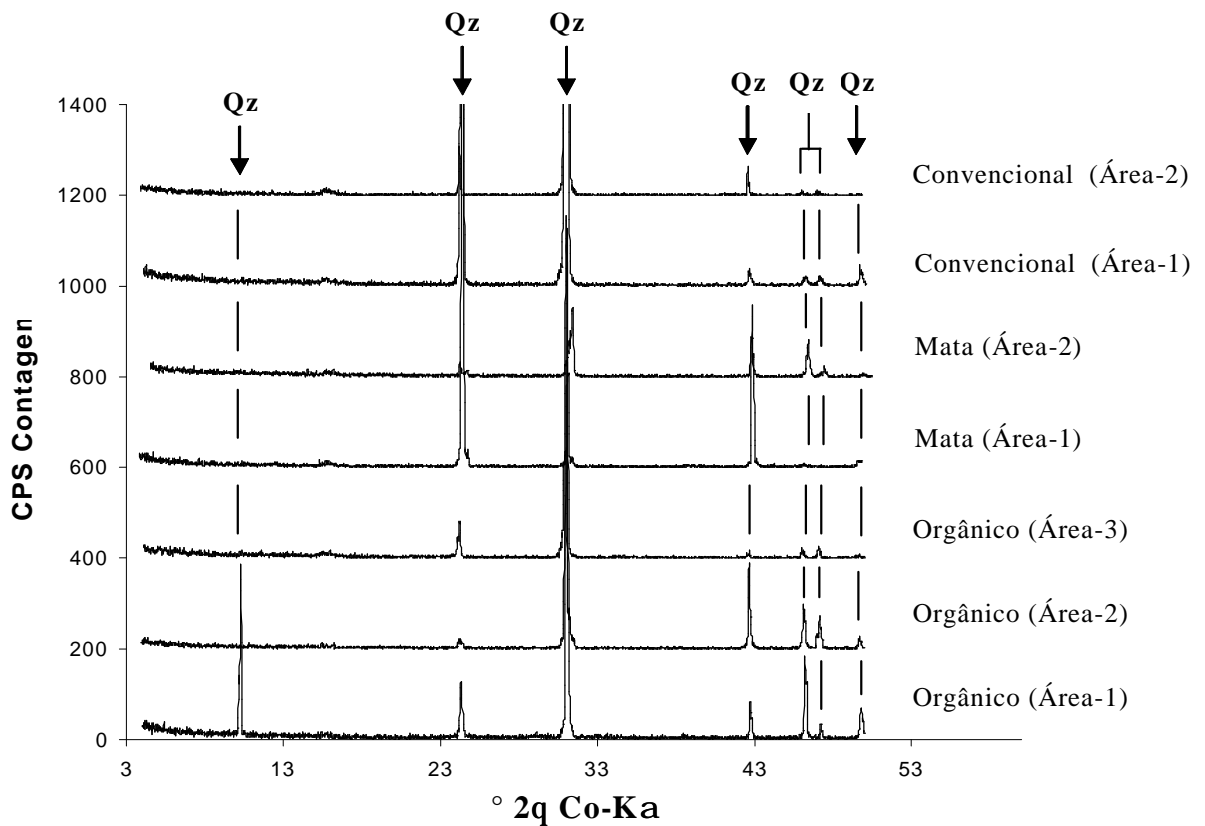


Figura 4. Mineralogia da fração areia grossa das camadas de 30-40 cm de profundidade

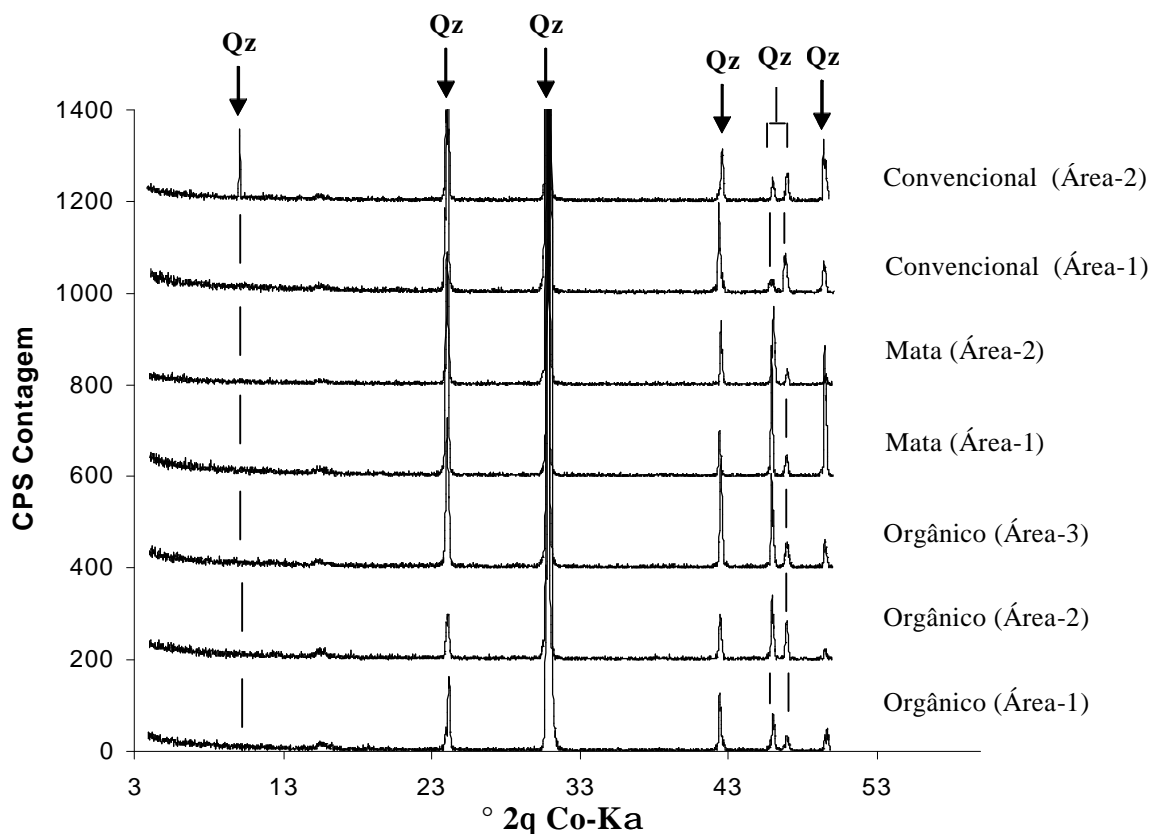


Figura 5. Mineralogia da fração areia fina das camadas de 30-40 cm de profundidade das áreas de estudo 1, 2 e 3.

Características Físicas dos Solos

No Quadro 6 encontram-se apresentados os resultados referentes as análises físicas de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total realizadas nos solos das áreas 1, 2 e 3, abrangendo as quatro camadas de solo. Observa-se que nas áreas 1 e 2 os valores de densidade do solo não apresentaram diferenças entre os manejos orgânico e convencional ($P > 0,05$) para a camada de 0-10 cm, diferentemente da área 3, onde para a mesma profundidade os valores de densidade do solo foram menores no cultivo orgânico, em relação aos do cultivo convencional, e semelhantes aos da vegetação nativa. Nas demais camadas (10-20, 20-30 e 30-40 cm), o manejo orgânico apresentou valores de densidade do solo inferiores ($P < 0,05$) ao sistema convencional ($P > 0,05$) para as áreas 1 e 3, diferentemente da área 2, onde a densidade do solo foi maior na área sob cultivo convencional. Comparando-se o sistema de cultivo orgânico nas três áreas, constata-se que a densidade do solo, em todas as camadas avaliadas, não foi influenciada pelo tempo de adoção do referido sistema.

Nos solos de vegetação nativa, utilizados como referência, valores de densidade do solo são sempre inferiores ou iguais em relação aos sistemas de cultivo orgânico e

convencional, devido provavelmente ao equilíbrio ambiental proporcionado por este sistema. Ao comparar diferentes usos e manejo sob as propriedades físicas de um Latossolo do Triângulo Mineiro, Wendling (2003) também encontrou menores valores de densidade do solo para o solo sob mata, fato que atribuiu a ausência de tráfego, ao não revolvimento do solo e aos altos teores de COT encontrados na mata nativa.

Quadro 6. Valores médios de densidade do solo e porosidade total de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Densidade do solo (g/cm ³)			Densidade de partícula (Mg m ³)			Porosidade Total (%)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm									
Orgânico	1,44 aA	1,44 aA	1,33 bA	2,48	2,86	2,65	41,60 bB	49,52 aA	49,67 aA
Mata	1,12 bB	1,43 aA	1,29 bA	2,67	2,68	2,64	57,92 aA	49,01 aB	51,01 aAB
Convencional	1,51 aAB	1,37 aB	1,59 aA	2,88	2,63	2,56	47,73 bA	45,65 aAB	37,92 bB
dms	0,18						7,16		
10-20 cm									
Orgânico	1,49 bA	1,61 aA	1,52 bA	2,60	2,86	2,70	42,63 bA	43,54 aA	43,88 bA
Mata	1,40 bA	1,43 bA	1,41 bA	2,88	2,67	2,74	51,52 aA	46,39 aB	48,46 aAB
Convencional	1,81 aA	1,51 abB	1,72 aA	2,67	2,45	2,78	32,17 cB	38,50 bA	38,04 cAB
dms	0,12						4,53		
20-30 cm									
Orgânico	1,64 bA	1,71 aA	1,65 aA	2,61	2,79	2,66	37,23 bA	38,61 bA	37,92 bA
Mata	1,40 cB	1,44 bAB	1,52 bA	2,67	2,56	2,67	47,37 aA	43,82 aB	43,02 aB
Convencional	1,78 aA	1,53 bB	1,71 aAB	2,67	2,70	2,68	33,20 cB	43,29 aA	36,32 bB
dms	0,09						3,51		
30-40 cm									
Orgânico	1,62 aA	1,65 aA	1,62 aA	2,69	2,68	3,90	39,61 bB	38,44 cB	58,35 aA
Mata	1,42 bA	1,44 cA	1,47 bA	2,64	3,19	2,70	46,01 aB	54,93 aA	45,50 bB
Convencional	1,64 aA	1,51 bB	1,65 aA	2,61	2,72	2,63	37,23 bB	44,31 bA	37,05 cB
dms	0,06						2,52		

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

As principais características que influenciam a densidade do solo são a matéria orgânica, os minerais de argila, a textura e a estrutura do solo (Galetti, 1989). A densidade do solo geralmente aumenta com o aprofundamento do perfil, devido as pressões exercidas pelas camadas superiores sobre as subjacentes provocando compactação, reduzindo assim a sua porosidade (Kiehl, 1979; Brady, 1989). Em áreas de cultivo convencional a adição de corretivos e fertilizantes, a exposição do solo e o revolvimento contínuo também contribuem para o aumento da densidade do solo (Costa & Abrahão, 1996).

Os menores valores de densidade aparente encontrados em solos sob cultivo orgânico estão relacionados com a baixa densidade das partículas orgânicas ($<1,0\text{g/cm}^3$) e a forma de distribuição das partículas (USDA, 1999). No caso do cultivo convencional, ocorre aumento da densidade do solo e dos microporos e redução da porosidade total devido a desestabilização da estrutura provocada pela mecanização (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Santos et al., 1995; Carvalho et al., 1997; Oliveira et al., 1998).

Leite (2002) reportou maior densidade do solo no sistema plantio direto comparado aos sistemas convencionais, principalmente na camada de 0-10 cm, e relacionou os resultados obtidos com a ausência de revolvimento. Contudo, alertou para o fato de que a densidade do solo isoladamente não se constitui num bom indicador de um melhor estado físico do solo, haja vista a possibilidade de melhor interconexão entre macroporos verificados nos sistemas conservacionistas em relação aos de intenso cultivo.

A porosidade total não diferiu entre os sistemas de manejo orgânico e convencional nas áreas 1 e 2 ($P>0,05$), quando avaliada na camada de 0-10 cm, apresentando nas demais camadas tendência de maiores valores para o cultivo orgânico. Na área 3, a porosidade total dos solos cultivados organicamente foi maior ($P<0,05$) em relação a do cultivo convencional em todas as camadas, com exceção da camada de 20-30 cm. Na comparação do manejo orgânico numa mesma área, foi constatada a mesma tendência observada para a densidade do solo, ou seja, não houve influência do tempo de cultivo orgânico sobre os valores de porosidade total para a maioria das camadas, exceção feita as camadas de 0-10 cm na área 1 e 30-40 cm na área 2.

Embora não tenham sido registradas diferenças nos valores de porosidade total na camada de 0-10 cm, os menores valores observados para esse sistema (convencional) em relação ao sistema orgânico nas demais profundidades corrobora com as proposições de Tisdall e Oades (1982) nas quais o manejo convencional pode modificar a estrutura original do solo em razão do fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos, o que em longo prazo, pode originar camadas mais compactadas.

A condutividade hidráulica observada na área 1 para os manejos orgânico e convencional, não apresentou diferenças ($P>0,05$) entre as camadas até 40 cm de profundidade (Quadro 7), provavelmente associada com o fato da área sob manejo

orgânico encontrar-se em pousio há mais de seis meses, e dessa forma os efeitos da matéria orgânica não resultaram na elevação na quantidade de macroporos. Na mesma área, verificou-se maiores valores na área sob mata em relação aos manejos orgânico e convencional, possivelmente devido a ausência de perturbação antrópica e manutenção das suas características originais. Nas áreas 2 e 3, houve aumento do fluxo de água na camada de 0-10 cm (manejo orgânico) e nas camadas de 10-20, 20-30 e 30-40 cm (orgânico da área 3) em relação ao manejo convencional.

Quadro 7. Valores médios de condutividade hidráulica (cm/h) em função dos diferentes sistemas de manejo adotados em diferentes áreas no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Manejo	Profundidade (cm)			
		0-10	10-20	20-30	30-40
1	Orgânico	26,25 b	39,82 ab	34,69 b	40,50 bc
	Mata	172,90 a	141,28 a	129,02 a	101,36 a
	Convencional	51,31 b	1,91 b	1,76 b	3,47 c
2	Orgânico	164,72 a	65,36 ab	29,25 b	39,59 bc
3	Orgânico	96,47 ab	156,43 a	92,28 a	69,47 ab
	dms	106,17	127,36	47,86	53,92

Médias seguidas de pelo menos uma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

Em virtude da alta densidade de cargas da matéria orgânica verifica-se, normalmente, grande quantidade de água retida na superfície dos materiais orgânicos (Moniz, 1975). Além disso, a elevada rede de poros existentes em solos adubados organicamente concorre para a condutividade hidráulica mais elevada. O cultivo intensivo chega a diminuir os valores de fluxo de água (k) em 10 vezes (Corsini, 1974), devido a descontinuidade física entre a zona preparada e o solo imediatamente abaixo (Seguy et al., 1984; Stone & Silveira, 1999).

A condutividade hidráulica elevada é importante para o transporte da água da superfície do solo para as camadas mais profundas durante os eventos de chuvas ou irrigação, contribuindo dessa forma para diminuir o potencial de erosão e de escoamento superficial a que estão sujeitos esses solos e melhorando assim a aeração, uma vez que o aumento da condutividade hidráulica pela MOS provém pelo decréscimo da densidade do solo e pelo aumento da porosidade total (Shepherd et al., 2002).

Na avaliação do tamanho dos agregados (Quadro 8), foi verificada diferenças (P<0,05) para os valores de diâmetro médio ponderado entre os manejos da área 1, área em que o cultivo orgânico está estabelecido há mais tempo (seis anos). Nesta área, os valores de DMP foram maiores no solo sob cultivo orgânico em relação ao cultivo

convencional, em todas as camadas. Comportamento similar aconteceu na mesma área para a variável DMG. Na área 2, cultivada no sistema orgânico há apenas quatro anos, não foram observadas diferenças entre os sistemas orgânico e convencional no que se refere aos valores de DMP e DMG em nenhuma das camadas avaliadas. Cremom (2004) também não constatou diferenças entre os valores de diâmetro médio ponderado de agregados de um Latossolo Vermelho típico submetido a diferentes tratamentos com leguminosas, apesar de evidenciar variações entre as profundidades.

Quadro 8. Valores médios (mm) de diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em função dos diferentes sistemas de manejo adotados em diferentes áreas no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	DMP (mm)			DMG (mm)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
	0-10 cm					
Orgânico	1,56bA	1,71bA	1,70	1,02bA	1,12bA	1,12
Mata	2,43aA	2,34 aA	-	1,99 aA	1,93 aA	-
Convencional	1,06cA	1,48bA	-	0,61cA	0,83bA	-
Média	1,76A¹		1,70A²	1,25A¹		1,12A²
dms		0,34			0,33	
	10-20 cm					
Orgânico	1,48bA	1,38bA	1,30	0,95bA	0,93bA	0,83
Mata	2,50 aA	2,20 aA	-	2,15 aA	1,72 aA	-
Convencional	0,69cB	1,28bA	-	0,41cA	0,71bA	-
Média	1,59A¹		1,30A²	1,14A¹		0,83B²
dms		0,50			0,43	
	20-30 cm					
Orgânico	1,07bA	0,85cA	1,34	0,69bA	0,54bA	0,88
Mata	2,52 aA	2,13 aB	-	2,21 aA	1,65 aB	-
Convencional	0,55cB	1,16bA	-	0,36cB	0,68bA	-
Média	1,39A¹		1,34A²	1,02A¹		0,88B²
dms		0,29			0,22	
	30-40 cm					
Orgânico	1,23bA	0,83cB	1,34	0,82bA	0,52bB	0,88
Mata	2,44 aA	2,10 aA	-	2,08 aA	1,61 aB	-
Convencional	0,61cB	1,26bA	-	0,36cB	0,72bA	-
Média	1,41A¹		1,34A²	1,02A¹		0,88A²
dms		0,37			0,28	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

¹ média do fatorial

² média do sistema de manejo orgânico

Nos solos sob cultivo orgânico foi registrada elevação do diâmetro dos agregados, demonstrada pelos resultados do diâmetro médio ponderado. Em geral, solos

que apresentam boa agregação, possuem diâmetro maior dos agregados, o que facilita a proteção da matéria orgânica e o melhor fluxo e armazenamento de água no solo (Mielniczuk, 1999). O DMP pode funcionar como um indicador da estabilidade da estrutura do solo (Sheperd et al., 2002).

Quando comparou-se a média do tratamento adicional em relação a média do fatorial (área 3), para a variável DMP, não se constatou diferenças, em nenhuma das camadas avaliadas. Já em relação ao DMG, houve significância apenas para as camadas de 10-20 cm e 20-30 cm, sendo a média do tratamento adicional inferior em relação a média do fatorial.

As propriedades físicas do solo estão entre aquelas mais influenciadas pela matéria orgânica (POTAFOS, 1998; Khatounian, 2001). A matéria orgânica ao interagir com os componentes minerais do solo resulta na formação de agregados estáveis (principalmente os de dimensões < 1mm), provenientes da formação de complexos argilo-húmico que conferem resistência dos agregados ao fenômeno de dispersão (Moniz, 1975). A agregação influencia também a porosidade total do solo por atuar no arranjo das partículas primárias, embora o tamanho dos poros dependa da distribuição de argila, silte e areia e de sua agregação (Prado, 1995). Atuando como agente cimentante destes componentes, a matéria orgânica contribui para a formação dos agregados, e conseqüentemente para um aumento da macro e micro-porosidade.

Os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível (Quadro 9) não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) quando se comparou os manejos nas áreas 1, 2 e 3, nas camadas compreendidas entre 0-100 cm. O tempo de cultivo orgânico (quatro e seis anos) também não resultou em efeitos entre os sistemas quanto a capacidade de retenção de água no solo. Esse fato pode estar relacionado com as características texturais do solo predominante nas áreas em estudo, classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, que apresenta percentuais de areia acima de 80 %. Por ter baixa superfície específica a fração areia apresenta baixa capacidade de retenção de água. Reynolds et al. (2002) e Wendling (2003) também não encontraram diferenças nos valores dessas variáveis ao comparar diferentes sistemas de manejo, ocasião em que aventaram a possibilidade de que os teores de silte mais argila seriam características do solo mais diretamente relacionadas com o conteúdo de água do que os teores de C orgânico.

Quadro 9. Valores médios de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível em função dos diferentes sistemas de manejo adotados em diferentes áreas no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Capacidade de campo (kg.kg ⁻¹)			Ponto de Murcha Permanente (kg.kg ⁻¹)			Água disponível (kg.kg ⁻¹)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
	0-10 cm								
Orgânico	0,167 aA	0,156 aA	0,163 aA	0,060aA	0,048 aB	0,051 aB	0,106 aA	0,107 aA	0,111 aA
Mata	0,122 bA	0,133 aA	0,125 bA	0,032 bAB	0,038 bA	0,027 bB	0,094 aA	0,095 aA	0,098 aA
Convencional	0,126 bA	0,133 aA	0,145 abA	0,032 bA	0,023 cB	0,025 bAB	0,089 aB	0,110 aAB	0,120 aA
dms		0,025			0,007			0,025	
	10-20 cm								
Orgânico	0,152 aA	0,133 abA	0,149 aA	0,152 aA	0,031 abB	0,140 aA	0,100 aA	0,102 aA	0,108 aA
Mata	0,114 bB	0,147 aA	0,136 aAB	0,023 cB	0,037 aA	0,028 bB	0,091 aB	0,110 aA	0,108 aA
Convencional	0,135 aA	0,123 bA	0,139 aA	0,034 bA	0,024 bB	0,030 bAB	0,100 aA	0,099 aA	0,109 aA
dms		0,020			0,007			0,018	
	20-30 cm								
Orgânico	0,139 abA	0,131 abA	0,137 aA	0,041 aA	0,037 aA	0,039 aA	0,098 aA	0,094 aA	0,097 aA
Mata	0,128 bA	0,149 aA	0,133 aA	0,027 bB	0,040 aA	0,028 bB	0,101 aA	0,109 aA	0,104 aA
Convencional	0,155 aA	0,126 bB	0,145 aAB	0,044 aA	0,027 bB	0,033 abB	0,111 aA	0,099 aA	0,112 aA
dms		0,022			0,009			0,024	
	30-40 cm								
Orgânico	0,132 bA	0,143 aA	0,140 abA	0,033 bA	0,038 abA	0,040 aA	0,098 aA	0,104 aA	0,099 aA
Mata	0,128 bAB	0,145 aA	0,124 bB	0,029 bB	0,042 aA	0,030 aB	0,098 aA	0,103 aA	0,093 aA
Convencional	0,160 aA	0,130 aB	0,144 aAB	0,047 aA	0,030 bB	0,038 aAB	0,113 aA	0,099 aA	0,106 aA
dms		0,017			0,010			0,018	
	40-60 cm								
Orgânico	0,137 bA	0,138 aA	0,137 aA	0,037 bA	0,039 abA	0,041 aA	0,099 abA	0,098 aA	0,096 aA
Mata	0,128 bB	0,144 aA	0,133 aAB	0,031 bB	0,044 aA	0,030 bB	0,096 bA	0,099 aA	0,102 aA
Convencional	0,170 aA	0,130 aB	0,142 aB	0,054 aA	0,032 bB	0,047 aA	0,115 aA	0,097 aB	0,095 aB
dms		0,015			0,009			0,016	
	60-80 cm								
Orgânico	0,137 bA	0,137 aA	0,138 aA	0,039 bA	0,045 aA	0,047 aA	0,098 abA	0,092 aA	0,090 abA
Mata	0,130 bB	0,148 aA	0,138 aAB	0,035 bB	0,046 aA	0,034 bB	0,094 bA	0,102 aA	0,103 aA
Convencional	0,171 aA	0,134 aB	0,134 aB	0,056 aA	0,033 bB	0,053 aA	0,114 aA	0,100 aA	0,080 bB
dms		0,017			0,009			0,016	
	80-100 cm								
Orgânico	0,143 bA	0,139 aA	0,149 aA	0,049 bA	0,046 aA	0,050 bA	0,094 bAB	0,093 bB	0,099 aA
Mata	0,135 bB	0,153 aA	0,134 bB	0,037 cB	0,049 aA	0,036 cB	0,097 bB	0,104 aA	0,097 aB
Convencional	0,178 aA	0,124 bB	0,138 abB	0,063 aA	0,032 bB	0,059 aA	0,115 aA	0,091 bB	0,078 bC
dms		0,015			0,009			0,005	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

Características Químicas dos Solos

De modo geral, verificou-se maiores valores de pH com a adoção do sistema orgânico em todas as camadas e em todas as áreas (Quadro 10). Os valores exibiram tendência de redução com a profundidade e em geral foram maiores na área 1, cujo tempo de utilização do sistema orgânico é maior (seis anos). Apesar dos resultados obtidos estarem condizentes com os reportados por Mader et al. (2002), deve-se ressaltar que valores de pH acima de 6,5 demandam um melhor controle no manejo da fertilidade visto que podem acarretar deficiências de micronutrientes e alterar a dinâmica dos demais nutrientes.

Conforme Stockdale et al. (2002), os mecanismos envolvidos na elevação do pH em sistemas orgânicos incluem: a) adsorção de H⁺ na superfície dos materiais adicionados; b) condições de redução que incrementam a atividade microbiana durante a decomposição da matéria orgânica; c) substituição de hidroxilas da superfície dos

sesquióxidos por ânions orgânicos; d) adição de cátions básicos, e e) produção de amônia durante a decomposição. Yan et al. (1996) destacam, no entanto, a descarboxilação dos aminoácidos como principal processo responsável pelo incremento do pH nos solos sob sistema de cultivo orgânico.

Os teores de P indicam que a adição sistemática de material orgânico, principalmente na forma de esterco, compostos e resíduos orgânicos no sistema de cultivo orgânico, e em menor magnitude no sistema convencional, têm se mostrado capaz de proporcionar acréscimos consideráveis nos teores desse elemento em relação aos originalmente encontrados (na mata, por exemplo, os teores oscilaram entre 0,5 e 1,2 mg/dm³).

Quadro 10 - Características químicas de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
	pH em água, 1:2,5								
0-10	7,41	6,65	4,66	6,99	6,15	5,04	7,53	6,13	4,75
10-20	7,46	6,75	4,62	7,16	6,31	4,77	7,48	5,53	4,60
20-30	7,48	6,71	4,54	7,31	6,15	4,62	7,11	4,52	4,68
30-40	7,04	5,62	4,54	7,25	6,24	4,78	6,80	4,45	4,78
40-60	7,18	5,82	4,79	7,02	6,05	4,87	6,35	4,62	4,95
60-80	6,77	5,89	4,94	6,99	5,64	4,85	5,75	4,34	4,89
80-100	6,22	5,13	4,80	6,93	5,23	4,94	5,47	4,79	5,01
	pH em KCl								
0-10	7,28	6,50	3,89	5,98	5,79	3,93	6,36	5,89	3,98
10-20	7,36	6,42	4,06	6,81	5,43	3,97	7,12	4,93	4,08
20-30	7,36	5,76	4,15	7,02	4,84	3,99	6,72	3,96	4,20
30-40	7,25	4,67	4,21	7,07	4,38	4,07	6,22	3,95	4,28
40-60	7,00	4,85	4,32	6,86	4,43	4,19	5,59	3,85	4,38
60-80	6,40	4,88	4,39	6,68	4,31	4,23	4,77	3,96	4,36
80-100	5,48	4,36	4,43	6,54	4,25	4,23	4,70	4,05	4,39
	CE, dS m								
0-10	0,55	0,36	0,72	0,48	0,27	0,13	0,28	0,39	0,16
10-20	0,30	0,37	0,59	0,24	0,14	0,15	0,15	0,49	0,12
20-30	0,22	0,70	0,21	0,19	0,10	0,10	0,22	0,60	0,28
30-40	0,20	0,17	0,10	0,16	0,11	0,12	0,11	0,69	0,09
40-60	0,17	0,18	0,26	0,14	0,34	0,10	0,13	0,48	0,12
60-80	0,41	1,25	0,13	0,26	0,60	0,12	0,10	0,58	0,09
80-100	0,15	0,17	0,20	0,13	0,13	0,09	0,10	0,15	0,08
	P, mg dm ³								
0-10	622,5	165,1	1,8	228,7	130,0	1,3	348,9	342,3	1,7
10-20	667,6	104,6	1,0	257,7	139,2	0,9	189,3	253,0	0,7
20-30	197,3	10,1	0,8	87,1	50,0	0,6	98,7	141,0	0,6
30-40	130,0	6,3	0,5	58,0	47,9	0,5	18,8	81,6	0,5
40-60	94,0	4,6	0,2	34,1	25,5	0,4	5,6	40,5	0,2

QUADRO 10. Continuação...

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
60-80	15,9	4,6	0,2	3,7	11,9	0,2	1,3	43,1	0,2
80-100	3,2	0,6	0,2	1,0	5,1	0,2	1,3	5,8	0,2
	K^+ , mg dm^{-3}								
0-10	62	35	23	170	65	14	236	43	16
10-20	40	40	12	107	41	6	156	82	10
20-30	50	51	10	75	56	4	32	110	8
30-40	70	46	8	42	93	2	76	126	6
40-60	94	69	4	42	74	2	62	93	4
60-80	83	70	6	42	58	0	41	95	4
80-100	60	47	6	42	47	2	42	68	4
	Na^+ , $cmol_c dm^{-3}$								
0-10	38,0	8,0	1,0	60,0	3,0	2,0	27,0	6,0	0,0
10-20	30,0	3,0	0,0	40,0	2,0	0,0	12,0	4,0	0,0
20-30	10,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	8,0	1,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0
40-60	6,0	3,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-80	6,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80-100	0,0	2,0	10,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
	Ca^{2+} , $cmol_c dm^{-3}$								
0-10	7,41	2,13	0,45	4,76	1,15	0,14	4,95	0,82	0,08
10-20	6,61	1,72	0,00	3,30	0,87	0,00	3,47	0,42	0,00
20-30	3,61	1,00	0,00	1,96	0,65	0,00	2,56	0,43	0,00
30-40	2,49	1,05	0,00	1,55	0,40	0,00	1,63	0,12	0,00
40-60	2,54	0,46	0,00	1,21	0,49	0,00	0,98	0,00	0,00
60-80	1,79	2,35	0,08	1,17	2,99	0,00	0,84	1,05	0,00
80-100	1,28	1,81	0,00	1,15	1,83	0,00	0,70	1,10	2,42
	Mg^{2+} , $cmol_c dm^{-3}$								
0-10	1,83	0,33	0,33	1,62	0,32	0,15	1,62	0,27	0,21
10-20	1,69	0,29	0,11	0,94	0,24	0,08	1,00	0,14	0,08
20-30	0,86	0,23	0,09	0,55	0,22	0,04	0,79	0,14	0,09
30-40	0,61	0,23	0,08	0,50	0,15	0,05	0,61	0,08	0,06
40-60	0,74	0,17	0,06	0,48	0,14	0,04	0,38	0,14	0,06
60-80	0,70	0,46	0,08	0,55	0,66	0,04	0,38	0,24	0,06
80-100	0,57	0,40	0,08	0,54	0,40	0,05	0,37	0,31	0,43
	Al^{3+} , $cmol_c dm^{-3}$								
0-10	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,80
10-20	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80
20-30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,20	0,80
30-40	0,00	0,00	1,00	0,00	0,20	1,00	0,00	0,40	1,00
40-60	0,00	0,00	0,80	0,00	0,20	0,80	0,00	0,80	0,80
60-80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,20	0,80	0,00	0,80	0,80
80-100	0,00	0,40	0,80	0,00	0,40	0,80	0,00	1,00	0,80
	$H^+ + Al^+$, $cmol_c dm^{-3}$								
0-10	1,50	1,00	5,60	1,00	1,00	3,60	1,20	1,70	5,30
10-20	1,30	1,00	4,90	1,50	1,30	3,60	1,50	3,50	4,00
20-30	1,30	1,30	4,90	1,70	1,30	3,60	1,00	3,60	4,00
30-40	1,30	2,30	5,30	1,20	2,60	3,60	2,00	4,30	4,30

QUADRO 10. Continuação...

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
40-60	1,30	2,00	4,30	1,00	1,70	3,60	2,60	4,60	3,60
60-80	1,30	2,00	4,30	1,00	2,00	2,60	2,60	3,60	3,60
80-100	2,30	2,30	4,30	0,30	2,30	2,60	2,00	3,60	2,60
Soma de Bases (SB), $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$									
0-10	9,57	2,58	0,84	7,07	1,65	0,34	7,29	1,23	0,33
10-20	8,53	2,12	0,14	4,68	1,22	0,10	4,92	0,79	0,11
20-30	4,64	1,36	0,12	2,78	1,01	0,05	3,43	0,85	0,11
30-40	3,31	1,40	0,10	2,19	0,79	0,06	2,43	0,54	0,08
40-60	3,55	0,82	0,07	1,82	0,82	0,05	1,52	0,38	0,07
60-80	2,73	3,01	0,18	1,84	3,80	0,04	1,32	1,53	0,07
80-100	2,00	2,34	0,14	1,80	2,35	0,06	1,19	1,58	2,86
Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC_e), $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$									
0-10	9,57	2,58	1,44	7,07	1,65	0,94	7,29	1,23	1,13
10-20	8,53	2,12	0,94	4,68	1,22	0,90	4,92	0,79	0,91
20-30	4,64	1,36	1,12	2,78	1,01	0,85	3,43	1,05	0,91
30-40	3,31	1,40	1,10	2,19	0,99	1,06	2,43	0,94	1,08
40-60	3,55	0,82	0,87	1,82	1,02	0,85	1,52	1,18	0,87
60-80	2,73	3,01	0,98	1,84	4,00	0,84	1,32	2,33	0,87
80-100	2,00	2,74	0,94	1,80	2,75	0,86	1,19	2,58	3,66
Capacidade de Troca Catiônica Total (CTC_T), $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$									
0-10	10,87	3,58	6,44	7,77	2,65	3,94	8,29	2,93	5,63
10-20	9,83	3,12	5,04	5,68	2,52	3,70	6,22	3,09	4,11
20-30	5,94	2,66	5,02	3,48	2,31	3,65	4,43	4,45	4,11
30-40	4,61	3,70	5,40	3,19	2,49	3,66	4,43	4,84	4,38
40-60	4,85	2,82	4,37	2,82	2,52	3,65	4,12	4,98	3,67
60-80	4,03	5,01	4,48	2,84	5,80	2,64	3,92	5,13	3,67
80-100	4,30	4,64	4,44	2,10	4,65	2,66	3,19	5,18	5,46
Saturação por Bases (V), %									
0-10	88,0	72,1	13,0	91,0	62,3	8,6	87,9	42,0	5,9
10-20	86,8	67,9	2,8	82,4	48,4	2,7	79,1	25,6	2,7
20-30	78,1	51,1	2,4	79,9	43,7	1,4	77,4	19,1	2,7
30-40	71,8	37,8	1,9	68,7	31,7	1,6	54,9	11,2	1,8
40-60	73,2	29,1	1,6	64,5	32,5	1,4	36,9	7,6	1,9
60-80	67,7	60,1	4,0	64,8	65,5	1,5	33,7	29,8	1,9
80-100	46,5	50,4	3,2	85,7	50,5	2,3	37,3	30,5	52,4
Saturação por Alumínio (m), %									
0-10	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0	63,8	0,0	0,0	70,8
10-20	0,0	0,0	85,1	0,0	0,0	88,9	0,0	0,0	87,9
20-30	0,0	0,0	89,3	0,0	0,0	94,1	0,0	19,0	87,9
30-40	0,0	0,0	90,9	0,0	20,2	94,3	0,0	42,6	92,6
40-60	0,0	0,0	92,0	0,0	19,6	94,1	0,0	67,8	92,0
60-80	0,0	0,0	81,6	0,0	5,0	95,2	0,0	34,3	92,0
80-100	0,0	14,6	85,1	0,0	14,5	93,0	0,0	38,8	21,9
Índice de Saturação de Sódio (ISNA), %									
0-10	1,73	1,35	0,30	3,69	0,79	0,93	1,61	2,12	0,00
10-20	1,53	0,62	0,00	3,72	0,71	0,00	1,06	2,20	0,00

QUADRO 10. Continuação...

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo									
	Área-1			Área-2			Área-3			
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	
20-30	0,94	0,00	0,00	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30-40	1,05	0,31	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00	
40-60	0,73	1,59	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
60-80	0,96	0,58	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
80-100	0,00	0,32	4,63	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	
P remanescente (P rem), mg cm ⁻³										
0-10	41,6	47,5	40,0	45,3	45,3	40,4	47,4	47,9	36,0	
10-20	43,5	46,2	36,2	46,1	47,5	39,1	45,5	47,8	34,9	
20-30	42,9	41,0	32,2	45,6	46,3	37,6	43,8	43,9	30,5	
30-40	42,4	37,0	30,1	45,2	43,3	36,1	38,4	41,3	29,8	
40-60	39,5	33,5	26,5	41,8	39,0	34,8	33,9	38,6	27,4	
60-80	37,7	32,6	22,8	40,9	37,5	32,3	31,6	38,5	26,2	
80-100	31,7	30,3	22,6	36,1	36,6	30,6	30,2	33,7	28,2	

Legenda: H + Al (pH 8,2); SB - Soma de Bases Trocáveis; t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 8,2; V - Índice de Saturação de Bases; m - Índice de Saturação de Alumínio; ISNa - Índice de Saturação de Sódio; P-rem - Fósforo Remanescente; E - Entrelinha; L - Linha.

Em todas as áreas registrou-se, independentemente da camada, superioridade dos teores de P no sistema orgânico, sendo os maiores teores verificados na área 1, cujos valores ultrapassaram 600 mg/dm³. Incrementos nos teores de P no solo em decorrência do emprego de sistemas orgânicos de cultivo foram também mencionados por Clark et al. (1998) e Stockdale et al. (2002). Diferentemente, Mader et al. (2002) constataram que os solos da Europa Central manejados organicamente durante 21 anos registraram teores mais baixos das frações solúveis de P nos sistemas orgânicos em relação ao sistema convencional.

Apesar dos elevados teores de P nas áreas manejadas organicamente, deve-se enfatizar o possível predomínio de formas orgânicas de P nessas circunstâncias, o que se constituiria a princípio num residual de P que poderia ser transformado e liberado com a sucessão dos cultivos (Leite, 2002). De acordo com Stockdale et al. (2002), o P orgânico além de ser mineralizado pela ação de fosfatases extracelulares, pode ser também imobilizado por curtos períodos por alguns microorganismos, protegendo assim as formas disponíveis de P do processo de fixação. Ainda conforme os autores, solos que recebem aportes regulares de esterco e de outro material orgânico têm apresentado ciclagem bem mais rápida da biomassa microbiana e maior atividade das fosfatases ácidas.

A manutenção das atuais técnicas de utilização dos materiais orgânicos nas doses pré-estabelecidas, associadas com a predominância de baixos teores de argila

(Quadro 5) e o predomínio de caulinita na fração argila (Figura 3), tem contribuído para os valores elevados de P no sistema de cultivo orgânico em todas as áreas, e menor adsorção desse elemento pelas partículas minerais do solo. Nessa condição, pode-se supor a possibilidade de movimentação de P para camadas mais profundas, como constatado até 40 cm na área que exibiu teores superiores a 130 mg/dm^3 , o que equivale a cerca de 20 % do total obtido na camada de 0-10 cm. Entretanto, em maiores profundidades, os teores de P foram relativamente menores.

Vários estudos (Reganold, 1988; Reganold, 1992; Clark et al. 1998; Stockdale et al., 2002) têm indicado que a disponibilidade de fosfatos no solo é aumentada pela adição de material orgânico, com participação de diversos processos. As reações envolvidas no aumento da disponibilidade de P em solos de sistemas orgânicos pode incluir: i) liberação do P ligado como fosfatos insolúveis de Ca, Fe e Al para formas solúveis por meio da ação de ácidos orgânicos e outros quelatos produzidos durante a decomposição dos resíduos e excreções radiculares; ii) diminuição da fixação de P por humatos produzidos durante a decomposição/humificação; iii) aumento na taxa de decomposição do húmus nativo, com mineralização do P orgânico pela adição de material orgânico e; iv) formação de complexos fósforo-húmicos (Stevenson, 1986; Baldock & Nelson, 2000; Stockdale et al., 2002).

Diante dessa problemática, cuja constatação é mais freqüente em solos de clima temperado (Daniel et al., 1998), cogita-se da necessidade da adoção de medidas preventivas e cautelosas no caso de eventuais problemas dessa natureza em condições tropicais, cuja maior probabilidade de ocorrência está nas áreas de exploração de olerícolas dos cinturões verdes. Incluem-se, dentre as medidas a serem adotadas, a revisão das bases tecnológicas utilizadas para a definição das doses de P a serem aplicadas no solo; a melhor caracterização dos materiais orgânicos e dos seus valores remanescentes no solo para as recomendações. Além destas medidas, é recomendável definir-se também os níveis ambientais críticos de P para conhecimento dos seus níveis máximos acima dos quais é possível a ocorrência de problemas ambientais (Novais & Smith, 1999). Portanto, deve-se dirigir especial atenção ao monitoramento dos teores de P nos sistemas orgânicos dessas áreas.

Como resultado das aplicações sistemáticas de esterco, compostos orgânicos e incorporação de culturas de cobertura, tem se verificado com relativa freqüência maior aporte de bases trocáveis (Ca, Mg, K e adicionalmente Na), nos solos sob sistema orgânico e, ou, de baixos insumos (Clark et al., 1998; Mader et al., 2002; Stockdale et

al., 2002). Esta tendência foi também constatada no presente trabalho, visto que para Ca e Mg, foram registrados em todas as áreas e em todas as profundidades teores superiores desses nutrientes nos cultivos manejados organicamente. Contudo, os maiores teores foram observados nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, com tendência de redução nas camadas mais profundas. Novamente, a área 1, cuja adoção das práticas preconizadas nos sistemas orgânicos já é feita há mais tempo, apresentou os maiores teores tanto de Ca quanto de Mg.

A prevalência de maiores teores de Ca e Mg nos sistemas de manejo orgânico, em especial nas camadas superficiais, decorrem dos efeitos proporcionados pela ciclagem da MOS do material adicionado que proporciona a liberação dos nutrientes e o aumento da CTC do solo (Hussain et al., 1999).

Quanto aos teores de K, observou-se que com exceção das camadas de 30-40 cm na área 2 e das camadas de 20-30 e 30-40 cm na área 3, nas quais foram verificados maiores teores no sistema convencional em relação orgânico e mata, houve prevalência de maiores teores nos cultivos no sistema orgânico em todas as áreas e em todas as profundidades, sendo no entanto, os maiores teores absolutos registrados na área 3, principalmente nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Vários trabalhos têm reportado incrementos (Reganold, 1992; Stockdale et al., 2002) nos teores de K com o aporte contínuo de material orgânico no solo, como ocorre nos sistemas orgânicos. Clark et al. (1998), constataram que, após quatro anos de cultivo, os solos do sistema orgânico exibiam maiores teores em relação ao sistema convencional. Porém, cessada a aplicação de material orgânico, especialmente de esterco, registrou-se considerável declínio nos teores desse elemento.

Um aspecto importante é a necessidade de monitoramento dos teores de K devido a possibilidade de movimentação (lixiviação) no perfil do solo, especialmente nesses solos que apresentam textura arenosa (Quadro 5) e baixa capacidade de retenção de cátions. Nesse sentido, constata-se tendência de movimentação do nutriente em solos manejados sob forma convencional, principalmente nas áreas 2 e 3. Nos cultivos orgânicos porém, essa movimentação se manifestou de maneira mais reduzida e apenas na área 1. Para Kleper & Anghinoni (1995), o maior acúmulo de K na superfície de solos sob sistemas que privilegiam o aporte de material orgânico está condicionado a fatores relacionados com o tipo de solo (textura, mineralogia da argila), do regime de umidade e da quantidade de matéria orgânica adicionada na adubação. Assim, o

aumento da CTC e da agregação do solo devido ao aporte orgânico pode favorecer a retenção de K (Stockdale et al., 2002; Baldock & Nelson, 2000).

A predominância de maiores teores de bases trocáveis nos sistemas orgânicos e a ausência de Al em todas as áreas se refletiu em maiores valores de SB, CTC e V nesses sistemas em relação ao sistema convencional e mata. A área 1 apresentou em geral os maiores valores das respectivas características, embora tenha sido constatada tendência de redução dos valores nas camadas mais profundas. Resultados semelhantes foram observados por Pocknee & Summer (1997), Clark et al. (1998) e Mader et al. (2002) ao confrontarem a fertilidade em termos de bases trocáveis de áreas manejadas orgânica e convencionalmente.

Solos submetidos a sistemas que se fundamentam em aporte periódico de material orgânico tendem a exibir menor atividade química de Al quando comparada com os sistemas convencionais, em razão da maior quantidade de ligantes orgânicos na solução do solo e da maior força iônica da solução (Oliveira & Novais, 2002).

De acordo com Sheperd et al. (2002) não é surpreendente constatar que os sistemas orgânicos, em geral, tenham teores de matéria orgânica mais elevados e, por conseguinte maiores teores de bases trocáveis e CTC que os sistemas convencionais. Baldock & Nelson (2000), entretanto, mencionam que apesar da habilidade da matéria orgânica em contribuir para a CTC dos solos, pode haver o comprometimento desta capacidade em função da interação com sítios carregados positivamente sobre colóides orgânicos e pela complexação com Fe e Al. Estimativas de valores de CTC entre 60 e 300 cmol/kg em solos cultivados, denotam a importância da adoção de sistemas de cultivo que visem a manutenção ou o acréscimo dos teores de matéria orgânica no solo.

Nos solos sob mata foram observados os maiores valores de acidez potencial em todas as profundidades. Por outro lado, ao comparar os sistemas orgânico e convencional observou-se que nas áreas 1 e 2 houve tendência do sistema orgânico apresentar os maiores valores até a profundidade de 20-30 cm. Esses resultados se refletiram em parte nos valores de CTC total, uma vez que mesmo apresentando baixos teores de cátions trocáveis, os valores para a mata suplantaram os obtidos no sistema convencional, principalmente nas áreas 1 e 2.

A complexação orgânica dos micronutrientes metálicos e possivelmente também de complexos de boro com carboidratos do solo se constitui, conforme Baldock & Nelson (2000), num importante componente da reserva lábil desses elementos no solo. Contudo, em magnitude mais pronunciada em relação às outras características, existe

carência de informações concernentes ao comportamento dos micronutrientes em sistemas manejados organicamente.

Os resultados revelaram que as adições periódicas de material orgânico nos sistemas de cultivo orgânico não resultaram a princípio, em maiores teores de Fe (Quadro 11). Observou-se em todas as áreas na camada de 0-10 e 10-20 cm, predomínio de maiores teores de Fe na mata, vindo a seguir os do sistema convencional e, por último, os do sistema orgânico. Nas demais camadas, o comportamento observado foi bastante variável e indefinido. A adição de material orgânico nos solos tem produzido efeitos variados quanto à disponibilidade de Fe embora tem sido verificado que a aplicação de esterco pode corrigir eventuais deficiências, em razão da atuação de agentes quelantes capazes de auxiliar na manutenção da solubilidade do nutriente (Baldock & Nelson, 2000).

Os teores de Mn em todas as áreas se mostraram superiores no sistema orgânico, embora com tendência de redução nas camadas mais profundas. Conforme Stevenson (1986), apesar de se observar redução da disponibilidade de Mn em solos de reação básica, como evidenciado em algumas áreas sob sistema orgânico, a adoção de práticas que privilegiam o aporte de matéria orgânica pode resultar em incrementos nos teores das frações solúveis e trocáveis desse elemento. Porém, para Baldock & Nelson (2000) o efeito promovido pela matéria orgânica na disponibilidade de Mn está associado as diferentes transformações do elemento no solo mediante a formação de complexos que reduzem a atividade em solução e ao decréscimo no potencial de oxi-redução e estímulo da atividade microbiana.

Quadro 11 – Micronutrientes nas camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
	Zn, mg dm ⁻³								
0-10	19,00	16,55	25,27	14,02	5,67	27,48	12,36	10,11	23,33
10-20	20,13	16,91	2,87	17,43	2,30	13,61	27,92	2,69	17,21
20-30	7,37	33,43	0,96	9,94	6,48	10,65	3,13	10,44	18,25
30-40	4,77	24,71	2,08	1,41	4,44	16,17	1,33	1,71	10,63
40-60	22,95	11,66	1,34	1,10	11,75	17,44	1,84	37,07	10,40
60-80	16,32	10,06	26,75	3,14	24,45	26,19	3,25	13,13	8,87
80-100	1,96	8,32	11,56	2,09	11,25	18,94	0,53	10,06	12,67
	Fe, mg dm ⁻³								
0-10	14,9	36,1	53,4	6,9	17,6	29,0	13,9	29,4	60,3
10-20	14,2	44,9	50,9	9,8	26,1	28,1	23,7	28,4	38,7
20-30	26,3	55,9	52,7	35,3	21,4	27,6	34,6	30,4	41,2
30-40	41,8	37,0	61,3	40,9	20,5	27,4	65,9	22,1	41,0
40-60	49,6	20,6	68,1	31,0	19,3	32,0	74,3	44,2	47,6

QUADRO 11. Continuação...

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
60-80	56,8	10,6	75,6	31,9	39,6	23,5	81,5	18,2	33,4
80-100	50,9	13,3	54,3	23,9	32,0	35,7	76,9	38,4	17,2
	Mn, mg dm ⁻³								
0-10	41,0	5,6	2,3	25,3	0,8	0,9	27,6	0,8	1,0
10-20	33,2	0,7	0,2	18,1	0,3	0,2	15,0	0,4	0,1
20-30	7,8	0,1	0,4	3,5	0,0	0,1	6,3	0,4	0,0
30-40	1,6	0,4	0,3	0,5	0,1	0,0	0,7	0,1	0,0
40-60	0,8	0,1	0,5	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2
60-80	0,4	9,8	0,6	0,0	26,7	0,0	0,6	0,1	0,0
80-100	0,3	9,1	0,4	0,0	7,7	0,1	0,9	1,1	8,7
	Cu, mg dm ⁻³								
0-10	1,37	3,15	2,26	0,33	1,44	3,62	1,02	0,39	3,53
10-20	1,40	2,87	0,11	0,62	0,61	1,41	3,00	0,17	1,90
20-30	0,81	6,44	0,00	0,51	1,26	1,17	0,97	1,56	2,40
30-40	0,56	3,64	0,00	0,19	0,68	3,09	0,13	0,13	1,24
40-60	0,80	1,66	0,00	0,13	2,39	3,79	0,06	5,69	0,94
60-80	1,08	3,62	3,50	0,07	5,51	6,48	0,17	1,8	1,32
80-100	0,10	2,62	1,05	0,11	2,23	3,40	0,03	1,36	1,94
	B, mg dm ⁻³								
0-10	2,12	0,40	0,68	2,37	0,36	0,87	1,75	0,59	0,58
10-20	1,65	0,36	0,46	0,64	0,46	0,89	1,47	0,29	0,37
20-30	1,11	0,37	0,48	1,40	0,20	1,59	1,45	0,27	0,30
30-40	1,00	0,35	0,53	1,40	0,05	1,22	1,70	0,19	0,33
40-60	1,10	0,11	0,34	0,96	0,12	1,11	1,52	0,41	0,39
60-80	1,17	0,15	0,56	0,88	0,10	0,85	1,02	0,24	0,23
80-100	1,31	0,08	0,35	0,85	0,03	0,47	0,72	0,06	0,12

Legenda: E – Entrelinha; L – Linha.

Quantidades consideráveis de B disponível no solo encontram-se ligadas a fração orgânica, o que significa que, em geral, solos com teores mais elevados de matéria orgânica também são frequentemente mais bem supridos em B (Baldock & Nelson, 2000; Stockdale et al., 2002). Essa tendência foi verificada para o presente trabalho em todas as camadas das áreas 1 e 2 e nas camadas de 0-10 cm e 30-40 cm da área 3, onde os teores observados no sistema orgânico suplantaram aos do sistema convencional e da mata. Reganold (1992) também reportou maiores teores de B em solos manejados organicamente com cama de frango, biofertilizantes e adubação verde em relação ao sistema convencional.

Embora a forma da combinação B-matéria orgânica seja ainda desconhecida considera-se a hipótese que os mesmos originam-se das reações de B com compostos aromáticos que ao serem transformados para ácidos orgânicos contendo B, podem, juntamente com outras estruturas geradas durante a decomposição microbiana dos

polissacarídeos, formarem complexos orgânicos mais simples (Stevenson, 1986; Baldock & Nelson, 2000).

Os teores mais elevados de Cu foram registrados sob condições naturais, ou seja, no solo de mata, para as áreas 2 e 3. Na área 1, entretanto, prevaleceram maiores teores de Cu no sistema convencional em todas as camadas. Os teores observados no sistema orgânico se mostraram de modo geral sempre inferiores aos constatados para o sistema convencional e para a mata. Esses resultados podem em parte ser explicados pelas proposições de Clark et al. (1998) de que quantidades elevadas de materiais orgânicos podem proporcionar, em algumas ocasiões, deficiências de Cu, provocadas por reações químicas do elemento com compostos orgânicos e outras substâncias originárias durante a decomposição. O Cu tem grande afinidade pela matéria orgânica, o que pode reduzir a sua disponibilidade para as plantas.

Os resultados obtidos não permitiram estabelecer comportamento definido quanto aos teores de Zn nos diferentes sistemas, pois enquanto na camada de 0-10 cm prevaleceram teores mais elevados na mata, na camada de 10-20 cm houve predomínio de teores mais elevados no sistema orgânico e nas camadas de 20-30 e 30-40 cm foram registrados maiores teores para o sistema convencional nas áreas 1 e 3. Além disso, verificou-se que, em geral, os teores foram mais elevados nas duas primeiras camadas (Quadro 11). A capacidade elevada de solos manejados organicamente de fixarem Zn tem despertado a atenção para o potencial das frações da matéria orgânica sobre a complexação desse elemento. O Zn pode formar complexos estáveis com os componentes orgânicos do solo, principalmente com as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, aumentando assim a sua adsorção (Baldock & Nelson, 2000). Todavia, essa ação pode ser variável dependendo das características e da quantidade do material orgânico adicionado (Watson et al., 2002).

Os teores de nitrato não exibiram diferenças ($P > 0,05$) em função dos manejos adotados na área 1 (Quadro 12). Por outro lado, nas áreas 2 e 3, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, os teores observados para o sistema de manejo orgânico foram superiores aos constatados para o manejo convencional. Provavelmente, o fato das áreas 2 e 3 estarem em cultivo orgânico contínuo e apresentarem valores de pH mais elevados, favorecendo assim a nitrificação (Agostini, 2003), tenha contribuído para a ocorrência dos maiores teores de nitrato no solo no sistema orgânico nessas áreas. Na área 1, a ausência de diferenças deve-se possivelmente ao fato de que o sistema de manejo

orgânico encontra-se em pousio há mais de 6 meses, o que representa a redução na entrada de matéria orgânica na área.

Quadro 12. Valores médios de nitrato e amônio em função dos diferentes sistemas de manejo adotados em camadas de solo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Nitrato (mg.kg ⁻¹)			Amônio (mg.kg ⁻¹)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm						
Orgânico	23,78 aB	44,02 aA	50,82 aA	47,96 aA	44,08 aA	45,90 aA
Mata	9,47 aA	6,48 A	6,74 bA	43,24 aA	44,60 aA	55,01 aA
Convencional	23,47 aA	9,93 bA	17,81 bA	46,18 aA	48,99 aA	42,40 aA
dms		15,17			13,25	
10-20 cm						
Orgânico	19,20 aA	22,65 aA	17,45 aA	46,88 aA	41,00 aA	41,61 aA
Mata	7,10 bA	5,40 bA	7,25 bA	34,74 bA	41,65 aA	44,92 aA
Convencional	15,59 aA	8,49 bA	8,49 bA	42,40 abA	44,04 aA	42,45 aA
dms		7,11			10,78	
20-30 cm						
Orgânico	13,89 aA	17,40 aA	34,08 aA	44,83 aA	34,32 aA	37,91 aA
Mata	6,43 aA	7,40 aA	6,48 bA	32,45 aB	48,33 aA	37,64 aAB
Convencional	9,21 aB	5,60 aB	34,49 aA	43,85 aA	42,82 aA	45,44 aA
dms		22,90			15,00	
30-40 cm						
Orgânico	14,20 aAB	21,15 aA	7,12 bB	53,84 aA	41,56 aA	43,52 bA
Mata	4,93 aA	4,29 bA	3,39 bA	37,82 aA	37,59 aA	43,47 bA
Convencional	10,59 aB	3,77 bB	46,13 aA	40,86 aB	36,98 aB	66,40 aA
dms		13,87			22,44	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade

A possibilidade de absorção de quantidades elevadas de nitrato pelas culturas é uma das preocupações mais freqüentes relacionadas com o cultivo orgânico, pois ao ser ingerido o nitrato pode ser reduzido a nitrito no aparelho digestivo, provocando oxidação do ferro da hemoglobina na corrente sanguínea produzindo metahemoglobina. A metahemoglobina é tornada estável e ineficaz, incapaz de transportar oxigênio (O₂) para a respiração celular, o que resulta na doença conhecida como metahemoglobinemia, ou doença do "sangue azul" (Wright & Davison, 1964). A combinação do nitrito com aminas origina as "nitrosaminas" que se caracterizam por serem cancerígenas e mutagênicas (Maynard et al., 1976).

Outra preocupação relacionada com os sistemas orgânicos é a possibilidade de movimentação de nitrato no solo e o potencial de provocar impactos ambientais (Stopes et al., 2002; Agostini, 2003). Contudo, para Stockdale et al. (2002), a lixiviação de nitrato em sistemas orgânicos é, em termos absolutos, inferior a constatada em sistemas convencionais. Além disso, consideraram a fase de transição entre os sistemas como a fase mais crítica para as perdas por lixiviação de nitrato e que as perdas tendem a ser

mais elevadas após aplicações de esterco com teores elevados de N, como os esterco suínos e de aves. Para Stopes et al. (2002), são as decisões técnicas sobre o tempo de cultivo e a aplicação de fertilizantes ou esterco que afetarão as perdas de nitrato por lixiviação e não a adoção de um sistema de manejo específico.

Apesar das condições favoráveis a movimentação de nitrato nos solos de Guaraciaba do Norte não foram evidenciados indícios de sua movimentação ao longo do perfil, em geral seus teores, nas áreas submetidas aos sistemas orgânicos, tenderam a diminuir com a profundidade.

Com relação aos teores de amônio, não foram verificadas, exceção feita a camada de 0-10 cm, diferenças ($P < 0,05$) entre os teores entre os sistemas de manejo na área 3. Na camada superficial, os teores foram mais elevados na mata vindo logo a seguir o sistema orgânico e por último o sistema convencional.

CONCLUSÕES

A adoção dos sistemas orgânicos de produção têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo, principalmente com o aumento do tempo de cultivo. Em curto prazo de tempo (entre 4 e 6 anos), as principais modificações ocorridas nas características de fertilidade referem-se a elevação dos teores de matéria orgânica, dos valores de pH, dos valores de CTC e dos teores de P, K, Ca e Mg. O aumento nos teores dos micronutrientes têm sido mais discretos e ainda pouco consistentes. Fisicamente foram observadas alterações relacionadas com a redução da densidade do solo, aumento da porosidade total e da condutividade hidráulica. Foram observadas, porém, elevações nos teores de nitrato nas áreas sob sistema de cultivo orgânico há mais tempo, porém sem indicativos de sua movimentação no perfil.

O manejo adotado nos sistemas orgânicos na região de Guaraciaba do Norte, precisa ser monitorado, havendo necessidade de estudos a longo prazo assim como a adoção de critérios para o estabelecimento dos aportes de material orgânico em conformidade com os teores dos nutrientes no solo e com a qualidade do material orgânico a ser utilizado.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa via PROCAD; ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa; ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização da pesquisa; ao

IBAMA, órgão do qual sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado; à ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica; ao colega e amigo Alexandre Paiva, pela relevante contribuição ao trabalho; ao laboratorista Braz, pelo apoio na execução das análises; aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar, e, enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, M.A.V. Nitrificação heterotrófica sob influência do uso e da acidez do solo. Viçosa, UFV, 2004. 43p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- BALDOCK, L.A. & NELSON, F.N. Soil organic matter. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of Soil Science, Boca Raton, CRC Press, 2000. p. 25-84.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898p.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. bras. Ci. Solo, 14: 99-105, 1990.
- CARVALHO, E.J.M.; GALVÃO, E.U; MOLLER, M.R.F.; MATOS, A.O & VELOSO, C.A.C. O uso da mecanização e seus impactos sobre alguns parâmetros físicos do solo no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM
- CLARK, M.S.; HORWATH, W.R; SHENNAN, C. & SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. Agron. J., 90:662-671, 1998.
- CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis Série Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intensivo. Científica, 2:149-161, 1974.
- COSTA, L.M. & ABRAHÃO, W.A.P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ V.,V.H.; FONTES, L.E.F & FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios

- morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. 1.ed. Viçosa, UFV, 1996. p.429-443.
- CREMOM, C. Variação temporal dos atributos de um Latossolo Vermelho, cultivado com leguminosas para adubação verde. Viçosa, UFV, 2004. 79p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N.; LEMUNYON, J.L. Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview. *J. Environ.*, 27:251-257, 1998.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FUNCEME. Dados pluviométricos. 2003. (Boletim digital)
- GALETTI, P.A. Conservação do solo - Reflorestamento - Clima. 2. ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1989. 286p.
- HUSSAIN, I.; OLSON, K.R.; EBELHAR, S.A. Long term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1335-1341, 1999.
- IBGE. Banco de dados do censo 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 mar. de 2005.
- IPLANCE. Perfil básico municipal – Guaraciaba do Norte. Fortaleza, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 1998. 44p.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. Madison, University of Wisconsin, 1969. 894p.
- KEMPERS, A.J. & ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate methods. *Commun. in Soil Sci. Plant. Anal.* 17: 715 – 723. 1986.
- KHATOUNIAN, C.A. A reconstrução ecológica da agricultura. Botucatu, Agroecológica, 2001. 348p.
- KLEPER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:395-401, 1995.
- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. 1.ed. São Paulo, Ceres, 1979. 264p.
- LEITE, L.F.C. Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo Modelo Century. Viçosa, UFV, 2002. 146p. Tese

- (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas, SBCS, 1996. 84p.
- MADER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296:1694-1697, 2002
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, New York, 28:71-118, 1976.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-7.
- MONIZ, A. C. Elementos de pedologia. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 460p.
- NOVAIS, R.F. & SMITH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.393-486.
- OLIVEIRA, J.C.M; BACCHI, O.O.S; REICHARDT, K; RESENDE, L.C.L. & RUEGGER, W.U.S. Avaliação da compactação do solo em áreas com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998. Resumos Expandidos. Fortaleza, SBCS, 1998. p.376-377.
- POCKNEE, S. & SUMNER, M.E. Cation and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. *Agron. J.*, 61:86-92, 1997.
- POTAFOS. Manual internacional de fertilidade do solo. Trad. de Alfredo Scheid Lopes. 2. ed., Piracicaba, 1998. 177p.
- PRADO, H. Manejo dos solos: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo, Nobel, 1995. 116p.
- REGANOLD, J.P. Comparasion of soil properties as influencied by organic and conventional farming systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 34:144-155,1988

- REGANOLD, J.P. Effects of alternative and conventional farming systems on agricultural sustainability. *Food & Fertilizer Technology*, 1992. 6p.
- REYNOLDS, W.D., ELRICK, D.E., YOUNGS, E.G. & AMOOZEGAR, A. The Soil Solution Phase. In: Topp, G.C. (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*, Soil Science Society of America, Madison, 2002.
- SANTOS, G.M.M.; SANTANA, J.R.F.; OLIVEIRA, L.M.; MOREAU, M.S.; SMITH, M.R.B.; CARVALHO, P.C.L.; DOREA, R.A. & ALMEIDA, E.C. Comportamento da camada compactada em Latossolo Amarelo. *Bahia Agrícola*, 0: 17-39, 1995.
- SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENSCHHEIN, F.N. & ACQUA, F.M.D. Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1984. 26p. (Circular técnica N°17)
- SHEPHERD, M.; PEARCE, B.; CORMACK, B.; PHILIPPS, L.; CUTTLE, S.; BHOGAL, A.; COSTIGAN, P. & UNWIN, R. An Assessment Of The Environmental Impacts Of Organic Farming. A review for Defra-funded project OF0405. May 2003. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/farm/organic/research/env-impacts2.pdf>>. Acesso em 19 de set. 2004.
- SHEPHERD, M.A.; HARRISON, R. & WEBB, J. Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18:284-292, 2002.
- STEVENSON, F.J. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. NY, John Wiley & Sons Inc, 1986. 380p.
- STOCKDALE, E.A.; SHEPHERD, M.A.; FORTUNE, S. & CUTTLE, S.P. Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? *Soil Use and Management*, 18:301-308, 2002.
- STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesq. Agrop. Bras*, 34: 83-91, 1999.
- STOPES, C.; LORD, E.L.; PHILIPPS, L.; WOODWARD, L. Nitrate leaching from organic farms and conventional farms following best practice. *Soil Use and Management*, 18:256-263, 2002.

- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water –stable aggregates in soils. *Journal Soil Science*, 3: 141-163, 1982.
- USDA. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, Departamento de Agricultura, 1999. 82p.
- WATSON, C.A.; ATKINSON, D.; GOSLING, P.; JACKSON, L.R. & RAYNS, F.W. Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, 18:239-247, 2002.
- WENDLING, B. Efeitos do uso e manejo nas propriedades físicas e no carbono orgânico de um Latossolo Vermelho no Triângulo Mineiro. Viçosa, UFV, 2003. 48p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- WRIGHT, M.J.; DAVISON, K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advances in Agronomy*, 16:197-274, 1964.
- YAN, F.; SCHUBERT, S. & MENGEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biol. Biochem*, 28:617-624, 1996.
- YANG, J.E.; SLOGLEY, E.O.; SCHAFF, B.E.; KIM, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. *Soil Sci. Am. J.*, 62:1108-1115, 1998.

APÊNDICE

Tabela 1A. Análise granulométrica das áreas de estudo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Camada (cm)	Areia Total	Fracionamento da Areia (g kg ⁻¹)					Silte	Argila Total	Argila disp. em água	Grau de Floculação (%)
			AMG	AG	AM	AF	AMF				
			----- g kg ⁻¹ -----								
Cultivo Orgânico (área 1)	0-10	819	20	104	382	279	34	30,5	150,5	40	73,42
	10-20	813,4	26	114	463,4	166	44	49,5	138	44	68,12
	20-30	795	25	119	402	207	42	79,5	126	80,5	36,11
	30-40	717	23	112	331	196	55	62,5	221	70	68,33
	40-60	822,4	22	108	328	319,4	45	36,5	141,5	94,5	33,22
	60-80	806,5	12	97	384,5	267	46	80,5	113	64	43,36
	80-100	759	26	84	286	310	53	26	215,5	116,5	45,94
Cultivo Orgânico (área 2)	0-10	838	22	72	426	266	52	53	109,5	24,5	77,63
	10-20	845	19	86	570	131	39	50,5	105	48,5	53,81
	20-30	860	10	67	601	140	42	16,5	123,5	70,5	42,91
	30-40	840	18	48	504	219	51	24,5	136	91	33,09
	40-60	827	19	43	483	217	65	18,5	154,5	134,5	12,94
	60-80	796	22	61	523	143	47	45	159	92,5	41,82
	80-100	802	29	90	505	142	36	20,5	177,5	105	40,85
Cultivo Orgânico (área 3)	0-10	832	22	56	461	251	42	51	117	91,5	21,79
	10-20	817	14	67	593	106	37	35,5	148	65,5	55,74
	20-30	841	26	96	574	119	26	22,5	137	58,5	57,3
	30-40	842	16	47	537	212	30	7,5	151	63,5	57,95
	40-60	825	21	38	517	208	41	27	148	64,5	56,42
	60-80	814	21	68	522	166	37	29	157,5	40,5	74,29
	80-100	774	19	39	479	186	51	30,5	196	127	35,2
Cultivo Convencional (área 1)	0-10	823	23	68	405	268	59	66,5	111	37,5	66,22
	10-20	864	23	59	313	405	64	22,5	114	59,5	47,81
	20-30	784	12	51	453	219	49	38	178,5	76,5	57,14
	30-40	659	17	57	302	228	55	48,5	292,5	145,5	50,26
	40-60	729	16	52	260	334	67	54,5	216,5	124	42,73
	60-80	744	6	41	314	331	52	26,5	230	117,5	48,91
	80-100	719	9	35	234	381	60	46	235,5	145	38,43
Cultivo Convencional (área 2)	0-10	845	25	76	426	257	61	23,5	131,5	44	66,54
	10-20	741	22	57	341	262	59	37	222,5	79,5	64,27
	20-30	839	10	52	381	318	78	11,5	150	60	60
	30-40	806	7	60	455	222	62	22,5	172	59,5	65,41
	40-60	802	19	54	274	394	61	39	159,5	95	40,44
	60-80	805	21	68	282	381	53	34,5	161	80,5	50
	80-100	776	13	56	272	391	44	70,5	153,5	78,5	48,86
Cultivo Convencional (área 3)	0-10	885	17	78	507	241	42	12,5	103	81	21,36
	10-20	866	32	103	432	272	27	16,5	118	73,5	37,71
	20-30	854	54	109	370	276	45	15	131,5	45,5	65,4
	30-40	770	16	76	321	314	43	77	153	105,5	31,05
	40-60	785	35	91	310	311	38	80,5	134,5	77,5	42,38
	60-80	774	28	60	360	282	44	67	159,5	54	66,14
	80-100	804	23	55	328	343	55	36,5	160	54,5	65,94

Tabela 1A. Continuação...

Manejo	Camada (cm)	Areia Total	Fracionamento da Areia (g kg ⁻¹)					Silte	Argila Total	Argila disp. em água	Grau de Floculação (%)
			AMG	AG	AM	AF	AMF				
			----- g kg ⁻¹ -----								
Mata (área 1)	0-10	873	15	175	397	257	29	28,5	98,5	50	49,24
	10-20	876	17	129	427	272	31	46,5	78	36	53,85
	20-30	876	9	141	417	282	27	17,5	106,5	48	54,93
	30-40	869	16	88	358	363	44	31	100	54	46
	40-60	844	23	144	413	226	38	32	124	67,5	45,56
	60-80	835	25	143	363	262	42	38,5	127	70	44,88
	80-100	819	18	151	392	212	46	52,5	128,5	101	21,4
Mata (área 2)	0-10	790	22	63	282	367	56	50,5	160	109	31,88
	10-20	845	22	68	391	307	57	46,5	108,5	71,5	34,1
	20-30	832	18	99	405	267	43	66,5	102	42,5	58,33
	30-40	817	19	70	443	236	49	65	118	81,5	30,93
	40-60	797	28	77	438	201	53	79,5	123,5	115,5	6,48
	60-80	735	20	47	353	241	74	84	181	118,5	34,53
	80-100	773	24	72	340	272	65	11,5	216	115,5	46,53
Mata (área 3)	0-10	859	16	128	463	217	35	26	115,5	26,5	77,06
	10-20	887	30	127	511	181	38	3,5	110	28	74,55
	20-30	881	32	104	452	259	34	10,5	109	37,5	65,6
	30-40	813	18	61	442	252	40	29,5	157,5	44,5	71,75
	40-60	801	28	57	436	237	43	73,5	125,5	61,5	51
	60-80	791	39	87	342	277	46	49,5	160	73	54,38
	80-100	824	26	108	431	213	46	42,5	133,5	99	25,84

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para os valores de densidade do solo e porosidade total de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		DS	PT
Camada 1			
Área	2	0,009965 ^{ns}	25,6067 ^{ns}
Manejo	2	0,185031***	243,1998***
Área x Manejo	4	0,047384*	126,9907***
Resíduo	27	0,011708	16,6786
C.V. (%)	-	7,77	8,54
Camada 2			
Área	2	0,007556 ^{ns}	5,531414 ^{ns}
Manejo	2	0,213131***	475,5001***
Área x Manejo	4	0,054442***	36,3345**
Resíduo	27	0,004894	6,6944
C.V. (%)	-	4,53	6,04
Camada 3			
Área	2	0,013866*	29,9172**
Manejo	2	0,185594***	194,7096***
Área x Manejo	4	0,036925***	50,0171***
Resíduo	27	0,002815	4,0268
C.V. (%)	-	3,32	5,00
Camada 4			
Área	2	0,007480*	123,6452***
Manejo	2	0,122494***	265,1374***
Área x Manejo	4	0,009496**	278,1765***
Resíduo	27	0,001534	2,0771
C.V. (%)	-	2,51	3,23

***, **, * respectivamente significativo a 0,1, 1,0 e 5,0 % pelo teste de F.

TABELA 3A. Análise de variância para os valores de condutividade hidráulica em função dos diferentes sistemas de manejo adotados em diferentes áreas no município de Guaraciaba do Norte-CE

FV	GL	Quadrados Médios			
		Camada 1	Camada 2	Camada 3	Camada 4
Manejo	4	12974,32**	13139,01*	8062,230***	4032,344***
Resíduo	10	1563,902	2250,372	317,8397	403,4047
CV(%)		38,65	58,59	31,06	39,48

***, **, * respectivamente significativo a 0,1, 1,0 e 5,0 % pelo teste de F.

TABELA 4A. Análise de variância para os valores de nitrato (NI) e amônio (AM) de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		NI	AM
Camada 1			
Área	2	129,8494 ^{ns}	14,9288 ^{ns}
Manejo	2	3236,1970 ^{***}	11,5618 ^{ns}
Área x Manejo	4	428,6885 ^{***}	104,8162 ^{ns}
Resíduo	27	74,8559	57,1060
C.V. (%)	-	40,44	16,25
Camada 2			
Área	2	25,6966 ^{ns}	8,1831 ^{ns}
Manejo	2	542,8973 ^{***}	27,6411 ^{ns}
Área x Manejo	4	36,9466 ^{ns}	72,6153 ^{ns}
Resíduo	27	16,4301	37,7740
C.V. (%)	-	32,68	14,57
Camada 3			
Área	2	903,7232*	8,6619 ^{ns}
Manejo	2	695,3918*	92,2570 ^{ns}
Área x Manejo	4	277,1465 ^{ns}	187,2807 ^{ns}
Resíduo	27	170,4648	1975,7000
C.V. (%)	-	87,05	20,94
Camada 4			
Área	2	328,0668*	465,1349 ^{ns}
Manejo	2	780,1763 ^{***}	238,3726 ^{ns}
Área x Manejo	4	970,0857 ^{***}	387,7186 ^{ns}
Resíduo	27	62,5026	163,7670
C.V. (%)	-	61,55	28,64

***, **, * respectivamente significativo a 0,1, 1,0 e 5,0 % pelo teste de F

TABELA 5A. Análise de variância para os valores de diâmetro médio ponderado (DP) e diâmetro médio geométrico (DG) de agregados de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		DP	DG
Camada 1			
Tratamentos	(6)	0,9318***	1,1269***
Área	1	0,1374 ^{ns}	0,0449 ^{ns}
Manejo	2	2,5897***	3,2874***
Área x Manejo	2	0,1302*	0,0410 ^{ns}
Fat vs Adicional	1	0,0139 ^{ns}	0,0596 ^{ns}
Resíduo	21	0,0363	0,0348
Camada 2			
Tratamentos	(6)	1,4866***	1,5009***
Área	1	0,1374 ^{ns}	0,0449 ^{ns}
Manejo	2	2,5897***	3,2874***
Área x Manejo	2	0,1302 ^{ns}	0,0410 ^{ns}
Fat vs Adicional	1	0,2827 ^{ns}	0,3430*
Resíduo	21	0,0773	0,0594
Camada 3			
Tratamentos	(6)	1,9849***	1,8113***
Área	1	2,0700 ^{ns}	0,0964*
Manejo	2	5,3813***	4,9645***
Área x Manejo	2	0,5706***	0,3870***
Fat vs Adicional	1	0,0058 ^{ns}	0,0687*
Resíduo	21	0,0265	0,0155
Camada 4			
Tratamentos	(6)	1,7147***	1,5474***
Área	1	0,0047 ^{ns}	0,1094*
Manejo	2	4,4323***	4,1643***
Área x Manejo	2	0,6996***	0,3897***
Fat vs Adicional	1	0,0194 ^{ns}	0,0671 ^{ns}
Resíduo	21	0,0428	0,0249

***, **, * respectivamente significativo a 0,1, 1,0 e 5,0 % pelo teste de F.

TABELA 6A. Análise de variância para os valores de capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM) e água disponível (AD) de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		CC	PM	AD
Camada 1				
Área	2	0,000120 ^{ns}	0,000162**	0,000549 ^{ns}
Manejo	2	0,004046***	0,002377***	0,000806*
Área x Manejo	4	0,000253 ^{ns}	0,000098**	0,000131 ^{ns}
Resíduo	27	0,000213	0,000019	0,000214
C.V. (%)	-	10,33	11,63	14,12
Camada 2				
Área	2	0,000204 ^{ns}	0,000113**	0,000393*
Manejo	2	0,000611*	0,000554***	0,000001 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,000794**	0,000322***	0,000117 ^{ns}
Resíduo	27	0,000134	0,000019	0,000111
C.V. (%)	-	8,48	13,11	10,20
Camada 3				
Área	2	0,000090 ^{ns}	0,000051 ^{ns}	0,000052 ^{ns}
Manejo	2	0,000145 ^{ns}	0,000180**	0,000420 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,000666*	0,000231***	0,000126 ^{ns}
Resíduo	27	0,000167	0,000027	0,000187
C.V. (%)	-	9,34	14,90	13,25
Camada 4				
Área	2	0,000058 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000046 ^{ns}
Manejo	2	0,000459*	0,000061 ^{ns}	0,000201 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,000731***	0,000259***	0,000135 ^{ns}
Resíduo	27	0,000101	0,000035	0,000114
C.V. (%)	-	7,25	16,11	10,51
Camada 5				
Área	2	0,000223 ^{ns}	0,000013 ^{ns}	0,000134 ^{ns}
Manejo	2	0,000531**	0,000255***	0,000072 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,000843***	0,000365***	0,000209 ^{ns}
Resíduo	27	0,000081	0,000028	0,000085
C.V. (%)	-	6,44	13,40	9,21
Camada 6				
Área	2	0,000284 ^{ns}	0,000039 ^{ns}	0,000364*
Manejo	2	0,000289 ^{ns}	0,000241**	0,000140 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,000961***	0,000434***	0,000482**
Resíduo	27	0,000098	0,000031	0,000092
C.V. (%)	-	7,05	12,90	9,86
Camada 7				
Área	2	0,000649***	0,000178**	0,000330 ^{ns}
Manejo	2	0,000101 ^{ns}	0,000335***	0,000077 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,001580***	0,000588***	0,000583**
Resíduo	27	0,000073	0,000028	0,000104
C.V. (%)	-	5,95	11,39	10,55

***, **, * respectivamente significativo a 0,1, 1,0 e 5,0 % pelo teste de F.

CAPÍTULO 3

ESTOQUES DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ

**Guilherme Viana de Alencar⁽⁹⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽¹⁰⁾,
Teógenes Senna de Oliveira⁽¹¹⁾, Ivo Jucksch⁽²⁾ & Paulo Roberto Cecon⁽¹²⁾**

RESUMO

A agricultura orgânica no Brasil vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, reflexo das demandas geradas por consumidores interessados em produtos sem agrotóxicos e que não prejudicam o meio ambiente. Contínuos aportes de matéria orgânica vêm sendo administrados em áreas de manejo orgânico, sendo os estoques de carbono e seus efeitos pouco estudados nesse sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques de carbono e frações da matéria orgânica (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas) em solos cultivados com sistemas orgânicos e convencionais no município de Guaraciaba do Norte-CE. Foram selecionadas três áreas, constituídas de manejo orgânico, convencional e mata, onde foram abertos quatro perfis em cada manejo e obtidas amostras nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade. Os estoques elevados de matéria orgânica leve nas áreas orgânicas acarretaram maiores teores de carbono orgânico total (>200%) e elevação da atividade microbiana do solo (>20%) e carbono da biomassa microbiana (>10%), principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade, em relação ao cultivo convencional. As substâncias húmicas, principalmente a humina, apresentaram elevação

⁽⁹⁾ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Avenida Guadalajara, 1500, Aeroporto, CEP: 36.033-560 – Juiz de Fora, MG. E-mail: gui.ibama@gmail.com

⁽¹⁰⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: esm@ufv.br (prof.

Eduardo de Sá Mendonça) e ivo@solos.ufv.br (prof. Ivo Jucksch)

⁽¹¹⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará. E-mail: teo@ufc.br

⁽¹²⁾ Professor do Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

em seus valores nos ambientes orgânicos em relação aos convencionais, o que caracteriza um fator de estabilidade do sistema solo. Na avaliação do índice de manejo do carbono as áreas manejadas organicamente superaram os cultivos convencionais, caracterizando maior estabilidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas manejados organicamente.

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.

Carbon pools and organic matter fractions of cultivated soils with organic and conventional systems in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

During the last years the organic agriculture is growing up due to an increasing demand by consumers of products without chemicals and environmental concern. Continuous inputs of organic matter are added in areas with organic practices, however the carbon pools and organic matter fractions are very few studied. Therefore the objective of this work was to evaluate the carbon pools and organic matter fractions (fulvic and humic acids, and humina) of cultivated soils with organic and conventional agricultural systems in North Guaraciaba-CE. Tree areas were selected with organic, and conventional management as well as native forest, in these areas four soil profiles were opened and soil samples were collected in layers of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm of depth. High pools of light organic matter produced a higher total organic carbon (>200%), improvement of the soil micro biota (>20%) and carbon of the microbial biomass (>10%), mainly in the layer 0-10 cm of depth in relation to the conventional agricultural system. The humic substances, mainly humina showed and increase in their values in the organic system, indicating a higher soil stability in this one. About the carbon management ratio, also it showed higher values in the organic system, such a situation clearly indicates a higher soil stability and system sustainability of this kind of agriculture.

INTRODUÇÃO

Os rendimentos das culturas nos sistemas agrícolas convencionais têm aumentado significativamente desde o fim da segunda guerra mundial e continuam a aumentar ainda que numa taxa reduzida nos países desenvolvidos. Entretanto, algumas preocupações têm sido evidenciadas quanto à degradação que os solos podem sofrer, em função da redução dos níveis de matéria orgânica do solo (MOS) nos sistemas de cultivo convencionais, além de outros efeitos potencialmente prejudiciais sobre a fertilidade do solo (Feller & Beare, 1997; Grandy et al., 2002; Landers, 2005).

Tem se sugerido que os sistemas de cultivo orgânico são uma alternativa válida para a agricultura convencional, visto que confere benefícios agronômicos e ambientais, particularmente com respeito a melhoria da fertilidade do solo (Stockdale et al., 2002; Souza & Resende, 2003). Entretanto, são escassas as informações concernentes a fertilidade do solo dentro dos sistemas orgânicos e em comparação com as práticas adotadas em sistemas agrícolas convencionais na região tropical.

A transição do sistema convencional para o orgânico acarreta mudanças nas propriedades químicas dos solos e afetam sua fertilidade. As diferenças fundamentais, tanto quantitativas quanto qualitativas no fluxo e acúmulo dos nutrientes, resultam do uso de culturas de cobertura, esterco e aplicação de compostos e a redução ou eliminação ao uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas. Essas mudanças afetam positivamente as características químicas e físicas do solo (Clark et al., 1998).

Estudos comparando solos de sistemas agrícolas manejados orgânica e convencionalmente têm documentado aumento nos teores de MOS e N total com o uso de práticas orgânicas (Souza, 2000; Alves et al., 2004). Os incrementos nos teores de MOS depois da transição para o manejo orgânico ocorrem lentamente, sendo necessário vários anos para serem detectados, embora possam ocorrer efeitos substanciais sobre a produtividade ao longo do tempo. As mudanças nas outras propriedades do solo têm sido mais variáveis, talvez em função das diferenças no clima, rotação de culturas, tipo de solo ou o período em que o solo tem sido manejado organicamente (Stockdale et al., 2002).

Vários estudos têm sido conduzidos com o objetivo de comparar os efeitos de sistemas agrícolas orgânicos e convencionais sobre as propriedades do solo (Darout et al., 2003; Liebig & Doran, 1999; Souza, 2000; Schjonning et al., 2002). Comparações

detalhadas foram feitas por Reganold (1988) em duas áreas de exploração comercial de trigo no oeste dos EUA, sendo uma manejada organicamente e sem a aplicação de fertilizantes químicos e a outra área adjacente, com aplicação de fertilizantes químicos. A área sobre cultivo orgânico foi submetida a um sistema complexo de rotação de culturas, incluindo leguminosas como adubação verde de cobertura, enquanto que a área sob cultivo convencional seguiu um sistema de rotação simples sem adubação verde. Os resultados obtidos revelaram que os solos sob as áreas de manejo orgânico tiveram teores de MOS, CTC, N total e P disponível superiores as áreas cultivadas convencionalmente.

Reganold (1992) comparou as propriedades químicas do solo em áreas hortícolas manejadas orgânica e convencionalmente. As áreas sob cultivo orgânico receberam aplicação de composto orgânico, cama de frango, biofertilizante e adubação verde, enquanto que nas áreas cultivadas convencionalmente o manejo da adubação incluiu aplicações de N, P e K e a calagem. Observou-se que os solos submetidos ao cultivo orgânico apresentaram pH mais elevado e teores mais altos de MOS, P extraível, Mg, K e B do que o solo sob sistema convencional, o qual exibiu apenas superioridade quanto aos teores de N mineralizável.

Embora as adições de matéria orgânica ao solo estejam geralmente associadas a benefícios para fertilidade do solo, o desconhecimento dos mecanismos que torna difícil a maximização dos efeitos benéficos, assim como a minimização dos efeitos prejudiciais. Dada a variabilidade na composição dos diferentes tipos de material orgânico, não se pode assumir que todos os insumos possam ter efeitos semelhantes sobre as propriedades químicas do solo.

Uma das principais hipóteses do manejo orgânico dos solos é que propicia incremento nos teores de MOS, resultante dos grandes aportes de materiais orgânicos como resíduos vegetais e esterco. Alguns autores têm reportado teores elevados de MOS em solos manejados organicamente (Reganold, 1988; Clark et al., 1998), embora outros não tenham verificado a mesma tendência (Mader et al., 2002; Gosling & Shepherd, 2002).

Shepherd et al. (2002) postularam que os teores de MOS estão primariamente relacionados com o clima, a textura do solo e as condições de drenagem. A rotação de culturas e o manejo tem usualmente pequeno mas importante papel. Conforme esses autores, o incremento nos teores de MOS ocorrem quando as entradas de C excedem a taxa de oxidação.

Os sistemas orgânicos utilizam vários métodos para manter ou incrementar os teores de MOS, incluindo consorciação, rotação de culturas, reciclagem de C e nutrientes e adubação verde. Assim, a adição regular de resíduos orgânicos tem grandes efeitos sobre os teores de MOS (Stockdale et al., 2002). De acordo com Shepherd et al. (2002) não é surpreendente constatar que os solos sob sistemas orgânicos tenham no geral teores mais elevados de MOS que os sistemas convencionais, uma vez que nos sistemas orgânicos são retornados maiores quantidades de esterco e resíduos vegetais. Contudo, solos manejados convencionalmente podem receber quantidades freqüentes de esterco e algumas vezes ser submetido as práticas de rotação de cultura e consorciação, elevando também seus teores de MOS. Isso indica que provavelmente não só o sistema de cultivo em si que é importante, mas a quantidade e a qualidade do material orgânico retornado ao solo, o que neste caso o cultivo orgânico apresenta superioridade em relação ao convencional (Gosling & Sheperd, 2002).

Para Stevenson (1986) o declínio nos teores de MOS quando o solo é submetido a sistemas de cultivo convencionais não pode ser atribuído exclusivamente a redução no aporte de resíduos vegetais para a síntese de substâncias húmicas. Incrementos temporários nas taxas de respiração ocorrem a cada vez que o solo seco é reumedecido e, uma vez que quantidades consideráveis de solo estão sujeitas a repetidos ciclos de umedecimentos e secagem durante o ciclo cultural, favorecem perdas de MOS. Adicionalmente, o cultivo do solo pode estimular a atividade microbiana decorrente da maior acessibilidade da MOS.

Para alguns autores as práticas agrícolas adotadas em sistemas convencionais podem acelerar a decomposição e mineralização das substâncias húmicas da seguinte forma: i) o revolvimento intensivo do solo aumenta a aeração e umidade, incrementando a atividade microbiana e a liberação de compostos orgânicos para formas solúveis; ii) a irrigação aumenta o teor de umidade do solo com aumento na atividade microbiana; iii) a calagem incrementa a atividade das minhocas e de outros organismos do solo, principalmente actinomicetos que podem ser decompositores mais efetivos que bactérias ou fungos, facilitando a precipitação de cátions metálicos que são eficientes na estabilização das substancias humicas (Stevenson, 1986; Hodges, 1991).

A presença de matéria orgânica no solo aumenta a biomassa e a atividade microbiana devido ao balanço nutricional equilibrado neste meio (Marinari et al., 2000). A matéria orgânica fornece energia química e nutrientes para os processos de decomposição heterotrófica. Mudanças nas práticas de manejo do solo que alterem suas

propriedades físicas e químicas influenciam negativamente a população microbiana (Kennedy & Papendick, 1995). No Brasil são escassos os trabalhos comparando os sistemas de manejo convencional e orgânico.

O presente estudo teve por objetivo caracterizar e quantificar os estoques de carbono e frações da matéria orgânica em solos cultivados organicamente e convencionalmente, comparando-os com a situação de referência (mata), em quatro áreas no município de Guaraciaba do Norte-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades agrícolas que adotam os sistemas de cultivo orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará, no período de abril à junho de 2003.

O município de Guaraciaba do Norte está localizado na chapada da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, distando 312 km da capital Fortaleza, apresentando: latitude de 04°10'01'' S e longitude de 40°44'51'' W, área de 537,10 km² e altitude de 902 m. A vegetação predominante na região é do tipo Carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa alta), nas áreas mais secas e de baixa pluviosidade, e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular, nas regiões serranas e de mata úmida. A unidade geomorfológica em que se encontra o município é denominada de Superfície Cuestiforme do Planalto da Ibiapaba, com classes de solo predominantes referidas como Neossolos Quartzarênicos e Latossolos. A economia do município é predominantemente agrícola, com mais da metade da população residente na zona rural (IPLANCE, 1998; IBGE, 2005).

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2003) mostram uma pluviosidade média anual do município de 1.243 mm, irregularmente distribuída ao longo do ano e com concentração nos meses de janeiro à junho. A temperatura média das máximas é de 32°C e a das mínimas é de 20°C (Figura 1).

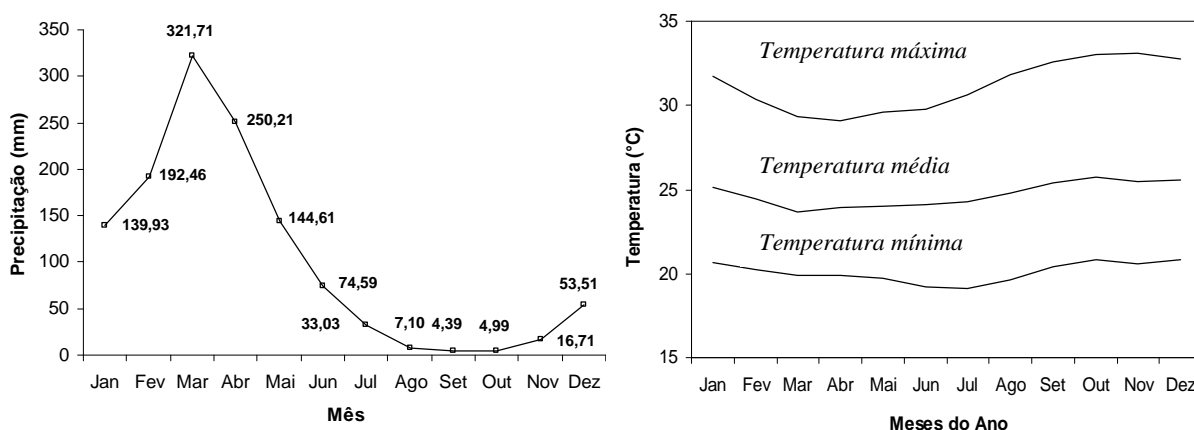


Figura 1. Pluviosidade e temperaturas média, máxima e mínima mensal do município de Guaraciaba do Norte-CE (2003).

O perfil agrário do município é caracterizado pela existência de 998 propriedades rurais, sendo 95,79 % do total é representado por pequenas propriedades com área de até 50 ha. Por se constituir em região potencialmente produtora de olerícolas, destinadas ao abastecimento da capital Fortaleza e de outros municípios circunvizinhos, esta atividade é considerada como de alta prioridade para efeito de financiamento agrícola pelo Banco do Nordeste (IPLANCE, 1998).

Os solos existentes nas áreas da pesquisa, baseado em critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), são classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico. Os conteúdos de areia estão acima de 80%, e de argila, abaixo de 15% na superfície e subsuperfície do solo (Quadro 1), o que enquadra este solo na classificação textural de arenoso. As principais características químicas de um solo de referência (mata) das áreas de estudo podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 1 - Características físicas das camadas de solo da área de referência (mata) no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Areia Total (g kg ⁻¹)	874	888	879	877	848	843	826
Areia m. grossa (g kg ⁻¹)	15	17	9	16	23	25	18
Areia grossa (g kg ⁻¹)	175	153	148	88	138	143	151
Areia média (g kg ⁻¹)	398	417	413	358	423	363	403
Areia fina (g kg ⁻¹)	257	270	282	371	226	270	208
Areia m. fina (g kg ⁻¹)	29	31	27	44	38	42	46
Silte (g kg ⁻¹)	28,50	35,8	17,5	31	32	38,5	52,5
Argila (g kg ⁻¹)	98,50	78	106,5	100	124	127	128,5
Argila disp. em água (g kg ⁻¹)	50	36	48	54	67,5	70	101
Grau de flocculação (%)	49	54	55	46	46	45	21
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa

Quadro 2. Características químicas das camadas de solo da área de referência no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
pH em água	4,66	4,62	4,54	4,54	4,79	4,94	4,80
CE, dS m	0,72	0,59	0,21	0,10	0,26	0,13	0,20
P, mg dm ³	1,8	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2
K ⁺ , mg dm ³	23	12	10	8	4	6	6
Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,33	0,11	0,09	0,08	0,06	0,08	0,08
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,60	0,80	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
H ⁺ + Al ⁺ , cmol _c dm ⁻³	5,6	4,9	4,9	5,3	4,3	4,3	4,3
SB, cmol _c dm ⁻³	0,84	0,14	0,12	0,10	0,07	0,18	0,14
CTC _e , cmol _c dm ⁻³	1,44	0,94	1,12	1,10	0,87	0,98	0,94
CTC _T , cmol _c dm ⁻³	6,44	5,04	5,02	5,4	4,37	4,48	4,44
V, %	13	2,8	2,4	1,9	1,6	4	3,2
m, %	41,7	85,1	89,3	90,9	92	81,6	85,1
P rem, mg cm ⁻³	40	36,2	32,2	30,1	26,5	22,8	22,6

A pesquisa foi desenvolvida em propriedades agrícolas localizadas no distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte-CE (Figura 2). A escolha das propriedades foi em função do sistema de manejo adotado (orgânico e convencional).

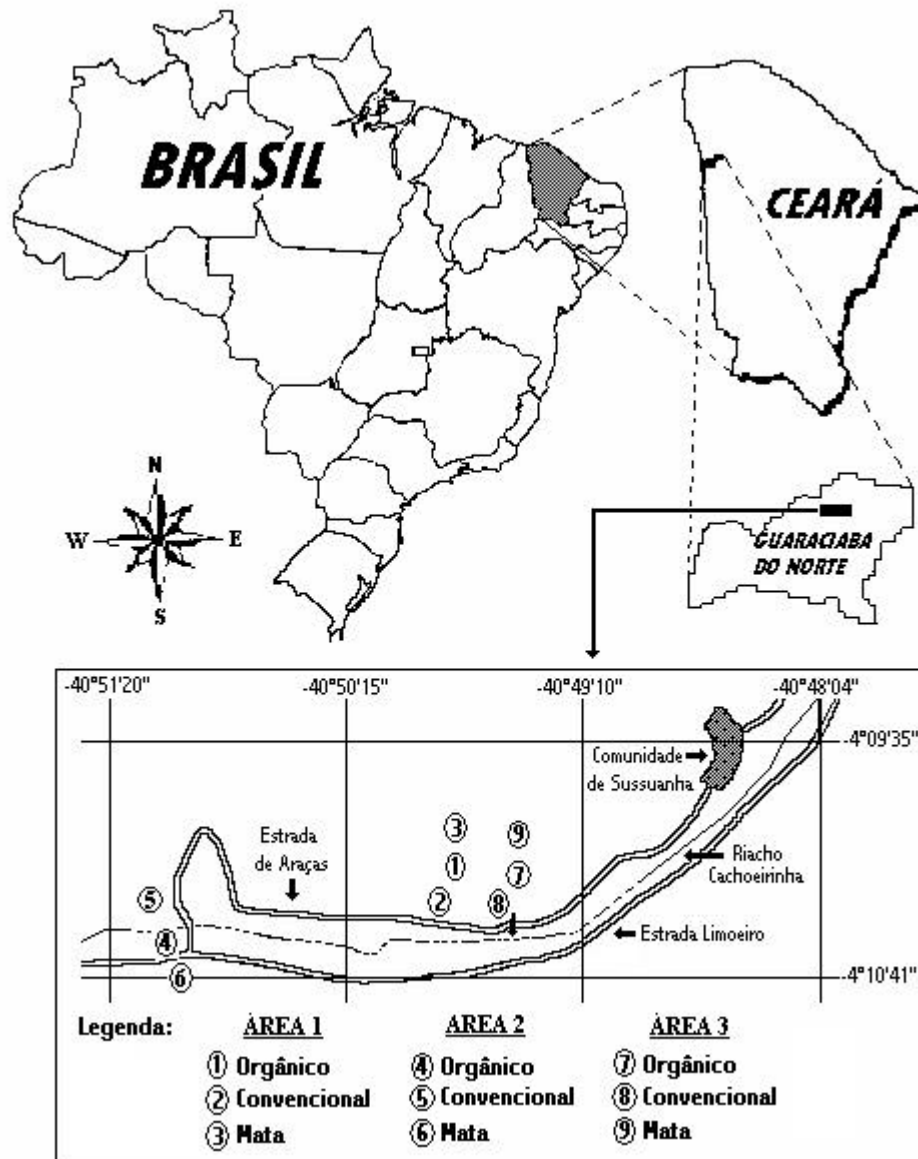


Figura 2. Localização das áreas de estudo e respectivos sistemas de manejo no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará.

Após a seleção das áreas de estudo, procedeu-se a caracterização do seu meio físico através do levantamento do histórico de cultivo, manejo etc (Quadro 3). O levantamento destas informações é proveniente do depoimento dos proprietários assim como da observação “in loco” dos procedimentos técnicos realizados no manejo do solo.

Quadro 3. Caracterização das áreas de estudo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Propriedade	Proprietário	Tipo de cultivo ou uso do solo	Observações
1	1	Nazareno Oliveira Barbosa	Orgânico	Têm 6 anos que vem realizando o manejo orgânico.
	2	Messias Soares de Oliveira	Convencional	Adota o cultivo convencional há 25 anos
	3	Nazareno Oliveira Barbosa	Mata	Vegetação com características de estágio sucessório primário
2	4	Sebastião Soares de Oliveira	Orgânico	Têm 4 anos que vem realizando o manejo orgânico
	5	Chaga Mariano	Convencional	Realiza manejo convencional há 10 anos
	6	Sebastião Soares de Oliveira	Mata	Vegetação com características de estágio sucessório primário
3	7	Leôncio Soares de Oliveira	Orgânico	Têm 4 anos que vem realizando o manejo orgânico
	8	José Augusto Passo Pires	Convencional	Realiza manejo convencional há 10 anos
	9	Leôncio Soares de Oliveira	Mata	Vegetação com características de estágio sucessório primário

O sistema orgânico de cultivo praticado nas propriedades orgânicas é caracterizado pela adubação orgânica (biofertilizantes, compostagem e adubação verde com várias espécies), controle de pragas e doenças com uso de inseticidas naturais,

incorporação de restos culturais, rotação e consorciação de culturas. Todas estas práticas tem como enfoque a melhoria da qualidade biológica do solo (Quadro 4).

Quadro 4. Sequência de práticas de manejo do solo e da cultura adotadas em sistema de produção orgânica na Chapada da Ibiapaba-CE

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Aração ou gradagem	Incorporar ao solo a vegetação nativa (pioneira) com a gradagem ou então da adubação verde (área já cultivada) através da aração.	Prática realizada com o uso do trator.
2	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico uma única vez em áreas pioneiras no cultivo orgânico, aplicando-se 2 ton./ha. Após passar a grade na vegetação nativa (etapa 1), aplica-se o calcário e faz-se nova gradagem. Se a área foi cultivada antes, usa-se apenas o fosfato de rocha (0,8 ton./ha) para correção.
3	Levantamento dos canteiros	Criar espaços para plantio e desenvolvimento das plantas olerícolas	Nesta etapa os canteiros são construídos com as dimensões de 2 m de largura por 18 a 20 m de comprimento. O trabalho é feito utilizando implementos manuais, 20 dias após a incorporação da adubação verde ou imediatamente após a aplicação do calcário.
4	Adubação orgânica de fundação	Elevar os teores de matéria orgânica do solo e melhorar a nutrição das plantas	É realizada após o levantamento dos canteiros, utilizando-se composto orgânico na quantidade de 12 kg/m ² (áreas pioneiras) ou 4 kg/m ² (área já cultivada).
5	Plantio	Cultivar as plantas olerícolas de interesse dos consumidores orgânicos	O plantio é feito de forma manual, sendo utilizado seqüências de 2 a 3 canteiros paralelos por olerícolas de famílias botânicas distintas (Aliáceas, Brassicáceas, Asteráceas, Cucurbitáceas, Quenopo-diáceas, entre outras). A consorciação é feita com culturas de grande porte (feijão, milho, mandioca etc) em outras áreas.
6	Adubação de manutenção	Realizada com a finalidade de complementar a adubação de fundação	É feita com composto (a quantidade depende do comportamento do solo após a primeira colheita no canteiro. Geralmente aplica-se 1 kg por m ² e biofertilizante (pulverização foliar).
7	Controle de pragas e doenças	Redução do nível de ataque para uma situação economicamente viável.	Utiliza-se preparados de nim, caldas bordalesa e sulfocálcica, manipueira, biofertilizantes, entre outros.
8	Colheita	Obtenção da produção para atender o mercado de consumidores orgânicos.	Realizada duas vezes por semana de forma manual.
9	Período de pousio (desativação temporária da produção da área)	Período de descanso da área onde se cultiva espécies leguminosas e gramíneas.	Esta etapa dura de 4-6 meses e inicia-se após ser percebida uma queda na produção da área. A incorporação das plantas no solo é feita quando se tem uma biomassa vegetal elevada na área (inicia-se a etapa 1).

As olerícolas utilizadas para cultivo nas áreas orgânicas são: abóbora, abobrinha, acelga, alface americana, alface crespa, alface lisa, alface roxa, alho-poró, batata doce, berinjela, brócolis, cebola, cebolinha, cenoura, coentro, couve-flor, couve-folha, espinafre, hortelã, jiló, manjeriço, pepino, pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, salsa, tomate (em estufa) e vagem.

No sistema convencional de cultivo das olerícolas, as culturas multiplicadas predominantemente são o tomate, repolho e pimentão, principalmente pelo seu valor econômico. Estas áreas são caracterizadas pelo monocultivo, o uso adubação química e controle de pragas e doenças pelo uso de agrotóxicos (Quadro 5).

Quadro 5. Sequência de etapas de manejo do solo e da cultura em sistemas de produções convencionais na Chapada da Ibiapaba.

Etapas	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Roçagem da vegetação nativa	Cortar as plantas maiores	O material vegetal derrubado é concentrado em um local da área (coivaras)
2	Queimada	Limpar o terreno do material vegetal originário da roçagem	Coloca-se fogo no material vegetal concentrado na área
3	Aração	Revolvimento do solo da área	Realizado com auxílio do trator
4	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico aplicando-se 4-5 toneladas/ha
5	Abertura de covas	Preparar o leito para o plantio das mudas	Feita manualmente com auxílio da enxada.
6	Adubação de fundação	Fornecer nutrientes para as futuras plantas	Usa-se esterco fresco (2 kg/cova), sendo irrigado por 15-20 dias, e em seguida, aplica-se na cova de 50 a 100 gramas da formulação NPK 20-10-20.
7	Plantio	Multiplicar as plantas de melhor valor comercial	É realizado manualmente com as mudas compradas em viveiros comerciais.
8	Adubação de manutenção	Suplementar a adubação de fundação para atender as necessidades das plantas	Realizada manualmente e a cada 8 a 10 dias, colocando-se de 20 a 25 g da formulação química NPK 20-10-20 por planta.
9	Controle de pragas e doenças	Controlar a ocorrência de insetos e doenças na plantação	Aplicam-se agrotóxicos com pulverizador costal.
10	Colheita	Obter produção para venda nos mercados consumidores da capital do CE e estados do MA e PI	Colheita realizada manualmente e sem respeitar o período de carência dos agrotóxicos aplicados.

As características físicas dos solos estudados são mostradas no Quadro 6.

Quadro 6 - Características físicas das camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
Densidade do solo (Mg m³)									
0-10	1,44	1,51	1,12	1,44	1,37	1,43	1,33	1,59	1,29
10-20	1,49	1,81	1,40	1,61	1,51	1,43	1,52	1,72	1,41
20-30	1,64	1,78	1,40	1,71	1,53	1,44	1,65	1,71	1,52
30-40	1,62	1,64	1,42	1,65	1,51	1,44	1,62	1,65	1,47
Densidade de partícula (Mg m³)									
0-10	2,48	2,88	2,67	2,86	2,63	2,68	2,65	2,56	2,64
10-20	2,60	2,67	2,88	2,86	2,45	2,67	2,70	2,78	2,74
20-30	2,61	2,67	2,67	2,79	2,70	2,56	2,66	2,68	2,67
30-40	2,69	2,61	2,64	2,68	2,72	3,19	3,90	2,63	2,70
Condutividade hidráulica (cm/h)*									
0-10	26,25	51,31	172,90	164,72	-	-	96,47	-	-
10-20	39,83	1,91	141,28	65,36	-	-	156,43	-	-
20-30	34,69	1,76	129,02	29,25	-	-	92,28	-	-
30-40	40,50	3,47	101,36	39,59	-	-	69,47	-	-
DMP (mm)*									
0-10	1,56	1,06	2,43	1,71	1,48	2,34	1,70	-	-
10-20	1,48	0,69	2,50	1,38	1,28	2,20	1,30	-	-
20-30	1,07	0,55	2,52	0,85	1,16	2,13	1,34	-	-
30-40	1,23	0,61	2,44	0,83	1,26	2,10	1,34	-	-
Porosidade total (%)									
0-10	41,60	47,73	57,92	49,52	45,65	49,01	49,67	37,92	51,01
10-20	42,63	32,17	51,52	43,54	38,50	46,39	43,88	38,04	48,46
20-30	37,23	33,20	47,37	38,61	43,29	43,82	37,92	36,32	43,02
30-40	39,61	37,23	46,01	38,44	44,31	54,93	58,35	37,05	45,50

Legenda: DMP-Diâmetro Médio Ponderado; * As determinações foram feitas nos tratamentos principais por melhor caracterizarem a situação de manejo. E – Entrelinha; L – Linha

Coleta das amostras

Nas propriedades selecionadas (orgânica e convencional) e nas áreas de mata, foram abertos quatro perfis de 1 m de profundidade. O perfil aberto foi dividido em sete camadas de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade. Foram coletadas amostras deformadas no período de abril à junho de 2003 e padronizadas em TFSA.

Análises de solo

- Separação dos agregados

Os agregados do solo foram separados em classes pelo tamisamento à seco (Yang & Wander, 1998) utilizando-se o aparelho agitador Produtest. Foram separados os agregados em 6 classes: 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,250 mm; 0,250-0,105 mm e <105 mm (esta última foi obtida por diferença).

- Carbono orgânico total

As amostras de solo foram maceradas e peneiradas a 100 mesh, para determinação de C orgânico total (COT) do solo pelo método da oxidação via úmida, com aquecimento externo, segundo Yeomans & Bremner (1988).

- Fracionamento das substâncias húmicas

As amostras de solo foram maceradas e peneiradas a 100 mesh. As amostras foram submetidas ao fracionamento de substâncias húmicas conforme o método recomendado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996). Os ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas foram obtidos através deste fracionamento por solubilidade em soluções ácidas ou alcalinas e o somatório dos mesmos representa as substâncias húmicas. Em cada fração húmica determinou-se o carbono orgânico conforme Yeomans & Bremner (1988).

- Carbono orgânico lábil

A obtenção do carbono orgânico oxidável foi realizada através de diferentes gradientes de concentração de ácido sulfúrico (2,5; 5 e 10 ml, correspondentes a 3, 6 e 9 mol L⁻¹, respectivamente), mantendo-se fixa a concentração de dicromato de potássio em 0,167 mol L⁻¹ (10 ml), conforme Chan et al. (2001). O carbono das frações foi quantificado por oxidação via úmida sem aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) e representam diferentes graus de labilidade. As frações obtidas foram:

- Fração 1 (3 mol L⁻¹ de H₂SO₄): carbono orgânico oxidado com 3 mol L⁻¹;
- Fração 2 (6 mol L⁻¹ – 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono oxidável extraído em 6 e 3 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico;
- Fração 3 (9 mol L⁻¹ – 6 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono oxidável extraído em 9 e 6 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico;

- Fração 4 (COT – 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono orgânico total e o carbono extraído em 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄.

Com base nas mudanças no carbono orgânico das frações e carbono orgânico total, foram determinados vários índices (Blair et al., 1995):

- Índice de Compartimento de Carbono (ICC): obtido pela relação entre COT do solo cultivado e COT do solo de referência (mata);
- Carbono lábil (L): relação entre a fração de carbono lábil (F1 + F2) e carbono não lábil (F3 + F4);
- Índice de Labilidade (IL): relação entre L_{cultivado} e L_{referência};
- Índice de Manejo de Carbono (IMC): resultado do produto ICC x IL x 100.

- **Matéria orgânica leve livre**

A separação da matéria orgânica leve livre do solo foi realizada utilizando-se iodeto de sódio (NaI) com densidade igual a 1,80 g cm⁻³, centrifugação a 3200 rpm durante cinco minutos e filtragem à vacuo do iodeto utilizando-se cadinhos de golch (Sohi et al., 2001). O material acumulado no cadinho após a filtragem é a matéria orgânica leve livre.

- **Atividade microbiana, biomassa microbiana, quociente microbiano e quociente metabólico**

A determinação do carbono mineralizável (C_m) foi realizada através da quantificação do CO₂ produzido pelos microorganismos do solo e capturado em solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹, conforme metodologia adaptada de Anderson (1982). Em seguida, com o mesmo material da amostra que determinou-se o carbono mineralizável, procedeu-se a quantificação do carbono da biomassa microbiana (C_{bm}), com uso de microondas (Islam & Wel, 1998; Ferreira et al., 1999) e por meio da oxidação via úmida (Yeomans & Bremner, 1988). O quociente microbiano (QI) foi obtido pela relação entre C microbiano e o C orgânico total do solo, e o quociente metabólico (QM) é o resultado da relação entre carbono mineralizável (dia⁻¹) e carbono da biomassa microbiana.

Carbono mineralizável (C_m):

Onde,
V_b = volume de HCl gasto com a prova em branco;
V_a = volume de HCl gasto na amostra;
M_{ácido} = concentração do HCl (Molar);
Eq. C-CO₂ = Equivalente grama do C-CO₂ ;
FC = Fator de correção (concentração do ácido/concentração da base).

Biomassa microbiana (C_{bm}):

$$C_{bm} = C_{extmw} / K_{me}$$

Onde,

C_{extmw} : diferença entre o carbono extraído do solo irradiado e o carbono extraído do solo não irradiado;

K_{me} : fração do C_{bm} extraído pela solução de K_2SO_4 0,5 mol/L.

- Nitrogênio total nos agregados

Foi quantificado o nitrogênio total em diferentes classes de diâmetro dos agregados do solo. O método utilizado foi a digestão sulfúrica, seguida da destilação Kjeldahl, de acordo com a descrição de Tedesco et al. (1995). A quantidade de nitrogênio existente na solução após digestão foi determinada através da titulação com HCl 0,02 mol L⁻¹.

Análises Estatísticas

Os dados de carbono orgânico total, atividade microbiana, biomassa microbiana, quociente metabólico, quociente microbiano, frações das substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas) e frações de carbono oxidável, obtidos nas áreas 1, 2 e 3, em cada camada amostrada, foram submetidos à análise de variância considerando-se em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (cultivo orgânico, cultivo convencional e mata), três repetições e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores e estoques totais de carbono orgânico

O carbono orgânico total (COT) do solo nos sistemas de manejo (Quadro 7) diferiu em função da profundidade e das áreas de estudo. O cultivo orgânico apresentou nas camadas de 0-10 e 10-20 cm maiores teores de carbono orgânico ($P < 0,05$) do que o sistema convencional de cultivo e da área de referência (mata). Os maiores teores de COT do solo sob manejo orgânico em relação ao solo sob mata pode ser atribuído ao maior aporte de resíduos orgânicos nesse sistema. Nas outras camadas de solo (profundidade > 20 cm) não há diferenças ($P > 0,05$) entre os sistemas de cultivo e mata.

O acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo é a causa da elevação dos teores de COT nas camadas superficiais, podendo haver contribuição através da decomposição das raízes, mais abundantes nestas camadas (Leite et al., 2003). Adicionalmente, a ausência de revolvimento do solo acarreta deposição e acúmulo dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo (Ciotta et al., 2004).

O efeito da matéria orgânica na superfície do solo foi constatado por Oliveira et al (2004) que estudaram solos manejados em semeadura direta, cultivo convencional e Cerrado nativo. Verificaram teores superiores de carbono orgânico nos sistemas de semeadura direta e Cerrados em relação ao sistema de preparo convencional, nos primeiros 10 cm da superfície.

A elevação nos teores de matéria orgânica do solo (MOS) em sistemas de manejo orgânico em comparação com o cultivo convencional foi também constatado por Stockdale et al. (2002). O aporte contínuo de resíduos orgânicos em áreas com manejo orgânico é a explicação para a elevação dos valores elevados de COT para este sistema. Em cultivos convencionais, devido a ênfase dada a adubação mineral e ao preparo intensivo do solo, ao longo do tempo ocorre decréscimo na MOS decorrente da aceleração dos processos de mineralização (Reganold et al., 1987). Os estoques de C no sistema orgânico chegou a ultrapassar ($P < 0,05$) o estoque de C da área de referência (mata), para camada de 0-20 cm de profundidade, considerada uma situação de equilíbrio e referência de sustentabilidade.

Quando os solos são submetidos a cultivos intensivos ocorre alterações nas suas características físicas, principalmente na densidade do solo, o que pode limitar o crescimento e a atividade dos microorganismos (Siqueira & Franco, 1988), modificando a atmosfera do solo e diminuindo assim, a taxa de decomposição da matéria orgânica.

Nesta condição, tem-se valores elevados de COT nas camadas com alta densidade do solo.

A área de cultivo orgânico mais antiga (área 1) apresentou valores de COT superiores em relação aos cultivos orgânicos das áreas 2 e 3, considerando apenas as camadas de 0-10 e 10-20 cm. A área 1 tem seis anos de cultivo orgânico, enquanto as áreas 2 e 3, tem apenas quatro anos de cultivo orgânico, indicando que essas áreas poderão ter os estoques de C incrementados.

Algumas preocupações têm sido evidenciadas quanto à degradação que os solos podem sofrer em função da redução dos teores de MO e dos efeitos potencialmente prejudiciais sobre a fertilidade do solo (Stockdale et al., 2002). Uma das principais hipóteses do manejo orgânico dos solos é que ele propicia incrementos nos teores de MOS, resultantes dos grandes aportes de materiais orgânicos como resíduos vegetais e esterco. Alguns autores têm reportado teores elevados de MOS em áreas manejadas organicamente (Reganold, 1988; Clark et al., 1998).

Na avaliação dos estoques de C (Quadro 7) nas camadas de 0-40 cm dos diferentes sistemas de manejo e áreas de referência (matas) constata-se quantidade elevada de COT nas áreas de cultivo orgânico. Nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, os estoques de COT nas áreas orgânicas chega a ser o dobro do encontrado nas áreas de mata, e em relação as áreas de cultivo convencional, esta diferença chega a quase triplicar. Nas camadas inferiores (>20 cm de profundidade) os valores encontrados de COT são bastante semelhantes entre os sistemas de cultivo e áreas de mata.

Na camada de 30-40 cm, o cultivo convencional apresentou estoques de COT acima dos constatados no cultivo orgânico e mata (áreas 1, 2 e 3). Situação semelhante aconteceu nas áreas 2 e 3 para as camadas de 10-20 e 20-30 cm e na camada superficial da área 3 (0-10 cm) em comparação com a mata. Estes resultados são condizentes com a elevação da densidade do solo (Quadro 6) no cultivo convencional, variável esta utilizada no cálculo de estoque de carbono da área (Mg/ha).

Quadro 7. Teores de carbono orgânico total (COT) em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Maneio	COT (g kg ⁻¹ de solo)			COT Mg ha ⁻¹		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm						
Orgânico	20,46 aA	16,30 aB	20,0 aAB	29,46	23,47	26,60
Mata	13,38 bA	7,52 bB	9,34 bAB	14,99	10,75	12,05
Convencional	7,34 cA	6,16 bA	8,82 bA	11,08	8,44	14,02
dms		4,20		-	-	-
10-20 cm						
Orgânico	13,84 aA	8,12 aB	9,67 aB	20,62	13,07	14,70
Mata	7,74 bA	4,29 bA	5,63 bA	10,84	6,13	7,94
Convencional	5,97 bA	4,72 abA	5,98 abA	10,81	7,13	10,29
dms		3,81		-	-	-
20-30 cm						
Orgânico	5,71 aA	3,75 aA	6,37 aA	9,36	6,41	10,51
Mata	7,46 aA	3,87 aB	6,34 aAB	10,44	5,57	9,64
Convencional	5,43 aB	4,58 aB	8,63 aA	9,66	7,00	14,76
dms		3,10		-	-	-
30-40 cm						
Orgânico	4,46 aA	2,59 bA	4,95 aA	7,22	4,27	8,02
Mata	6,41 aA	5,14 abA	6,43 aA	9,10	7,40	9,45
Convencional	6,85 aA	6,46 aA	6,51 aA	11,23	9,75	10,74
dms		2,96		-	-	-
40-60 cm						
Orgânico	4,15 aA	3,80 aA	5,86 aA	-	-	-
Mata	5,20 aA	4,19 aA	4,71 aA	-	-	-
Convencional	3,97 aA	5,10 aA	7,21 aA	-	-	-
dms		4,49				
60-80 cm						
Orgânico	4,11 bA	3,74 bA	4,01 bA	-	-	-
Mata	4,45 bA	5,44 aA	5,45 aA	-	-	-
Convencional	5,87 aA	4,17 bB	5,15 abAB	-	-	-
dms		1,24				
80-100 cm						
Orgânico	4,13 aA	5,36 aA	4,92 aA	-	-	-
Mata	3,10 aA	3,09 aA	4,48 aA	-	-	-
Convencional	4,03 aA	3,33 aA	6,42 aA	-	-	-
dms		3,89				

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade

Compartimentos da matéria orgânica do solo

Características microbiológicas do solo

A atividade dos microorganismos que agem na mineralização da MOS pode ser quantificada pelo C-CO₂ respirado. Na camada de 0-10 cm (Quadro 8) ocorre maior atividade microbiana nos sistemas orgânicos. Esse comportamento está relacionado com a entrada de grandes volumes de matéria orgânica, geralmente incorporados na camada superficial do solo. Isso pode ser explicado pela presença de maiores quantidades de substâncias orgânicas lábeis, como carboidratos e outras frações solúveis, e baixa relação C/N do material orgânico nas áreas manejadas organicamente, o que pode acarretar o incremento da atividade microbiana e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, conforme constatado por Liebig & Doran (1999).

Nas outras camadas de solo (10-20 cm; 20-30 cm e 30-40 cm), apenas o cultivo orgânico mais antigo (área-1) apresentou superioridade nesta variável em relação ao manejo convencional e mata ($P < 0,05$) e, também, quando se compara com as outras áreas e sistemas de cultivo. Em virtude da área 1 apresentar o manejo orgânico mais antigo (6 anos) e por ter recebido vários aportes de matéria orgânica de diferentes fontes, a distribuição dos componentes de maior labilidade da matéria orgânica tem maior distribuição no solo.

Alvarez et al. (1995), Balota et al. (1998) e Mendes et al. (1999) observaram maiores teores de C prontamente mineralizável em áreas cultivadas sob plantio direto, comparativamente com áreas sob plantio convencional. A explicação para esse efeito é devido ao maior fornecimento de matéria orgânica para o solo e ciclagem de C e nutrientes (Melloni et al., 2001).

Nas áreas 1 e 2, para a camada de 0-10 cm, o cultivo convencional apresentou maior atividade microbiana em relação as áreas de mata. Esse comportamento não ocorreu na área 3, provavelmente devido a variabilidade de material orgânico incorporado ao solo na época da adubação. Esse comportamento é seguido nas camadas abaixo de 10 cm para as áreas 1 e 3, onde os solos cultivados na forma convencional apresentaram valores de atividade microbiana superiores aos encontrados na mata.

O C da biomassa microbiana na camada de 0-10 cm de solo nos cultivos orgânicos das áreas 1 e 3 foi superior aos cultivos convencionais ($P < 0,05$), exceção para a área 2, onde os valores foram semelhantes. Nas camadas inferiores, o manejo convencional geralmente apresenta maior biomassa microbiana ou próximo aos resultados verificados no manejo orgânico. Nas áreas de mata as camadas de solo de 0-

10 cm e 10-20 cm apresentaram os maiores valores de biomassa microbiana em relação aos sistemas de cultivo ($P < 0,05$). Esse resultado está relacionado ao acúmulo contínuo de MO sobre o solo nessa área e ao equilíbrio natural do sistema.

Almeida (1991) registrou efeitos diferenciados sobre a biomassa microbiana em função do tipo de resíduo orgânico incorporado (esterco bovino, vermicomposto e esterco de galinha), que proporcionaram aumentos do C microbiano do solo, sendo os maiores valores encontrados para o esterco de galinha. O tipo de material vegetal incorporado ao solo influencia na quantidade de C da biomassa microbiana do solo, o que pode ser constatado nos resultados obtidos nos diferentes sistemas de manejo estudados.

Altas taxas de respiração basal microbiana podem representar distúrbio ecológico ou produtividade elevada do ecossistema (Islam & Weil, 1998). Já a biomassa microbiana, embora represente um indicador muito sensível quando da alteração na MOS, individualmente não caracteriza a forma de utilização do C pelos microorganismos (Tótola & Chaer, 2002). Diante disso, a análise dos sistemas de cultivos é melhor caracterizada e avaliada quando centrada nas relações quociente metabólico (QM) e quociente microbiano (QI).

Valores baixos no quociente metabólico mostram que o carbono originário da degradação da matéria orgânica fica no solo, e valores altos, caracterizam que o solo está perdendo muito carbono no processo de degradação microbiológica (respiração). Os cultivos orgânicos das quatro áreas geralmente apresentaram tendência de redução do quociente metabólico em comparação ao cultivo convencional e até em relação as testemunhas (áreas 2 e 3). Estes resultados indicam que os microorganismos das áreas sob manejo orgânico estão sob menor estresse ambiental fazendo com que gastem menos energia (menor respiração) para metabolizar o material orgânico.

Na avaliação do quociente microbiano das áreas 1, 2 e 3, foi constatada a predominância de valores elevados nos sistemas de cultivo convencional em relação aos outros sistemas ($P < 0,05$). Esta relação indica o quanto de carbono da biomassa representa no compartimento total da MOS, o que poderá refletir numa maior ciclagem de nutrientes no ecossistema. As áreas de cultivo convencional também apresentam quociente metabólico elevados. Isso indica que o C da biomassa está sendo convertido rapidamente para CO_2 (redução da eficiência microbiana). Com o tempo a perda de C poderá ser alta acarretando redução da capacidade de retenção de água e degradação da estrutura do solo.

A atividade microbiana apresentou correlação na camada de 0-10 cm com as variáveis densidade do solo ($r=-0,76^*$), porosidade total ($r=0,82^*$), carbono da biomassa ($r=0,58^{**}$) e quociente microbiano ($r=0,60^{**}$). Na camada de 30-40 cm, com a variável quociente metabólico ($r=0,88^*$).

O carbono da biomassa microbiana apresentou correlação na camada de 0-10 cm com as variáveis densidade do solo ($r=-0,88^*$), porosidade total ($r=0,75^*$), atividade microbiana ($r=0,58^{**}$). Na camada de 10-20 cm, houve correlação do carbono da biomassa com quociente microbiano ($r=0,82^*$). Na camada de 20-30 cm, observou-se correlação com o quociente microbiano ($r=0,89^*$) e na camada de 30-40 cm com as variáveis carbono orgânico ($r=0,61^{**}$) e quociente microbiano ($r=0,95^*$).

As correlações citadas acima, referentes aos efeitos das variáveis nas camadas de 0-40 cm, caracterizam a dinâmica da MO no solo. As características físicas do solo, tais como densidade do solo e porosidade total, são influenciadas pela elevação dos estoques de carbono no solo, os quais tem efeito, também, nas variáveis microbiológicas e substâncias húmicas.

Quadro 8. Valores médios da respiração basal microbiana, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico e quociente microbiano em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Respiração basal microbiana (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)			Respiração basal microbiana (mg de CO ₂ kg de solo)*			Carbono da biomassa microbiana (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)			Quociente metabólico (mg CO ₂ mg Cmic ⁻¹ dia ⁻¹)			Quociente microbiano (%)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm															
Orgânico	13,73 aA	20,20 aA	23,64 aA	411,95	606,02	709,33	22,85 aA	36,85 aA	59,75 aA	0,85 aA	0,61 aA	0,30 aA	0,11 aA	0,23 aA	0,41 aA
Mata	11,96 aA	10,61 aA	16,60 aA	358,95	318,37	497,92	63,65 aA	52,99 aA	49,92 aA	0,09 bA	0,29 aA	0,57 aA	0,54 aA	0,66 aA	0,56 aA
Convencional	12,67 aA	18,91 aA	14,60 aA	380,23	567,27	437,95	16,65 aA	39,05 aA	47,83 aA	0,23 abA	0,06 aA	0,31 aA	0,20 aA	0,68 aA	0,58 aA
dms		11,98						54,37			0,66			0,71	
10-20 cm															
Orgânico	15,06 aA	9,26 aA	11,51 aA	451,80	277,85	345,32	36,75 aA	30,68 aA	70,50 aA	0,39 aA	0,15 aA	0,17 aA	0,26 aA	0,48 aA	0,74 aA
Mata	10,19 aA	13,93 aA	11,98 aA	305,69	417,95	359,56	38,54 aA	36,61 aA	89,42 aA	0,39 aA	0,24 aA	0,25 aA	0,52 aA	0,90 aA	1,63 aA
Convencional	14,20 aA	12,65 aA	19,08 aA	425,99	379,37	572,54	44,46 aA	30,46 aA	50,41 aA	0,47 aA	0,35 aA	0,47 aA	0,96 aA	0,64 aA	0,82 aA
dms		9,57						68,46			0,52			1,28	
20-30 cm															
Orgânico	7,85 aA	7,99 aA	12,77 aA	235,51	239,92	382,99	5,60 aA	22,28 aA	41,94 aA	0,07 aA	0,14 aA	0,20 aA	0,07 aA	0,55 aA	0,67 aA
Mata	4,13 aA	13,66 aA	13,99 aA	124,04	409,78	419,67	36,14 aA	39,49 aA	33,47 aA	0,05 aA	0,49 aA	0,36 aA	0,50 aA	1,06 aA	0,56 aA
Convencional	5,29 aA	4,13 aA	14,69 aA	158,76	123,86	440,87	62,33 aA	83,27 aA	39,39 aA	0,13 aA	0,08 aA	0,49 aA	0,85 aA	1,91 aA	0,54 aA
dms		13,33						85,50			0,62			1,44	
30-40 cm															
Orgânico	7,61 aA	3,59 aA	7,85 aA	228,41	107,83	235,56	11,14 bA	16,85 aA	22,42 aA	0,16 aA	0,04 bA	0,22 aA	0,27 aA	0,40 aA	0,46 aA
Mata	4,71 aA	9,34 aA	9,77 aA	141,35	280,23	293,27	47,26 abA	14,06 aA	41,56 aA	0,18 aA	0,39 aA	0,18 aA	0,91 aA	0,25 aA	0,64 aA
Convencional	9,53 aA	7,32 aA	11,67 aA	286,08	219,51	350,00	71,05 aA	0,10B	50,59 aAB	0,09 aA	0,00 bA	0,25 aA	0,92 aA	0,00 aA	0,82 aA
dms		9,96						57,29			0,34			0,92	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade

*Evolução de CO₂ acumulado de 6 avaliações (30 dias)

Embora haja destaque para o sistema convencional em termos de maior acúmulo de C-biomassa microbiana ($P < 0,05$) em relação aos outros sistemas (Quadro 9), deve-se observar que a permanência do C no solo é caracterizada como de curto prazo (quociente metabólico alto), o que pode comprometer as características físicas, químicas e microbiológicas do solo a longo prazo. Diferentemente, no sistema de cultivo orgânico e mata, há a permanência do C no solo, ou seja, a qualidade do solo é preservada, mesmo em condições de solo de textura arenosa.

Quadro 9. Estoque de C da biomassa microbiana em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo								
	Área-1			Área-2			Área-3		
	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
	C-Biomassa microbiana (Mg ha ⁻¹)								
0-10	0,329	0,252	0,713	0,531	0,535	0,758	0,795	0,756	0,644
10-20	0,548	0,805	0,540	0,494	0,460	0,524	1,072	0,867	1,261
20-30	0,092	1,109	0,506	0,381	1,274	0,569	0,692	0,674	0,509
30-40	0,180	1,165	0,671	0,278	0,000	0,202	0,363	0,835	0,611

¹E – Entrelinha e ²L – Linha

Substâncias húmicas

As frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (HUM) foram influenciadas pelas práticas de manejo realizadas nas áreas 1, 2 e 3 (Quadro 10). A fração humina apresentou os maiores teores nas 3 áreas ($P < 0,05$). A humina tem papel importante na formação de complexos organo-minerais estáveis, alta insolubilidade e resistência a biodegradação, o que representa uma fração de estabilidade do solo (Longo & Espíndola, 2000), sendo muito importante como reservatório de C e nutrientes, principalmente em solos de textura arenosa. Em cultivos orgânicos, esta fração é superior ao ambiente de mata e cultivo convencional até 20 cm de profundidade ($P < 0,05$). Em profundidades maiores (>20 cm) constata-se valores mais elevados e uniformes dessa fração na mata e em seguida no cultivo convencional, em relação ao manejo orgânico ($P < 0,05$). Até 30 cm de profundidade, os valores de HUM do manejo orgânico da área 1 superaram das áreas 2 e 3 para o mesmo manejo.

A predominância da HUM nas camadas superficiais dos sistemas orgânicos (0-10 e 10-20 cm de profundidade) e com maior ênfase entre os sistemas orgânicos para a área 1, representa uma melhora na estrutura do solo e na retenção de cátions (Quadro 6),

características estas consideradas relevantes na avaliação de sistemas de produção agrícola sustentáveis. Souza & Melo (2003) compartilham destes argumentos, acrescentando a variável umidade como definidoras de agroecossistemas sustentáveis.

Vários estudos constataram a predominância da participação da HUM nas substâncias húmicas (Nascimento et al., 1988; Pizauro & Melo, 1995; Sikora & Yakovchenko, 1996; Leite et al. (2003). A humina constitui cerca de 50-60% do COT, justificando sua presença devido ao tamanho das moléculas e ao longo tempo de residência no solo. Stevenson (1994), Longo & Espíndola (2000), Canellas et al. (2000), Pinheiro et al. (2001) & Canellas et al. (2003) afirmam que os maiores teores de humina devem estar relacionados à sua insolubilidade e resistência a biodegradação, favorecida pela formação de complexos estáveis e/ou complexos argilo-húmicos, devido ser a fração de C que se encontra intimamente associada à fração mineral do solo. As outras frações (FAF e FAH) são de menor estabilidade e sofrem processos de movimentação no perfil, polimerização ou mineralização, reduzindo sua composição percentual no solo.

A FAF (Quadro 10) apresentou valores elevados até a camada de 30 cm de profundidade para o manejo orgânico e mata (áreas 1, 2 e 3). No cultivo convencional é observado um padrão uniforme de distribuição da FAF em profundidade, caracterizando a movimentação desta fração ao longo do perfil do solo. Este resultado é decorrente da alta solubilidade e mobilidade da FAF através do solo, distribuindo-se por todas as camadas e representando o principal fluxo de C no sistema (Stevenson, 1994; Souza & Melo, 2003).

Quadro 10. Frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (HUM), em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	FAF (g kg ⁻¹)			FAH (g kg ⁻¹)			HUM (g kg ⁻¹)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm									
Orgânico	5,33 aA	4,73 aAB	3,52 aB	5,82 aA	3,09 aB	4,63 aA	8,69 aA	8,46 aA	8,95 aA
Mata	2,67 bA	2,38 bA	2,28 bA	3,09 bA	1,88 bB	1,62 bB	6,61 bA	2,90 bB	4,25 bB
Convencional	1,21 cA	1,88 bA	2,01 bA	1,25 cA	1,68 bA	2,22 bA	4,62 cA	2,28 bB	4,31 bA
dms		1,23			1,19			1,82	
10-20 cm									
Orgânico	4,37 aA	2,24 aB	2,97 aB	4,89 aA	2,16 aB	3,24 aB	5,46 aA	3,40 aB	4,40 aAB
Mata	2,00 bA	1,59 aA	1,95 abA	2,05 bA	0,86 aA	0,94 bA	2,89 bA	1,88 bA	2,70 bA
Convencional	1,31 bA	1,55 aA	1,34 bA	1,65 bA	1,29 aA	1,54 bA	2,72 bA	1,89 bA	2,35 bA
dms		1,46			1,4			1,46	
20-30 cm									
Orgânico	1,96 abAB	1,41 aB	2,74 aA	1,54 aA	0,48 aB	1,27 bAB	2,68 aA	1,89 aA	2,58 aA

Quadro 10. Continuação...

Manejo	FAF (g kg ⁻¹)			FAH (g kg ⁻¹)			HUM (g kg ⁻¹)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
Mata	2,37 aA	1,42 aA	1,91 abA	1,65 aA	0,59 aB	0,88 bB	3,14 aA	2,07 aA	2,98 aA
Convencional	1,29 bA	1,37 aA	1,24 bA	0,99 aB	0,91 aB	2,63 aA	2,71 aA	2,04 aA	3,40 aA
dms		0,95			0,74			1,54	
					30-40 cm				
Orgânico	1,83 aAB	1,40 aB	2,87 aA	0,74 aA	0,07 bA	0,47 cA	1,91 bA	1,32 bA	1,90 bA
Mata	1,84 aA	1,28 aA	1,80 abA	1,02 aA	0,74 bA	1,43 bA	3,38 aA	2,72 aA	2,88 aA
Convencional	2,07 aA	1,92 aA	1,62 bA	1,03 aB	1,58 aB	2,68 aA	3,27 aA	2,58 aA	2,48 abA
dms		1,16			0,82			0,83	
					40-60 cm				
Orgânico	1,30 aA	0,66 aA	1,50 aA	0,82 aA	0,58 aA	0,92 aA	1,95 aA	2,91 aA	2,93 aA
Mata	1,41 aA	1,39 aA	0,85 aA	1,12 aA	0,33 aA	0,90 aA	2,48 aA	2,50 aA	2,46 aA
Convencional	1,04 aA	0,91 aA	1,49 aA	0,50 aB	0,72 aB	1,77 aA	2,34 aA	3,18 aA	2,75 aA
dms		0,89			0,9			1,67	
					60-80 cm				
Orgânico	1,33 aA	0,57 aA	0,90 aA	0,71 aA	0,37 aA	0,42 bA	2,21 aA	2,59 aA	2,10 aA
Mata	1,24 aA	1,43 aA	1,09 aA	0,58 aA	0,40 aA	0,60 bA	1,98 aA	3,16 aA	3,11 aA
Convencional	1,24 aA	1,19 aA	1,10 aA	0,56 aA	0,49 aA	1,34 aA	3,72 aA	2,54 aA	2,35 aA
dms		0,95			0,66			1,77	
					80-100 cm				
Orgânico	1,21 aA	0,58 abB	1,33 aA	0,57 aA	0,45 aA	1,20 aA	2,37 aA	3,45 aA	2,43 aA
Mata	0,82 aA	0,96 aA	1,14 abA	0,60 aA	0,22 aA	0,62 aA	2,19 aA	1,90 aA	2,07 aA
Convencional	1,05 aA	0,43 bB	0,72 bAB	0,46 aA	0,33 aA	0,89 aA	2,45 aA	2,61 aA	3,62 aA
dms		0,46			1,05			1,62	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade

Nos cultivos orgânicos, houve diferenciação na quantidade da FAF presente nas áreas 1, 2 e 3. O cultivo mais antigo (área 1) apresentou valores mais elevados desta fração até a camada de 0-20 cm de profundidade em relação as áreas 2 e 3 (P<0,05). Nas camadas em maior profundidade (20-40 cm) o manejo orgânico da área 3 apresentou valores mais elevados de FAF do que as áreas 1 e 2.

A fração ácido húmico é caracterizada por uma distribuição diferenciada nas áreas e manejos estudados (Quadro 10). O cultivo orgânico apresentou valores elevados e predominantes desta fração na profundidade de 0-20 cm (áreas 1, 2 e 3), ocorrendo nas profundidades maiores (>20 cm). O cultivo mais antigo (área 1) apresentou valores mais elevados desta fração até a camada de 0-30 cm de profundidade em relação as áreas 2 e 3 (P<0,05). Na condição de mata (área 1) é constatado a mesma tendência de distribuição da FAH verificado nos manejos orgânicos. Nas outras áreas de mata (2 e 3) e manejo convencional (área 1, 2 e 3) é observado uma distribuição uniforme desta fração ao longo das camadas de solo até 100 cm de profundidade.

Na análise da relação FAH/FAF é verificado que a relação reduz com o aumento da profundidade do solo, o que caracteriza a movimentação de carbono FAF

para camadas inferiores (Quadro 11). Esta movimentação é mais ressaltada geralmente na condição de cultivo convencional, seguido do manejo orgânico e, por último, da mata. Dabin (1981), Ortega (1982), Canellas et al. (2000) e Canellas et al. (2003) afirmam que em solos tropicais a relação FAH/FAF é menor que 1 devido a intensa mineralização dos resíduos, as restrições edáficas à atividade biológica e ao baixo conteúdo de bases trocáveis que diminui a intensidade dos processos de humificação (condensação e síntese). A redução da relação FAH/FAF em profundidade é atribuída a maior mobilidade da FAF e a concentração da FAH na superfície (Nascimento et al., 1991; Borges & Kiehl, 1996).

A variável HUM/FAF+FAH é caracterizada por mostrar o sentido das transformações das frações das substâncias húmicas (Pizauro Jr & Melo, 1995). Valores elevados desta relação significam que está ocorrendo a polimerização da matéria orgânica no sentido da humina ou que o sistema de manejo pode estar proporcionando consumo, pelos microorganismos do solo, dos compostos orgânicos mais lábeis.

Na área 1, o cultivo convencional mostrou diferenças na relação HUM/FAF+FAH na camada de 0-10 cm de profundidade, superando os valores constantes na mata e manejo orgânico ($P < 0,05$). Em camadas superiores (> 20 cm), não houve diferença entre os manejos, havendo uma maior polimerização da matéria orgânica para a fração humina. Na área 2, no cultivo orgânico e mata, essa relação apresentou valores superiores aos verificados no cultivo convencional nas camadas até 40 cm de profundidade, prevalecendo a estabilidade da fração humina para os primeiros manejos (orgânico e mata). Nas camadas de 40-100 cm, os 3 manejos apresentam a mesma tendência inicial (estabilidade da humina).

Na área 3, o ambiente de mata apresentou superioridade nos valores da relação HUM/FAF+FAH em comparação com os manejos orgânico e convencional até a profundidade de 40 cm. Em profundidades maiores (> 40 cm), os manejos apresentaram valores semelhantes e reações prevalecendo polimerização da humina.

Xavier et al (2004) estudaram os compartimentos da matéria orgânica em sistemas de cultivo convencional e orgânico na região da Chapada da Ibiapaba-CE e constatou que em áreas manejadas organicamente a relação HUM/FAF+FAH na camada de 0-5 cm foi maior, indicando que o processo de polimerização da matéria orgânica foi mais intenso.

Quadro 11. Valores médios das relações da fração ácido húmico/ácido fúlvico (FAH/FAF) e da fração huminas/fração ácido fúlvico + fração ácido húmico (HUM/FAF+FAH), em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	FAH/FAF			HUM/FAF+FAH		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm						
Orgânico	1,08 a	0,73 a	1,38 a	0,80 b	1,08 a	1,11 a
Mata	1,22 a	0,81 a	0,70 b	1,17 b	0,68 a	1,12 a
Convencional	1,05 a	0,88 a	1,10 ab	1,89 a	0,67 a	1,05 a
dms		0,51			0,46	
10-20 cm						
Orgânico	1,11 a	0,90 a	1,18 a	0,59 b	0,76 a	0,82 a
Mata	1,06 a	0,53 a	0,45 a	0,73 ab	0,74 a	1,01 a
Convencional	1,90 a	0,82 a	1,36 a	1,10 a	0,69 a	0,86 a
dms		1,00			0,47	
20-30 cm						
Orgânico	0,77 a	0,38 a	0,46 b	0,78 a	1,01 a	0,73 a
Mata	0,69 a	0,41 a	0,45 b	0,82 a	1,05 a	1,09 a
Convencional	0,80 a	0,64 a	2,42 a	1,23 a	0,95 a	0,88 a
dms		0,67			0,56	
30-40 cm						
Orgânico	0,42 a	0,08 b	0,16 c	0,77 a	1,21 a	0,59 a
Mata	0,57 a	0,58 ab	0,89 b	1,21 a	1,38 a	0,91 a
Convencional	0,44 a	0,81 a	1,87 a	1,31 a	0,74 a	0,58 a
dms		0,57			0,64	
40-60 cm						
Orgânico	0,66 a	1,10 a	0,60 a	0,94 a	2,54 a	1,22 a
Mata	0,79 a	0,26 a	0,95 a	1,00 a	1,59 a	2,23 a
Convencional	0,47 a	0,95 a	1,24 a	1,54 a	2,73 a	0,86 a
dms		0,90			1,69	
60-80 cm						
Orgânico	0,59 a	0,69 a	0,52 b	1,34 a	2,86 a	3,64 a
Mata	0,46 a	0,32 a	0,55 b	1,07 a	1,80 a	1,94 a
Convencional	0,44 a	0,41 a	1,32 a	2,08 a	1,55 a	1,04 a
dms		0,64			2,78	
80-100 cm						
Orgânico	0,47 a	0,79 a	0,71 a	1,34 a	3,44 ab	1,28 a
Mata	0,73 a	0,24 a	0,57 a	1,52 a	1,76 b	1,13 a
Convencional	0,45 a	0,92 a	1,28 a	1,63 a	4,07 a	2,50 a
dms		0,89			1,85	

A avaliação da participação do C das frações das substâncias húmicas em relação ao COT do solo é mostrado no Quadro 12. Constata-se que a fração húmica teve uma participação relevante nas substâncias húmicas, variando entre valores de 40 à 60 % do carbono orgânico total do solo, corroborando com os resultados obtidos por Rosales et al. (1999), Canellas et al. (2000), Borges & Kiehl (1996), entre outros. As

resultados mostram que o aporte contínuo de resíduos no sistema está elevando os estoques de substâncias húmicas e conseqüentemente de C.

Quadro 13. Valores médios de estoques de carbono nas frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (HUM) por unidade de área (ha) em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	FAF (Mg ha ⁻¹)			FAH (Mg ha ⁻¹)			HUM (Mg ha ⁻¹)		
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3	Área 1	Área 2	Área 3
0-10 cm									
Orgânico	7,68	6,81	4,68	8,38	4,45	6,16	12,51	12,18	11,90
Mata	2,99	3,40	2,94	3,46	2,69	2,09	7,40	4,15	5,48
Convencional	1,83	2,58	3,20	1,89	2,30	3,53	6,98	3,12	6,85
10-20 cm									
Orgânico	6,51	3,61	4,51	7,29	3,48	4,92	8,14	5,47	6,69
Mata	2,80	2,27	2,75	2,87	1,23	1,33	4,05	2,69	3,81
Convencional	2,37	2,34	2,30	2,99	1,95	2,65	4,92	2,85	4,04
20-30 cm									
Orgânico	3,21	2,41	4,52	2,53	0,82	2,10	4,40	3,23	4,26
Mata	3,32	2,04	2,90	2,31	0,85	1,34	4,40	2,98	4,53
Convencional	2,30	2,10	2,12	1,76	1,39	4,50	4,82	3,12	5,81
30-40 cm									
Orgânico	2,96	2,31	4,65	1,20	0,12	0,76	3,09	2,18	3,08
Mata	2,61	1,84	2,65	1,45	1,07	2,10	4,80	3,92	4,23
Convencional	3,39	2,90	2,67	1,69	2,39	4,42	5,36	3,90	4,09

Matéria orgânica leve

A matéria orgânica leve (MOL) apresentou os maiores valores nas áreas de cultivo orgânico das áreas 1, 2 e 3, para a camada de 0-10 cm de profundidade (Quadro 14). Nesta camada ocorre os maiores valores de atividade microbiana em relação ao sistema convencional e mata (Quadro 8). O aporte contínuo de matéria orgânica nas áreas sob manejo orgânico através da aplicação de compostos orgânicos em canteiros ou linhas de cultivo, e o uso de adubação verde no período de pousio e manutenção de restos culturais sobre o solo, favorece o aumento da MOL, e conseqüentemente dos teores de COT, C-biomassa microbiana e atividade microbiana.

Valores elevados de MOL no sistema de cultivo indicam que está havendo grande aporte orgânico ou que há limitação de atividade biológica do solo. As correlações positivas entre as variáveis C-biomassa e C-MOL indicam que os sistemas orgânicos estão acarretando melhoria das qualidades biológicas do solo. A predominância de MOL na superfície do solo já foi constatada por Mendonça et al. (2001) em sistema agroflorestal, sendo encontrado valores inferiores nos sistemas

convencionais comparados. Esse compartimento é um dos mais importantes da MOL, em virtude da sua sensibilidade aos efeitos dos sistemas de manejo do solo, além de ser um importante reservatório de nutrientes (Duxbury et al., 1989; Cristensen, 2000; Mendonça & Oliveira, 2000).

Quadro 14. Matéria orgânica leve (MOL) em camadas de solos de 0-10 e 10-20 cm em diferentes sistemas de manejo nas áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Manejo	MOL	
		-----g kg ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----
0-10 cm			
1	Orgânico	19,49	28,06
	Convencional	7,17	10,82
	Mata	12,22	13,69
2	Orgânico	19,11	25,42
	Convencional	9,95	13,64
	Mata	10,63	15,20
3	Orgânico	25,58	36,84
	Convencional	9,37	14,80
	Mata	9,82	12,67
10-20 cm			
1	Orgânico	7,49	11,16
	Convencional	3,83	6,93
	Mata	5,61	7,85
2	Orgânico	8,54	12,98
	Convencional	7,38	11,14
	Mata	4,76	6,80
3	Orgânico	7,42	11,95
	Convencional	5,86	10,08
	Mata	6,25	8,81

Para a camada de 10-20 cm de profundidade, ocorre a redução da quantidade de MOL presente nos sistemas de cultivo nas 3 áreas de estudo. O sistema orgânico apresenta valores superiores da MOL em relação ao cultivo convencional e mata. A importância deste compartimento de C está relacionado a ciclagem rápida de nutrientes, pois é dele que os microorganismos do solo tem a maior atuação gerando resíduos orgânicos parcialmente humificados e em diferentes estágios de decomposição, assim como na formação dos macroagregados (Gregorich & Ellert, 1993; Haynes, 1999).

No ambiente de mata, utilizado como testemunha, é verificado que os teores de MOL são acima dos encontrados no sistema convencional para todas as áreas na camada de 0-10 cm de profundidade. Na camada inferior a 10-20 cm de profundidade constata-se que na área 2 houve pouca expressividade da testemunha em relação ao

cultivo convencional, o que pode ser explicado pelo manejo deste cultivo ser realizado em área com pouco tempo de agricultura convencional, ainda persistindo os efeitos da matéria orgânica proveniente da mata.

Frações de carbono orgânico oxidadas com gradiente de oxidação crescente

Nos Quadros 15, 16 e 17, é constatada que a fração mais facilmente oxidável (F1 + F2) foi a que apresentou maiores diferenças entre os sistemas de cultivo e testemunhas para as camadas de solo de 0-30 cm de profundidade. O cultivo orgânico das áreas 1, 2 e 3, apresentou os maiores valores de C facilmente oxidável ($P < 0,05$), caracterizando a presença de compostos orgânicos de rápida mineralização. Esta situação é benéfica para o sistema, onde a adubação das culturas é decorrente do aporte orgânico.

Valores elevados da fração facilmente oxidável representam presença de compostos facilmente mineralizáveis, desempenhando papel relevante na fertilidade do solo, pois age como fonte de nutrientes devido a sua rápida ciclagem e composição química (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001). A presença de valores elevados da fração facilmente oxidável nas áreas manejadas organicamente vem de acordo com os resultados observados de alta atividade microbiana e grandes quantidades de MOL. Chan et al. (2001) constatou resultados semelhantes da predominância das frações de C facilmente oxidável em solos sob diferentes sistemas de manejo. Estes autores observaram que as frações F1 e F2 representavam de 78 a 92% do C, sendo sugerido o monitoramento destas frações como indicadores de sustentabilidade em sistemas agrícolas.

Analisando os índices que caracterizam os sistemas de manejo nas áreas 1, 2 e 3, constata-se a superioridade dos cultivos orgânicos. Os valores de ICC, L, IL e IMC nas áreas manejadas organicamente mostraram-se acima dos encontrados no cultivo convencional, demonstrando a sustentabilidade do mesmo. Estas variáveis caracterizam o compartimento de C lábil e não lábil e o manejo do solo.

O índice de manejo de carbono (IMC) foi proposto por Blair et al. (1995) para caracterizar os impactos das práticas de manejo sobre os teores de matéria orgânica do solo. Valores de $IMC > 100$ indicam que o sistema esta apresentando melhoria da sustentabilidade, enquanto que valores inferiores a 100 é indicativo de impacto negativo

das práticas culturais sobre os teores de MOS e, por extensão, sobre a preservação do ecossistema solo, ou seja, caracteriza a degradação do solo (Blair et al., 1995).

Os altos valores de IMC observados nos sistemas orgânicos estão relacionados com o aumento do C lábil, indicando alta ciclagem de C e nutrientes. A presença de quantidades elevadas de MOL e valores elevados de IMC contribuem na elevação da atividade microbiana devido ao maior compartimento de carbono.

De forma geral, constata-se alta correlação da fração F1 com a atividade microbiana ($r=-0,58^{**}$) e o C-biomassa microbiana ($r=-0,62^{**}$), para a profundidade de 0-10 cm, caracterizando a tendência de acúmulo do C no sistema. Na fração F2 houve apenas correlação com o carbono da biomassa para a mesma profundidade. A fração F3 (fração não lábil) se correlacionou positivamente com o COT ($r=0,65^{**}$) para na camada de 10-20 cm, o que comprova, pelos resultados elevados de C em sistemas orgânicos, que está havendo aporte elevado de C não lábil, conseqüentemente, acúmulo dos mesmo para esta camada. Para a profundidade de 20-30 cm, somente a fração F2 se correlacionou com o COT ($r=0,70^{**}$).

Quadro 15. Frações de carbono orgânico extraídas em um gradiente de oxidação decrescente com diferentes doses de ácido sulfúrico (H_2SO_4), carbono orgânico total (COT), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de proporção entre carbono lábil e não lábil (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) em camadas de solo da área 1, em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	F1	F2	F3	F4	COT	Índices			
						ICC	L	IL	IMC
-----g kg ⁻¹ -----									
0-10 cm									
Orgânico	8,60 a	2,70 a	6,30 a	4,17 a	20,46 a	1,53	1,08	1,34	204,83
Convencional	2,80 b	0,76 a	3,00 b	4,32 a	7,34 c	0,55	0,49	0,60	33,11
Mata	4,90 b	2,15 a	3,09 b	5,66 a	13,38 b		0,81		
dms	3,11	2,47	3,11	3,79	4,2				
10-20 cm									
Orgânico	7,90 a	2,00 a	4,10 a	3,25 a	13,84 a	1,79	1,36	2,32	414,80
Convencional	2,60 b	0,60 a	3,35 a	3,16 a	5,97 b	0,77	0,49	0,84	64,95
Mata	2,70 b	1,10 a	4,05 a	2,46 a	7,74 b		0,58		
dms	3,18	1,79	1,58	2,60	3,81				
20-30 cm									
Orgânico	3,80 a	0,47 a	1,80 a	1,16 a	5,71 a	0,77	1,44	2,68	204,85
Convencional	2,30 c	0,36 a	1,91 a	2,26 a	5,43 a	0,73	0,64	1,18	86,14
Mata	3,10 b	0,63 a	3,65 a	3,27 a	7,46 a		0,54		
dms	0,53	1,30	2,05	3,09	3,10				
30-40 cm									
Orgânico	2,60 a	0,37 a	1,90 a	1,83 a	4,46 a	0,70	0,80	0,83	57,77
Convencional	2,30 a	0,25 a	1,97 a	3,78 a	6,85 a	1,07	0,44	0,46	49,42
Mata	2,80 a	0,47 a	1,30 a	2,11 a	6,41 a		0,96		
dms	1,33	0,36	2,15	3,55	2,96				

Médias seguidas de pelo menos uma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

Quadro 16. Frações de carbono orgânico extraídas em um gradiente de oxidação decrescente com diferentes doses de ácido sulfúrico (H₂SO₄), carbono orgânico total (COT), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de proporção entre carbono lábil e não lábil (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) em camadas de solo da área 2, em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	F1	F2	F3	F4	COT	Índices			
						ICC	L	IL	IMC
-----g kg ⁻¹ -----									
0-10 cm									
Orgânico	7,70 a	3,50 a	3,40 a	2,75 a	16,30 a	2,17	2,08	3,01	653,16
Convencional	2,70 b	1,65 ab	2,66 a	2,77 a	6,16 b	0,82	0,78	1,13	92,69
Mata	3,10 b	0,75 b	2,10 a	3,41 a	7,52 b		0,69		
dms	3,11	2,47	3,11	3,79	4,20				
10-20 cm									
Orgânico	4,10 a	0,72 a	1,45 a	2,35 a	8,12 a	1,89	1,27	1,48	280,32
Convencional	2,30 a	0,72 a	1,95 a	1,76 a	4,72 ab	1,10	0,81	0,95	104,57
Mata	2,90 a	0,62 a	2,20 a	1,91 a	4,29 b		0,86		
dms	3,18	1,79	1,58	2,60	3,81				
20-30 cm									
Orgânico	2,20 a	0,14 b	1,60 a	0,11 a	3,75 a	0,97	1,37	1,62	156,55
Convencional	2,30 a	1,85 a	2,15 a	1,06 a	4,58 a	1,18	1,29	1,53	180,63
Mata	2,60 a	0,39 b	1,60 a	1,93 a	3,87 a		0,85		
dms	0,53	1,30	2,05	3,09	3,10				
30-40 cm									
Orgânico	2,00 a	0,05 b	1,26 a	1,56 a	2,59 b	0,50	0,73	0,80	40,55
Convencional	2,30 a	0,51 a	2,95 a	1,53 a	6,46 a	1,26	0,63	0,69	87,27
Mata	2,50 a	0,21ab	1,95 a	1,05 a	5,14 ab		0,90		
dms	1,32	0,36	2,15	3,55	2,96				

Médias seguidas de pelo menos uma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

Quadro 17. Frações de carbono orgânico extraídas em um gradiente de oxidação decrescente com diferentes doses de ácido sulfúrico (H₂SO₄), carbono orgânico total (COT), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de proporção entre carbono lábil e não lábil (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) em camadas de solo da área 3, em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	F1	F2	F3	F4	COT	Índices			
						ICC	L	IL	IMC
-----g kg ⁻¹ -----									
0-10 cm									
Orgânico	5,90 a	4,30 a	2,90 a	4,97 a	20,00 a	2,14	1,29	1,98	424,36
Convencional	3,70 a	1,90 ab	1,93 a	4,36 a	8,82 b	0,94	0,89	1,36	128,84
Mata	4,00 a	0,34 b	1,48 a	5,15 a	9,34 b		0,65		
dms	3,11	2,48	3,11	3,79	4,20				
10-20 cm									
Orgânico	5,40 a	3,47 a	2,55 a	2,25 a	9,67 a	1,72	1,85	2,57	440,67
Convencional	2,10 b	1,55 b	2,11 a	3,86 a	5,98 ab	1,06	0,61	0,85	90,16
Mata	3,00 ab	0,27 b	1,90 a	2,64 a	5,63 b		0,72		
dms	3,18	1,79	1,58	2,60	3,81				
20-30 cm									
Orgânico	4,40 a	0,59 a	1,18 a	2,55 b	6,37 a	1,00	1,34	1,60	160,94
Convencional	2,60 b	0,86 a	1,67 a	6,23 a	8,63 a	1,36	0,44	0,52	71,38
Mata	2,60 b	0,44 a	1,47 a	2,17 b	6,34 a		0,84		
dms	0,53	1,30	2,05	3,09	3,10				

Quadro 17. Continuação...

Manejo	F1	F2	F3	F4	COT	Índices			
						ICC	L	IL	IMC
-----g kg ⁻¹ -----									
					30-40 cm				
Orgânico	3,70 a	0,06 a	1,30 a	2,33 a	4,95 a	0,77	1,04	1,49	114,97
Convencional	3,00 ab	0,41 a	1,23 a	1,77 a	6,51 a	1,01	1,14	1,64	165,92
Mata	2,80 a	0,12 a	1,90 a	2,31 a	6,43 a		0,69		
dms	1,32	0,36	2,15	3,55	2,96				

Médias seguidas de pelo menos uma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

Carbono orgânico total, nitrogênio total e relação C/N em diferentes classes de agregados

O conteúdo de CO nas sete classes de agregados apresenta distribuição diferenciada quanto ao diâmetro dos agregados, sistemas de manejo e profundidade (Quadro 18). Na avaliação dos sistemas de cultivo das três áreas é constatada quantidades elevadas e superiores de COT no cultivo orgânico em relação a situação de referência (mata) e ao cultivo convencional. Estas informações confirmam os resultados de COT obtidos no solo das diferentes áreas e que mostraram quantidades superiores no manejo orgânico em relação ao sistema convencional e mata (Quadro 7) e ratifica os resultados constantes na avaliação da MOL (Quadro 14).

Quando se avalia a distribuição do COT nas classes de agregados dos diferentes sistemas de manejo é verificado valores superiores nas classes com diâmetro maior que 1 mm e menor que 0,105 mm. Nas classes maiores, o maior conteúdo de C é explicado devido os macroagregados funcionarem como grandes reservatórios de C além de atuarem protegendo o mesmo (Castro Filho, 1998). Em solos de textura arenosa, a incipiente formação de macroagregados é importante para manutenção da MOS.

Em solos manejados organicamente e nas áreas de referência são observados predominância de macroagregados, superando aos encontrados em áreas convencionais (Quadro 6). Esses resultados corroboram com os obtidos por Corrêa (2002) e Castro Filho (1998). Carpenedo & Mielniczuk (1990) observaram que o cultivo reduziu os agregados maiores que 2 mm de 58 para 38% em Latossolo Roxo distrófico e de 35 para 17% em Latossolo Roxo álico.

O cultivo intensivo, por favorecer uma maior taxa de oxidação de C, resulta na diminuição do teor de MOS (Oades, 1984). Essas alterações provocam redução na estabilidade dos macroagregados e aumento na dispersão das argilas, acarretando o acúmulo de agregados nas classes inferiores a 1 mm de diâmetro, nos tratamentos sob

cultivo, visto que esses agregados são estáveis ao rápido umedecimento (Tisdall & Oades, 1982).

Os teores de COT nos agregados do solo decrescem com a profundidade. Como os sistemas de cultivo e áreas de referência tem maior aporte de matéria orgânica via camada superficial do solo ocorre maior concentração de COT na superfície do solo (Tisdall & Oades, 1982; Elliott, 1986; Castro Filho & Longan, 1991; Feller & Beare, 1997).

Quadro 18. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N dos agregados em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas 1, 2 e 3, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Diâmetro do Agregado (mm)	COT (dag kg ⁻¹ de solo)			NT (%)			Relação C/N		
		Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
0-10 cm										
1	4-2	3,155	1,118	4,969	0,153	0,055	0,112	20,640	20,373	44,479
	2-1	3,056	0,820	3,081	0,131	0,073	0,197	23,272	11,306	15,641
	1-0,5	2,186	0,547	2,336	0,087	0,050	0,061	25,068	10,937	38,438
	0,5-0,250	1,963	0,671	2,211	0,088	0,038	0,059	22,254	17,552	37,607
	0,250-0,105	2,832	0,547	2,882	0,132	0,041	0,119	21,409	13,280	24,305
	<0,105	6,087	1,839	2,932	0,363	0,114	0,271	16,788	16,173	10,800
2	4-2	2,882	-	-	0,105	-	-	27,485	-	-
	2-1	2,013	-	-	0,155	-	-	12,997	-	-
	1-0,5	2,186	-	-	0,090	-	-	24,251	-	-
	0,5-0,250	1,267	-	-	0,074	-	-	17,240	-	-
	0,250-0,105	2,013	-	-	0,104	-	-	19,373	-	-
	<0,105	4,721	-	-	0,254	-	-	18,599	-	-
3	4-2	2,062	1,044	1,242	0,101	0,060	0,086	20,430	17,456	14,405
	2-1	2,186	0,919	1,416	0,104	0,108	0,069	21,048	8,528	20,645
	1-0,5	1,565	0,845	1,764	0,072	0,053	0,067	21,880	15,963	26,471
	0,5-0,250	1,292	0,696	1,267	0,079	0,028	0,031	16,276	24,479	40,406
	0,250-0,105	2,234	0,721	0,696	0,095	0,039	0,034	23,538	18,381	20,282
	<0,105	4,721	1,590	1,988	0,291	0,086	0,101	16,219	18,438	19,692
10-20 cm										
1	4-2	2,957	0,547	1,789	0,121	0,026	0,086	24,528	20,658	20,743
	2-1	2,659	0,721	1,814	0,112	0,029	0,076	23,796	24,508	23,728
	1-0,5	1,863	0,273	1,466	0,055	0,021	0,040	33,955	13,280	36,483
	0,5-0,250	1,317	0,348	1,367	0,058	0,022	0,048	32,128	16,134	28,457
	0,250-0,105	1,863	0,273	2,584	0,112	0,023	0,056	16,680	12,125	46,258
	<0,105	6,274	1,143	2,758	0,307	0,073	0,172	20,452	15,760	15,990
2	4-2	1,068	-	-	0,068	-	-	15,800	-	-
	2-1	1,143	-	-	0,051	-	-	22,428	-	-
	1-0,5	1,143	-	-	0,056	-	-	20,460	-	-
	0,5-0,250	1,143	-	-	0,057	-	-	20,107	-	-
	0,250-0,105	1,466	-	-	0,073	-	-	20,214	-	-
	<0,105	2,882	-	-	0,175	-	-	16,430	-	-
3	4-2	0,845	2,336	1,217	0,045	0,037	0,049	18,739	62,715	24,846
	2-1	0,472	1,242	0,919	0,047	0,041	0,030	10,036	30,182	30,260
	1-0,5	0,522	0,646	1,217	0,039	0,028	0,030	13,310	22,730	40,074
	0,5-0,250	0,621	0,522	0,323	0,028	0,029	0,010	21,856	17,747	32,300
	0,250-0,105	0,969	0,348	0,646	0,056	0,005	0,023	17,347	70,988	28,660
	<0,105	2,534	1,342	1,640	0,153	0,082	0,072	16,577	16,298	22,922
20-30 cm										
1	4-2	1,764	0,596	2,460	0,050	0,021	0,071	35,295	28,975	34,860
	2-1	1,540	0,422	1,391	0,048	0,020	0,063	32,079	21,550	22,184
	1-0,5	1,093	0,596	0,994	0,034	0,014	0,040	33,321	43,462	24,735

Quadro 18. Continuação...

Área	Diâmetro do Agregado (mm)	COT (dag kg ⁻¹ de solo)			NT (%)			Relação C/N		
		Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata	Org.	Conv.	Mata
1	0,5-0,250	1,143	0,562	0,770	0,034	0,014	0,043	33,321	40,672	17,862
	0,250-0,105	1,391	0,522	1,391	0,050	0,017	0,050	27,839	31,318	27,839
	<0,105	2,907	1,019	2,534	0,149	0,051	0,118	19,515	19,990	21,550
2	4-2	0,994	-	-	0,039	-	-	25,353	-	-
	2-1	0,721	-	-	0,028	-	-	25,353	-	-
	1-0,5	0,870	-	-	0,027	-	-	31,691	-	-
	0,5-0,250	0,646	-	-	0,023	-	-	27,696	-	-
	0,250-0,105	0,646	-	-	0,032	-	-	19,975	-	-
	<0,105	1,665	-	-	0,083	-	-	19,984	-	-
3	4-2	1,168	0,621	0,845	0,040	0,010	0,041	29,063	63,382	20,524
	2-1	0,696	0,522	0,721	0,019	0,020	0,037	37,362	26,621	19,348
	1-0,5	0,522	0,174	0,721	0,015	0,016	0,023	35,494	11,092	31,967
	0,5-0,250	0,224	0,298	0,472	0,014	0,014	0,015	16,298	21,731	32,114
	0,250-0,105	0,298	0,472	0,373	0,020	0,019	0,019	15,212	25,353	20,015
	<0,105	0,944	0,894	1,690	0,061	0,043	0,056	15,539	20,743	30,246
30-40 cm										
1	4-2	1,714	0,447	2,336	0,033	0,017	0,073	51,452	26,844	32,205
	2-1	1,193	0,522	1,640	0,028	0,020	0,058	42,850	26,488	28,361
	1-0,5	0,745	0,273	1,466	0,022	0,013	0,044	34,572	21,289	33,241
	0,5-0,250	0,497	0,348	0,770	0,015	0,013	0,038	33,804	27,095	20,152
	0,250-0,105	0,696	0,497	1,217	0,024	0,015	0,051	29,578	33,804	23,890
	<0,105	1,690	0,845	2,162	0,074	0,044	0,123	22,987	19,156	17,506
2	4-2	0,828	-	-	0,033	-	-	24,856	-	-
	2-1	0,919	-	-	0,032	-	-	28,728	-	-
	1-0,5	0,671	-	-	0,025	-	-	27,381	-	-
	0,5-0,250	0,447	-	-	0,019	-	-	24,019	-	-
	0,250-0,105	0,472	-	-	0,022	-	-	21,896	-	-
3	<0,105	1,466	-	-	0,057	-	-	25,790	-	-
	4-2	0,298	1,044	0,224	0,015	0,015	0,028	20,282	70,988	7,868
	2-1	0,373	0,497	0,273	0,015	0,019	0,025	25,353	26,687	11,155
	1-0,5	0,273	0,298	0,398	0,014	0,005	0,019	19,920	60,847	21,350
	0,5-0,250	0,149	0,348	0,273	0,010	0,012	0,016	15,212	29,578	17,430
	0,250-0,105	0,348	0,447	0,398	0,013	0,015	0,019	27,303	30,424	21,350
<0,105	0,596	0,845	0,340	0,042	0,040	0,044	14,150	21,024	36,058	

O conteúdo de N nos agregados apresentou diferença entre os sistemas de cultivo (Quadro 18). O manejo orgânico e as áreas de mata apresentaram teores de N superiores aos encontrados no cultivo convencional. A distribuição do N nas 7 classes de agregados acompanhou os teores de COT. Relações C/N acima de 20 indica que há predominância de MOS não humificada (Stevenson, 1994). Na profundidade de 0-10 cm os solos sob mata e cultivo orgânico tendem a apresentar maior relação C/N, decorrente do maior aporte orgânico e MOL. Com aumento da profundidade, as áreas em estudo tendem a apresentar a relação C/N semelhantes, caracterizando o efeito diferenciado entre as áreas apenas nas camadas superficiais, ou seja, nas camadas onde ocorrem os aportes e permanência de CO.

CONCLUSÕES

O manejo orgânico realizado nas áreas 1, 2 e 3, apresentou maiores teores de matéria orgânica em relação aos sistemas de cultivo convencionais e mata. O aporte contínuo de matéria orgânica em sistemas orgânicos tem melhorado as características físicas do solo, contribuindo principalmente para a agregação do solo, aumento da porosidade total e redução da densidade do solo. Os estoques elevados de carbono orgânico nas áreas orgânicas influenciaram na elevação da atividade microbiana do solo e carbono da biomassa microbiana (principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade), resultado da presença de quantidades substanciais de matéria orgânica leve no sistema. As substâncias húmicas, principalmente a húmica, apresentaram elevação em seus valores nos ambientes orgânicos em relação aos convencionais, o que caracteriza um fator de estabilidade do solo. Na avaliação do índice de manejo do carbono (IMC) as áreas manejadas organicamente superaram os cultivos convencionais, caracterizando estabilidade e sustentabilidade do sistema.

Os sistemas orgânicos mostraram melhoria na qualidade do solo em relação aos convencionais, principalmente por proporcionar a ciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade física do solo, contribuindo para a estabilidade do sistema ao longo dos anos. Entretanto, cuidados devem ser tomados no sentido de monitorar a entrada e manejo da matéria orgânica no sistema, visando evitar problemas futuros de contaminação do lençol freático, elevação dos níveis de nitrato no solo e problemas nas características físicas do solo (excesso de umidade).

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa no Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD); ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização deste trabalho; ao IBAMA, órgão do qual sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado; à ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica; ao laboratorista Braz, pelo apoio na execução das análises; aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar, e, enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D.L. Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 192 p.
- ALVAREZ, R.; DIAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J. & BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Till. Res.*, 33:17-28, 1995.
- ALVES, S.M.C.; ABOUD, A.C.S.; RIBEIRO, R.L.D. & ALMEIDA, D.L. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. *Pesq. agropec. bras.*, 39 (11): p.1111-1117, 2004.
- ANDERSON, J.P.E. Soil Respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. eds. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1982. P.831-845.
- BLAIR, G.J; LEFROY, R.D.B. & LISEL, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agr. Res.*, 46(7): 1459-1466, 1995.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:641-649, 1998.
- BORGES, A. L. & KIEHL, J. C. Alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. *R. Bras. Ci. Solo.*, 20: 313-318, 1996.
- CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B. & SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no Estado do Rio de Janeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Jan., 35: 133-143. 2000
- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 27: 935-944, 2003.

- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, 14: 99-105, 1990.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:527-538, 1998.
- 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.
- CHAN, K.Y., BOWMAN, A., OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science.*, 166: 61-67, 2001.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; S. M. V. FONTOURA; WOBETOIV, C. & ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:317-326, 2004.
- CLARK, M.S.; HORWATH, W.R; SHENNAN, C. & SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron. J.*, 90:662-671, 1998.
- CORREA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 2:203-209, 2002.
- CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil – structure, function and turnover. DIAS Report nº30. Plant Production, Tjele, 2000. p.1-95.
- DABIN, B. Lès matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM.*, 17:197-215, 1981.
- DAROLT, M.R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A. & RÜPPEL, O. Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum. Publicado em 07/11/2003. Site: <http://www.planetaorganico.com.br/Daroltbatata.htm>.
- DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (eds.)

- Dinamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: Niftal, Project, p.33-67, 1989.
- ELLIOTT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:627-633, 1986.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FELLER, C. & BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79:69-117, 1997.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O. & VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:991-996, 1999.
- FUNCEME. Dados pluviométricos. 2003. (Boletim digital)
- GOSLING, P. & SHEPHERD, M. Theory and reality of organic soil fertility-organic matter. In: POWWEL, M. et al. (Eds.) *UK organics research 2002: Proceeding of the COR Conference*, Aberystwth, p.137-138, 2002.
- GRANDY, A.S.; PORTER, G.A. & ERICH, M.S. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Sci. Soci. Am. J.*, 66:1311-1319, 2002.
- GREGORICH, E.G. & ELLERT, B.H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M.R. (editor) *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science, Boca Raton, p. 397-407, 1993.
- HAYNES, R.J. Labile organic matter fractions and aggregate stability under short-term, grass-based leys. *Soil Biology and Biochemistry*, 31:1921-1830, 1999.
- HODGES, R.D. Soil organic matter: its central position in organic farming. In: *Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. 1991, p.335-365.
- IBGE. 2005. Endereço Eletrônico: [www. Ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).
- IPLANCE. Perfil básico municipal – Guaraciaba do Norte. Fortaleza, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 1998. 44p.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biol. Fertil. Soils.*, 27: 408-416, 1998.
- KENNEDY, A.C. & PAPENDICK, R.I. Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50: 298-305. 1995.

- LANDERS, J. Histórico, característica e benefícios do plantio direto. ABEAS, Brasília, 113p. 2005.
- LEITE, L.F.C; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. R. Bras. Ci. Solo. 27(5): 821-832, 2003.
- LIEBIG, M.A. & DORAN, J.W. Impact of organic production practices on soil quality indicators. J. Environ. Qual., 28:1601-1609, 1999.
- LONGO, R. M. & ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. R. Bras. Ci. Solo. 24: 723-729, 2000.
- MADER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science, 296:1694-1697, 2002.
- MARINARI, S.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. & GREGO, S. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology, 72: 9-17, 2000.
- MENDES, I.C.; CARNEIRO, R.G.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L. & VARGAS, M.A.T. Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. Planaltina, EMBRAPA Cerrados, 1999. 5p. (Pesquisa em Andamento, 5)
- MENDONCA, E. S. & OLIVEIRA, F. H. T. . Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. Anais de encontro. In: José Luiz Buss. (Org.). 1o. Simpósio sobre fertilidade e nutrição de plantas no sistema plantio direto.. 1 ed. Ponta Grossa, 2000, v. 1, p. 70-81.
- MENDONCA, E. S. ; LEITE, L. F. C. & FERREIRA NETO, P. S. . Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados.. Revista *Árvore*, Viçosa- MG, 25: 375-383, 2001.
- MELLONI, R.; PEREIRA, E.G.; TRANNIN, I.C.B.; SANTOS, D.R.; MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. Ciênc. agrotec., Lavras, 1:7-13, 2001.
- NASCIMENTO, V.M.; MELO, W.J. & NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da rotação de culturas sobre frações da matéria orgânica de um Latossolo sob vegetação de cerrado. Científica, 16:13-19, 1988.

- NASCIMENTO, E.J.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L.M. & REGAZZI, A.J. Dinâmica da matéria orgânica em um latossolo vermelho-escuro distrófico, fase cerrado, submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Ceres*, 38: 513-521, 1991.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:327-336, 2004.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil, The Hague*, 76: 319-337, 1984.
- ORTEGA, F. La matéria orgánica de los suelos tropicales. La Habana, Academia de Ciências de Cuba, 1982. 152p.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, G.M.; ANJOS, L.H.C. & EBELING, G.A. Frações da matéria orgânica em diferentes sistemas de cultivo de oleráceas e cobertura do solo, após seis anos de cultivo em Latossolo Vermelho Amarelo. In: Encontro brasileiro de substâncias húmicas, Anais ... 19 a 22 de novembro de 2001. Viçosa: UFV. p. 126-127. 2001.
- PIZAURO Jr., J.M. & MELO, W.J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:95-103, 1995.
- REGANOLD, J.P. Comparasion of soil properties as influencied by organic and conventional farming systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 34:144-155,1988
- REGANOLD, J.P. Effects of alternative and conventional farming systems on agricultural sustainability. *Food & Fertilizer Technology*, 1992. 6p.
- REGANOLD, J.P.; ELLIOTT, L.F. & UNGER, Y.L. Long-terms effects of organic and conventional farming as soil erosion. *Nature*, 330:370-372, 1987.
- REGANOLD, J.P. Comparasion of soil properties as influencied by organic and conventional farming systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 34:144-155, 1988.
- ROSALES, M.A.; OLIVEIRA, O.S.; MOURA, M.A. & LOURES, E.G. Influência das adubações orgânica e mineral contínuas sobre as características das frações das substâncias húmicas do solo. *Rev. Ceres*, 46: 67-81, 1999.

- SCHJONNING, P.; ELMHOLT, S.; MUNKHOLM, L.J. & DEBOSZ, K. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88:195-214, 2002.
- SHEPHERD, M.A.; HARRISON, R. & WEBB, J. Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18:284-292, 2002.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC/ESALQ/FAEPE/ABEAS, 1988. 235p.
- SIKORA, L.J. & YAKOVCHENKO, V. Soil organic matter mineralization after compost amendment. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 60:1401-1404, 1996.
- SOHI, S., MAHIEU, N., ARAH, J.R.M., POLWSON, D.S.P., MADARI, B., GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1121-1128, 2001.
- SOUZA, W. J. O. & MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 6: 1113-1122, 2003.
- SOUZA, J.L. & RESENDE, P. *Manual de horticultura orgânica. Aprenda Fácil*. Viçosa, 2003. 564p.
- SOUZA, J.L. Manejo orgânico de solos: a experiência da Emcaper. Viçosa, SBCS, 2000. 4:13-16. (Boletim Informativo)
- STEVENSON, F.J. *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. NY, John Wiley & Sons Inc, 1986. 380p.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry*. New York: Wiley, 1994. 496p.
- STOCKDALE, E.A.; SHEPHERD, M.A.; FORTUNE, S. & CUTTLEET, S.P. Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? 18:301-308, 2002.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMMER, M.E. eds. *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. Part 3. Chemical methods. p.1011-1020 (Soil Science Society of America Book, series 5).
- TEDESCO, M.J., GIANELLO, G., BISSANI, C.A., BOHNEN, H. VOLKWEIS, S.I. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, London, 33:141-163, 1982.
- TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds., *Tópicos em ciência do solo*. UFV, Viçosa, 2000. p. 195-276.
- XAVIER, F.A.S; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S. & MENDONÇA, E.S. Compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas agrícolas orgânicos e convencional na região da chapada da Ibiapaba-CE. In: OLIVEIRA, T.S., ed., *Solo e Água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino*. UFC, Fortaleza, 2004. p. 31-57.
- YANG, X.M. & WANDER, M.M. Temporal changes in dry aggregate size and stability: tillage and crop effects on a silty loam Molliso in Illinois. *Soil Tillage Research*, 49:173-183, 1998.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 19: 1467-1476, 1988.

APÊNDICE

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para os valores EC, CB, quociente metabólico e carbono orgânico em diferentes camadas de solo nas área 1, 2 e 3, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		EC	CB	QM	CO	QI
Camada 1						
Área	2	94,7235 ^{ns}	1900,8400 ^{ns}	0,0206 ^{ns}	0,4481**	0,2266 ^{ns}
Manejo	2	115,0165 ^{ns}	1332,9040 ^{ns}	0,4757 ^{ns}	4,3417***	0,3645 ^{ns}
Área x Manejo	4	43,3809 ^{ns}	1428,0400 ^{ns}	0,2939 ^{ns}	0,0956 ^{ns}	0,0696 ^{ns}
Resíduo	27	46,6594	961,0169	0,1436	0,0575	0,1649
C.V. (%)	-	43,01	68,12	102,96	19,74	91,98
Camada 2						
Área	2	15,17566 ^{ns}	4746,7500 ^{ns}	0,0899 ^{ns}	0,3665**	0,7952 ^{ns}
Manejo	2	44,1175 ^{ns}	535,1873 ^{ns}	0,1200 ^{ns}	0,9333***	0,8288 ^{ns}
Área x Manejo	4	39,0916 ^{ns}	550,2022 ^{ns}	0,0133 ^{ns}	0,0624 ^{ns}	0,4142 ^{ns}
Resíduo	27	29,7860	1523,6600	0,0902	0,0472	0,5335
C.V. (%)	-	41,67	82,11	93,69	29,65	94,36
Camada 3						
Área	2	200,4876*	602,0892 ^{ns}	0,2091 ^{ns}	0,2938***	1,7003 ^{ns}
Manejo	2	19,7888 ^{ns}	4570,1050 ^{ns}	0,0789 ^{ns}	0,0268 ^{ns}	1,3724 ^{ns}
Área x Manejo	4	45,1941 ^{ns}	1342,4200 ^{ns}	0,1038 ^{ns}	0,0493 ^{ns}	0,5818 ^{ns}
Resíduo	27	57,7783	2376,7600	0,1274	0,0313	0,6815
C.V. (%)	-	80,94	120,56	159,57	30,54	110,70
Camada 4						
Área	2	31,0203 ^{ns}	37,6227*	0,0215 ^{ns}	0,0584 ^{ns}	0,8318 ^{ns}
Manejo	2	29,8296 ^{ns}	1817,4900 ^{ns}	0,0693 ^{ns}	0,2235**	0,1884 ^{ns}
Área x Manejo	4	21,1522 ^{ns}	1488,0600 ^{ns}	0,0664 ^{ns}	0,0138 ^{ns}	0,3312 ^{ns}
Resíduo	27	32,2475	1067,0100	0,0376	0,0286	0,2765
C.V. (%)	-	71,57	106,92	115,22	30,54	101,38

***, **, *, ^{ns} respectivamente significativo a 0,1, 1,0, 5,0 % e não significativo pelo teste F.

TABELA 2A. Análise de variância para os valores de fração ácido fúlvico (FAF), ácido húmico (FAH) e humina (HUM), em diferentes camadas de solos, nas áreas 1, 2 e 3, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
		CO	AF	AH	HU	R1	R2
Camada 1							
Área	2	0,4481**	0,0075 ^{ns}	0,0410***	0,1342***	0,3397*	0,6794***
Manejo	2	4,3417***	0,2579***	0,2677***	0,8467***	0,0752 ^{ns}	0,1745 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0955 ^{ns}	0,0178*	0,0338***	0,0371*	0,2277 ^{ns}	0,6463***
Resíduo	27	0,0575	0,0049	0,0042	0,0107	0,0860	0,0696
C.V. (%)	-	19,75	24,39	23,23	18,31	29,46	24,77
Camada 2							
Área	2	0,3666**	0,0158 ^{ns}	0,0633***	0,0508**	1,1167*	0,0822 ^{ns}
Manejo	2	0,9334***	0,1107***	0,1677***	0,1632***	1,4063*	0,0772 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0624 ^{ns}	0,0141 ^{ns}	0,0157 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	0,2842 ^{ns}	0,1212 ^{ns}
Resíduo	27	0,0472	0,0069	0,0063	0,0069	0,3270	0,0742
C.V. (%)	-	29,66	38,60	38,62	27,05	55,20	33,56
Camada 3							
Área	2	0,2937***	0,0108*	0,0289***	0,0339*	1,2184**	0,0350 ^{ns}
Manejo	2	0,0268 ^{ns}	0,0183**	0,0077*	0,0046 ^{ns}	2,3158***	0,1113 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0493 ^{ns}	0,0080*	0,0164***	0,0025 ^{ns}	1,4580***	0,1434 ^{ns}
Resíduo	27	0,0313	0,0029	0,0018	0,0078	0,1483	0,1022
C.V. (%)	-	30,54	31,14	34,91	33,82	49,28	33,65
Camada 4							
Área	2	0,0584 ^{ns}	0,0097 ^{ns}	0,0181**	0,0131**	0,9674**	0,6661*
Manejo	2	0,2236**	0,0047 ^{ns}	0,0540***	0,0564***	2,0341***	0,3666 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0137 ^{ns}	0,0094 ^{ns}	0,0098**	0,0018 ^{ns}	0,73931***	0,2750 ^{ns}
Resíduo	27	0,0286	0,0044	0,0022	0,0022	0,1084	0,1360
C.V. (%)	-	30,54	36,07	43,32	19,18	50,87	38,14

TABELA 2A. Continuação...

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
		CO	AF	AH	HU	R1	R2
Camada 5							
Área	2	0,0933 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0128*	0,0112 ^{ns}	0,2523 ^{ns}	4,1099*
Manejo	2	0,0242 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,1911 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,1461 ^{ns}	0,0655 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0369 ^{ns}	0,0061 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,5924 ^{ns}	1,9370 ^{ns}
Resíduo	27	0,0657	0,0025	0,0026	0,0091	0,2649	0,9392
C.V. (%)	-	52,21	43,41	60,65	36,49	65,91	59,51
Camada 6							
Área	2	0,0061 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	0,00179 ^{ns}	0,3904 ^{ns}	1,7176 ^{ns}
Manejo	2	0,0515 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,0107 ^{ns}	0,2394 ^{ns}	4,2930 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0189 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,0202 ^{ns}	0,3733 ^{ns}	2,8765 ^{ns}
Resíduo	27	0,0503	0,0029	0,0014	0,0102	0,1340	2,5268
C.V. (%)	-	47,62	48,42	61,82	38,32	62,17	82,56
Camada 7							
Área	2	0,0830 ^{ns}	0,0061**	0,0099 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	0,2830 ^{ns}	9,3186**
Manejo	2	0,0534 ^{ns}	0,0031*	0,0020 ^{ns}	0,0242 ^{ns}	0,4110 ^{ns}	4,8198*
Área x Manejo	4	0,0315 ^{ns}	0,0025*	0,0010 ^{ns}	0,0133 ^{ns}	0,3866 ^{ns}	1,6097 ^{ns}
Resíduo	27	0,0493	0,0006	0,0036	0,0085	0,2600	1,1132
C.V. (%)	-	51,45	28,68	101,83	36,00	74,42	50,87

***, **, *, ^{ns} respectivamente significativo a 0,1, 1,0 ,5,0 % e não significativo pelo teste F.

TABELA 3A. Análise de variância para os valores de F1, F2, F3, F4 e CO em diferentes camadas de solos, nas áreas 1, 2 e 3, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		F1	F2	F3	F4	COT
Camada 1						
Área	2	0,0252 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0971*	0,0965 ^{ns}	0,4077***
Manejo	2	0,4681***	0,1535***	0,1018*	0,0221 ^{ns}	2,9019***
Área x Manejo	4	0,0032 ^{ns}	0,0273 ^{ns}	0,0163 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,1486***
Resíduo	18	0,0222	0,0141	0,0223	0,0331	0,0288
C.V. (%)	-	30,94	59,30	50,05	43,62	14,10
Camada 2						
Área	2	0,0399 ^{ns}	0,0259 ^{ns}	0,1003***	0,0260 ^{ns}	0,3678*
Manejo	2	0,3136***	0,0490**	0,0016 ^{ns}	0,0077 ^{ns}	0,7243***
Área x Manejo	4	0,0373 ^{ns}	0,0219*	0,0056 ^{ns}	0,0109 ^{ns}	0,0337 ^{ns}
Resíduo	18	0,0233	0,0074	0,0058	0,0155	0,0623
C.V. (%)	-	41,69	70,31	29,00	47,49	34,12
Camada 3						
Área	2	0,0180 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,0238 ^{ns}	0,1195*	0,3496***
Manejo	2	0,0264*	0,0102 ^{ns}	0,0115 ^{ns}	0,0558 ^{ns}	0,0334 ^{ns}
Área x Manejo	4	0,0120 ^{ns}	0,0085 ^{ns}	0,0128 ^{ns}	0,0676*	0,0791 ^{ns}
Resíduo	18	0,0065	0,0038	0,0096	0,0221	0,0296
C.V. (%)	-	28,01	98,18	52,00	61,49	29,55
Camada 4						
Área	2	0,0189*	0,0006 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,0326 ^{ns}	0,0382 ^{ns}
Manejo	2	0,0013 ^{ns}	0,0012*	0,0071 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,2279**
Área x Manejo	4	0,0046 ^{ns}	0,0009*	0,0112 ^{ns}	0,0156 ^{ns}	0,0241 ^{ns}
Resíduo	18	0,0040	0,0003	0,0106	0,0291	0,0324
C.V. (%)	-	23,91	64,29	59,00	84,04	32,57

***, **, *, ^{ns} respectivamente significativo a 0,1, 1,0 ,5,0 % e não significativo pelo teste F.

CAPÍTULO 4

FRUTICULTURA ORGÂNICA NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ

**Guilherme Viana de Alencar⁽¹³⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽¹⁴⁾,
Teógenes Senna de Oliveira⁽¹⁵⁾, Ivo Jucksch⁽²⁾ & Paulo Roberto Cecon⁽¹⁶⁾**

RESUMO

A fruticultura no Brasil é contemplada por climas que permitem produzir frutas tropicais e subtropicais, garantindo várias safras durante o ano, como ocorre na região Nordeste. Beneficiada por condições favoráveis de clima, solo e posição geográfica, o Ceará vem se destacando no mercado nacional de frutas. Esta importância do estado pode refletir na conquista de novos nichos de mercados através da produção orgânica de frutas. Embora de forma incipiente, a fruticultura orgânica no município de Guaraciaba do Norte-CE é caracterizada por uma propriedade orgânica, cujo cultivo de cítrus ocorre há mais de 30 anos. O objetivo deste trabalho é avaliar características físicas, químicas e microbiológicas de solo cultivado em sistema orgânico de produção de frutíferas, comparando-se a situação de ambiente de mata nativa, no município de Guaraciaba do Norte-CE. Foram abertos perfis e coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidades, na linha e entrelinha de cultivo orgânico e mata. A adoção dos sistemas orgânicos de produção na área de fruticultura têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo. Os teores elevados de carbono orgânico total influenciaram na atividade microbiana, carbono da biomassa microbiana, substâncias húmicas, matéria orgânica leve e índice de manejo do carbono (IMC), principalmente na camada superficial (0-10 cm) da entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica.

⁽¹³⁾ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Avenida Guadalajara, 1500, Aeroporto, CEP: 36.033-560 – Juiz de Fora, MG. E-mail: gui.ibama@gmail.com

⁽¹⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: esm@ufv.br (prof.

Eduardo de Sá Mendonça) e ivo@solos.ufv.br (prof. Ivo Jucksch)

⁽¹⁵⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará. E-mail: teo@ufc.br

⁽¹⁶⁾ Professor do Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.
Organic orcharding in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

The orcharding is characterized in Brazil because allows the production of tropical and subtropical fruits, granting many harvests through the year, as it occurs in the northeast region. At a national level the Ceará is leading the fruit market because favorable soil, environmental and geographical conditions. This can be the base to gain new markets through organic orcharding production. However the organic orcharding in Guaraciaba do Norte – CE., is characterized by one citrus plantation of more than 30 years. The objective of this work is to evaluate soil physical, chemical and microbiology characteristics in organic orcharding, in comparison with a natural environment with native forest in Guaraciaba do Norte – CE. In the organic orcharding, as well as, in the forest, soil profiles were opened and soil samples were collected between trees, and in the areas among tree lines at depths of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. In the area with organic orcharding was observed an improvement on the physical and chemical soil quality. The high content of total organic carbon influenced on soil microbial activity, carbon of microbes biomass, humic substances, light organic matter and carbon management index (IMC), mainly in the superficial layer of (0-10 cm) in the areas among tree lines.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frutas, com produção anual de 32 milhões de toneladas, representando 10% da produção mundial. Entre as diferentes espécies frutícolas cultivadas destaca-se os citros, cuja hegemonia no mercado internacional é detida . O estado de São Paulo se constitui no principal produtor, sendo responsável por cerca de 80 % da produção nacional de laranja e de 95 % de suco concentrado (Mattos Jr., et al.,2005).

Recentemente, tem se verificado expansão de novos pólos citrícolas em outras regiões do país, a exemplo das áreas irrigadas da região Nordeste. Nesta região, a citricultura está assentada em solos dos Tabuleiros Costeiros, onde predominam os Latossolos e os Podzólicos, ambos originários do terciário, com alto grau de intemperização e com baixa capacidade de reposição de nutrientes removidos pelas colheitas, o que torna a adubação indispensável para a obtenção de bons rendimentos (Sobral et al., 2000).

Além dos fatores genéticos e climáticos, a produtividade dos citros é determinada pelas características do solo e pelos tratos culturais destinados ao pomar. Além disso, a interação entre os atributos químicos, físicos e biológicos somados com as modificações ocorridas mediante a adoção de sistemas de manejo convencionais terminam por influenciar a produtividade, a qualidade da produção e o equilíbrio entre os atributos do solo (Sanches et al., 1999).

Em geral, a derrubada da vegetação nativa e a subsequente inclusão de áreas recém desmatadas ao processo produtivo imprimem com o passar dos anos em modificações acentuadas nos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos. Tais alterações são evidenciadas pela redução dos teores de matéria orgânica, da atividade microbiana e da disponibilidade maioria dos nutrientes, tanto em horizontes superficiais quanto sub-superficiais.

Os sistemas de manejo orgânico se constituem numa alternativa válida e promissora para minimizar ou atenuar os prejuízos provocados sobre os atributos do solo provenientes da incorporação de novas áreas ao sistema convencional de produção, visto conferir benefícios agrônômicos e ambientais, particularmente com respeito a melhoria da fertilidade do solo (Stockdale et al., 2002).

Outro ponto importante a ser mencionado quando se avalia as modificações nos atributos dos solos manejados organicamente, especialmente quando se trata de espécies

frutíferas, refere-se a possível variação ocorrida em relação a linha de plantio e de manejo. Sanches et al. (1999) verificou que o cultivo orgânico, em relação a mata, modificou de forma mais acentuada as características químicas do solo, em amostragem realizada na linha de plantio, sendo verificado em relação a entrelinha redução nos valores de pH, na saturação de bases, nos teores de matéria orgânica, na CTC e na atividade microbiana e aumento no teor de P.

Informações referentes as modificações promovidas pelo sistema orgânico nos atributos do solo quando comparados com vegetação nativa são escassos. Todavia, parte-se da hipótese de que provavelmente haja variações na magnitude da diferenças quando a amostragem é realizada na linha de plantio e na entrelinha dos cultivos, especialmente em áreas de pomares citrícolas manejados organicamente durante longo tempo.

Informações dessa natureza são úteis para subsidiar o manejo de áreas orgânicas que ora se difundem em diferentes regiões do País e que têm nichos de mercado assegurados no contexto da economia mundial globalizada, em que os consumidores estão cada vez mais preocupados com as questões ambientais e de saúde, indicando assim que a fruticultura orgânica pode ser uma opção interessante a ser introduzida nas áreas de produção orgânica de algumas regiões do Nordeste.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar as alterações promovidas pela adoção de sistema orgânico de produção, em área de pomar cítrico, quando comparadas com uma área de mata, utilizada como referência, no município de Guaraciaba do Norte-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedade agrícola que adota o sistema de cultivo orgânico em fruticultura no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará, no período de abril à junho de 2003.

O município de Guaraciaba do Norte está localizado na chapada da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, distando 312 km da capital Fortaleza, apresentando: latitude de 04°10'01'' S e longitude de 40°44'51'' W, área de 537,10 km² e altitude de 902 m. A vegetação predominante na região é do tipo Carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa alta), nas áreas mais secas e de baixa pluviosidade, e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular, nas regiões serranas e de mata úmida. A unidade geomorfológica em que se encontra o município é denominada de Superfície Cuestiforme do Planalto da Ibiapaba, com classes de solo predominantes referidas como Neossolos Quartzarênicos e Latossolos. A economia do município é predominantemente agrícola, com mais da metade da população residente na zona rural (IPLANCE, 1998; IBGE, 2005).

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2003) mostram uma pluviosidade média anual do município de 1.243 mm, irregularmente distribuída ao longo do ano e com concentração nos meses de janeiro à junho. A temperatura média das máximas é de 32°C e a das mínimas é de 20°C (Figura 1).

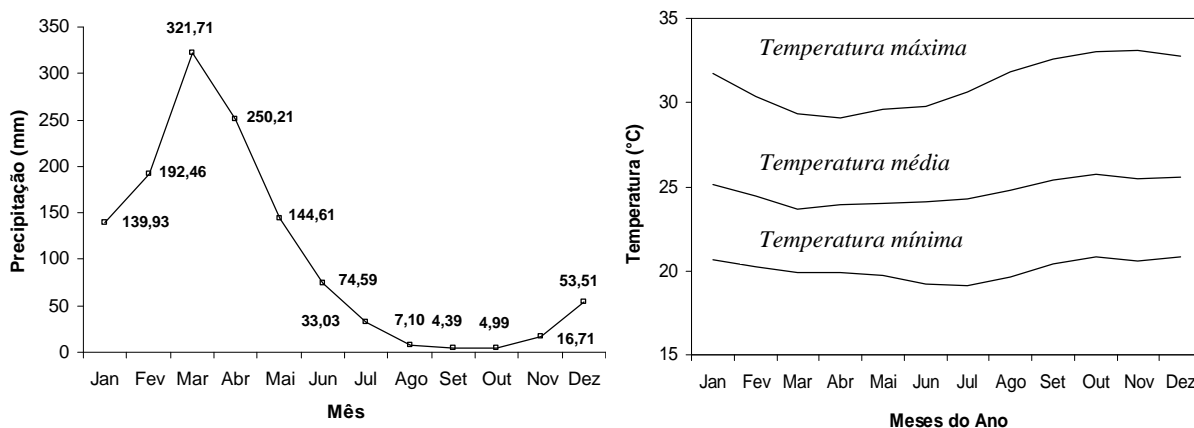


Figura 1. Pluviosidade e temperaturas média, máxima e mínima mensal (2003) do município de Guaraciaba do Norte-CE.

O perfil agrário do município é caracterizado pela existência de 998 propriedades rurais, sendo 95,79 % do total é representado por pequenas propriedades com área de até 50 ha. Por se constituir em região potencialmente produtora de olerícolas, destinadas ao abastecimento da capital Fortaleza e de outros municípios circunvizinhos, esta atividade é considerada como de alta prioridade para efeito de financiamento agrícola pelo Banco do Nordeste (IPLANCE, 1998).

Os solos existentes nas áreas da pesquisa, baseado em critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), são classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico. Os conteúdos de areia estão acima de 80%, e de argila, abaixo de 15% na superfície e subsuperfície do solo (Quadro 1), o que enquadra este solo na classificação textural de arenoso. As principais características químicas de um solo de referência (mata) das áreas de estudo podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 1 - Características físicas das camadas de solo da área de referência (mata) no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Areia Total (g kg ⁻¹)	874	888	879	877	848	843	826
Areia m. grossa (g kg ⁻¹)	15	17	9	16	23	25	18
Areia grossa (g kg ⁻¹)	175	153	148	88	138	143	151
Areia média (g kg ⁻¹)	398	417	413	358	423	363	403
Areia fina (g kg ⁻¹)	257	270	282	371	226	270	208
Areia m. fina (g kg ⁻¹)	29	31	27	44	38	42	46
Silte (g kg ⁻¹)	28,50	35,8	17,5	31	32	38,5	52,5
Argila (g kg ⁻¹)	98,50	78	106,5	100	124	127	128,5
Argila disp. em água(g kg ⁻¹)	50	36	48	54	67,5	70	101
Grau de flocculação (%)	49	54	55	46	46	45	21
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa

Quadro 2. Características químicas das camadas de solo da área de referência (mata) no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
pH em água	4,66	4,62	4,54	4,54	4,79	4,94	4,80
CE, dS m	0,72	0,59	0,21	0,10	0,26	0,13	0,20
P, mg dm ³	1,8	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2
K ⁺ , mg dm ⁻³	23	12	10	8	4	6	6
Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,33	0,11	0,09	0,08	0,06	0,08	0,08
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,60	0,80	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
H ⁺ + Al ⁺ , cmol _c dm ⁻³	5,6	4,9	4,9	5,3	4,3	4,3	4,3
SB, cmol _c dm ⁻³	0,84	0,14	0,12	0,10	0,07	0,18	0,14
CTC _e , cmol _c dm ⁻³	1,44	0,94	1,12	1,10	0,87	0,98	0,94
CTC _T , cmol _c dm ⁻³	6,44	5,04	5,02	5,4	4,37	4,48	4,44
V, %	13	2,8	2,4	1,9	1,6	4	3,2
m, %	41,7	85,1	89,3	90,9	92	81,6	85,1
P rem, mg cm ⁻³	40	36,2	32,2	30,1	26,5	22,8	22,6

A pesquisa foi desenvolvida em propriedade que desenvolve fruticultura orgânica no distrito de Sussuanha, município de Guaraciaba do Norte-CE e em área de referência, mata (Figura 2).

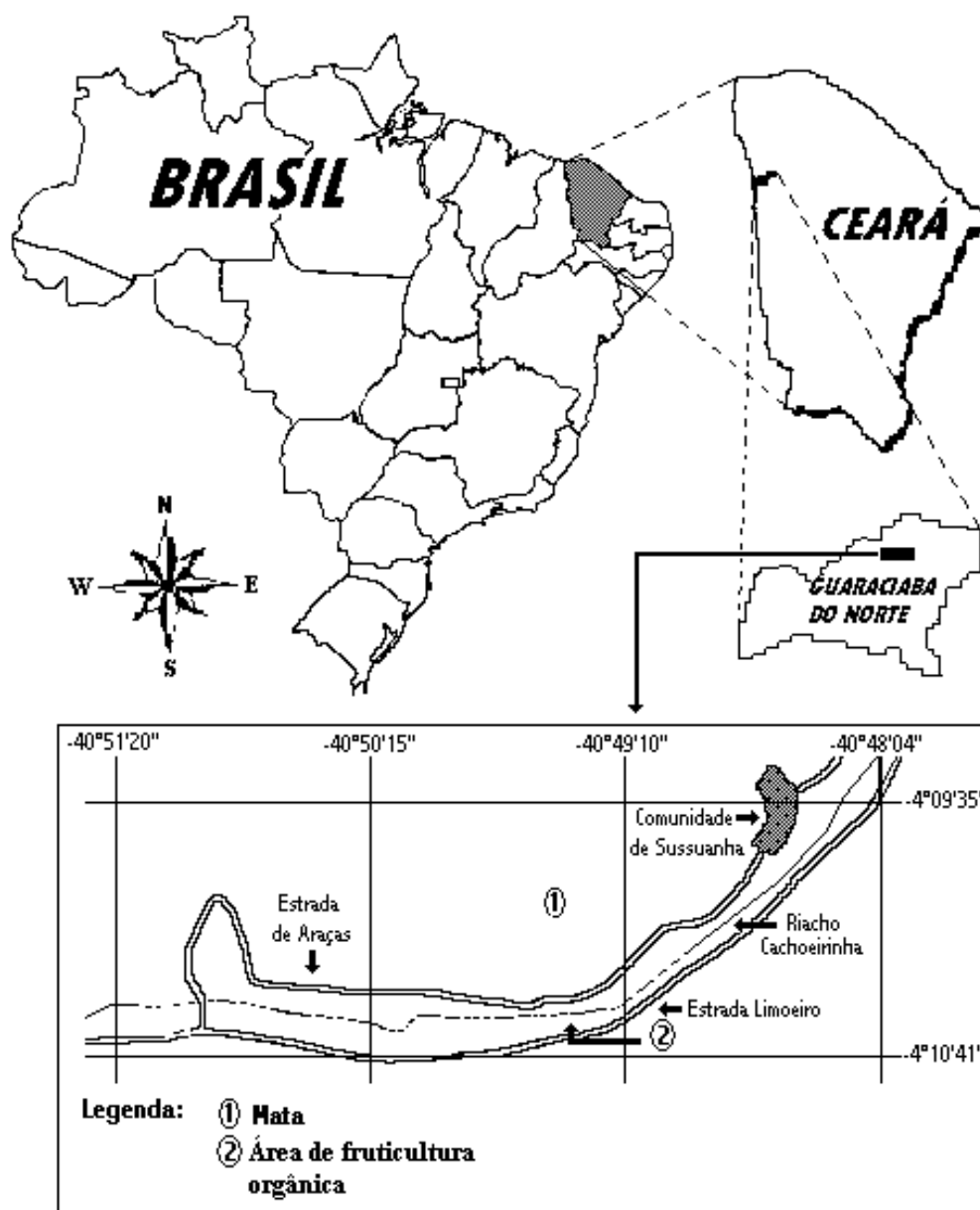


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.

A amostragem foi realizada em área de pomar cítrico, da cultivar Bahia, de aproximadamente 0,7 ha, estabelecido há mais de 30 anos sob sistema orgânico. As plantas estão plantadas no espaçamento de 4 x 4 m e são conduzidas em sistema de sequeiro, recebendo irrigação complementar na época da seca. Como práticas culturais são realizadas anualmente poda de limpeza das plantas e sistematicamente é feito o

combate do pulgão, empregando-se calda sulfocálcica. A adubação das plantas é feita a base de composto orgânico, destinando-se a cada planta cerca de 20 kg por ano.

Coleta das amostras

Foram abertos quatro perfis de 1 m de profundidade na área de referência (mata) e na linha e entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica. O perfil aberto foi dividido em sete camadas de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade. Foram coletadas amostras deformadas no período de abril à junho de 2003 e padronizadas em TFSA para determinações químicas, físicas e microbiológicas.

Análises de Solo

Análises físicas e químicas

Foram realizadas análises físicas de densidade do solo, porosidade total, granulometria, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível (EMBRAPA, 1997).

As análises químicas foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, e do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará e constaram de: pH em água e em KCl, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, H^+ + Al^{3+} e condutividade elétrica conforme EMBRAPA (1997). Determinou-se, também, P total, Zn, Fe, Mn, Cu e B (Mehlick-1), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (CTC_e), capacidade de troca catiônica total (CTC_t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), índice de saturação de sódio (ISNA), fósforo remanescente (Alvarez V. et al., 2002), nitrato (Yang et al., 1998) e amônio (Kempers & Zweers, 1986).

Além das determinações físicas e químicas procedeu-se adicionalmente ao estudo da fração orgânica do solo mediante seguintes determinações:

- Carbono orgânico total

As amostras de solo foram maceradas e passadas em peneira de 100 mesh, para determinação de C orgânico total (COT) do solo pelo método da oxidação via úmida, com aquecimento externo, segundo Yeomans & Bremner (1988).

- Fracionamento das substâncias húmicas

As amostras foram submetidas ao fracionamento de substâncias húmicas conforme método recomendado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996). Os ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas foram obtidos através de

fracionamento por solubilidade em soluções ácidas ou alcalinas, sendo o somatório das respectivas frações o total das substâncias húmicas. Em cada fração húmica foi também determinado os teores de carbono orgânico conforme Yeomans & Bremner (1988).

- Carbono orgânico lábil

O carbono orgânico oxidável foi determinado a partir de diferentes gradientes de concentração de ácido sulfúrico (2,5; 5 e 10 ml, correspondentes a 3, 6 e 9 mol L⁻¹, respectivamente), mantendo-se fixa a concentração de dicromato de potássio em 0,167 mol L⁻¹ (Chan et al., 2001). O carbono das frações foi quantificado por oxidação via úmida, sem aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) e representam diferentes graus de labilidade.

- Fração 1 (3 mol L⁻¹ de H₂SO₄): carbono orgânico oxidado com 3 mol L⁻¹;
- Fração 2 (6 mol L⁻¹ – 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono oxidável extraído entre 6 e 3 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico;
- Fração 3 (9 mol L⁻¹ – 6 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono oxidável extraído em 9 e 6 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico;
- Fração 4 (COT – 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄): diferença entre o carbono orgânico total e o carbono extraído em 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄.

Com base nas mudanças no carbono orgânico das frações e carbono orgânico total, foram determinados os valores dos índices de Índice de Compartimento de Carbono (ICC), Carbono lábil (L), Índice de Labilidade (IL) e Índice de Manejo de Carbono (IMC) (Blair et al., 1995), conforme as seguintes relações:

- ICC - obtido pela relação entre COT do solo cultivado e COT do solo de referência (mata);
- L - relação entre a fração de carbono lábil (F1 + F2) e carbono não lábil (F3 + F4);
- IL - relação entre L_{cultivado} e L_{referência};
- IMC - resultado do produto ICC x IL x 100.

- Matéria orgânica leve livre

A separação da matéria orgânica leve livre do solo foi realizada utilizando-se iodeto de sódio (NaI), centrifugação a 3200 rpm durante cinco minutos, filtragem à vácuo utilizando-se cadinhos de golch (Sohi et al., 2001), sendo o material acumulado no cadinho após a filtragem considerado a matéria orgânica leve livre.

- Atividade microbiana, biomassa microbiana, quociente microbiano e quociente metabólico

O carbono mineralizável (C_m) foi determinado a partir da quantificação do CO_2 produzido pelos microorganismos do solo e capturado em solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹, conforme metodologia adaptada de Anderson (1982). Utilizando-se as mesmas amostras nas quais determinaram-se o carbono mineralizável, quantificou-se o carbono da biomassa microbiana (C_{bm}), com uso de microondas (Islam & Wel, 1998; Ferreira et al., 1999) e por meio da oxidação via úmida (Yeomans & Bremner, 1988). O quociente microbiano foi expresso pela relação obtida entre C microbiano e o C orgânico total do solo, e o quociente metabólico resultou da relação entre carbono mineralizável (dia⁻¹) e carbono da biomassa microbiana.

Análises Estatísticas

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 7, referentes a três sistemas de manejo e sete profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm). Foram avaliados os sistemas de manejo orgânico na linha e orgânico na entrelinha e a mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características Físicas dos Solos

Os valores de densidade do solo foram significativamente alterados pelo sistema de cultivo e pela profundidade de amostragem do solo realizada na área do pomar cítrico cultivado em bases orgânicas (Quadro 3). Por outro lado, os valores de porosidade total foi significativamente ($p < 0,05$) influenciada pela interação entre o sistema de cultivo e a profundidade.

A diferença entre os sistemas de cultivo foram verificadas nas camadas compreendidas entre 0-40 cm de profundidade, em que se verificou maiores valores ($P < 0,05$) para densidade do solo na linha de plantio do pomar orgânico em relação a entrelinha de plantio e a mata, que não diferiram entre si.

Quadro 3. Valores médios de densidade do solo e porosidade total de camadas de solo em áreas de fruticultura orgânica e mata, no município de Guaraciaba do Norte-CE.

Manejo	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-40
Densidade do solo (g/cm^3)				
Mata	1,29 bA	1,29 bA	1,29 bA	1,29 bA
Frut Org. (E)	1,26 bB	1,26 bB	1,26 bB	1,26 bB
Frut Org. (L)	1,56 aA	1,56 aA	1,56 aA	1,56 aA
Dms coluna			0,22	
Dms linha			0,24	
Porosidade total (%)				
Mata	51,01 aA	51,01 aA	51,01 aA	51,01 aA
Frut Org. (E)	51,96 aA	51,96 aA	51,96 aA	51,96 aA
Frut Org. (L)	42,17 bA	42,17 bA	42,17 bA	42,17 bA
Dms coluna			8,40	
Dms linha			9,26	

Médias seguidas de pelo menos uma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Nos solos de vegetação nativa, utilizados como referência, foram observados valores de densidade do solo (Quadro 3) inferiores em relação a área de fruticultura orgânica (linha), devido provavelmente ao equilíbrio ambiental proporcionado por este sistema. Ao comparar diferentes usos e manejo sob as propriedades físicas de um Latossolo do Triângulo Mineiro, Wendling (2003) também encontrou menores valores de densidade do solo para o solo sob mata, fato que atribuiu a ausência de tráfego, ao não revolvimento do solo e aos altos teores de COT encontrados na mata nativa.

Na comparação entre as duas áreas de estudo, a porosidade total diferiu ($P < 0,05$) entre os manejos nas camadas de 0-40 cm, onde o cultivo em linha apresentou valor inferior aos obtidos na entrelinha e na mata. A provável explicação para o comportamento semelhante entre os solos das áreas de fruticultura (entrelinha) e mata para estas profundidades, deve-se a pouca alteração do meio devido ao cultivo permanente assim como ao aporte de matéria orgânica na área. A atuação conjunta destes fatores possivelmente contribuiu para que houvesse poucas variações nas características físicas entre os sistemas de cultivo orgânico da área de fruticultura orgânica (entrelinha) e mata.

Os menores valores de densidade aparente do solo em áreas sob cultivo orgânico estão relacionados com a baixa densidade das partículas orgânicas ($< 1,0 \text{ g/cm}^3$) e a forma de distribuição das partículas (USDA, 1999). Leite (2002) reportou maior densidade do solo no sistema plantio direto comparado aos sistemas convencionais, principalmente na camada de 0-10 cm, e relacionou os resultados obtidos com a ausência de revolvimento.

Os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível (Quadro 4) não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) quando se comparou os manejos das áreas orgânica e mata, nas camadas compreendidas entre 0-100 cm. Esse fato pode estar relacionado com as características texturais do solo predominante nas áreas em estudo, classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, que apresenta percentuais de areia acima de 80 %. Por ter baixa superfície específica a fração areia apresenta baixa capacidade de retenção de água. Reynolds et al. (2002) e Wendling (2003) também não encontraram diferenças nos valores dessas variáveis ao comparar diferentes sistemas de manejo, ocasião em que aventaram a possibilidade de que os teores de silte mais argila seriam características do solo mais diretamente relacionadas com o conteúdo de água do que os teores de C orgânico.

Quadro 4. Valores médios de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível em diferentes camadas de solo e manejo adotados município de Guaraciaba do Norte-CE.

Manejo	CC (kg.kg^{-1})	PM (kg.kg^{-1}) 0-10 cm	AD (kg.kg^{-1})
Mata	0,125 bA	0,027 bA	0,098 abA
Frut Org. (E)	0,148 abA	0,059 aA	0,089 bA
Frut Org. (L)	0,163 aA	0,032 bBC	0,131 aA

Quadro 4. Continuação...

Manejo	CC (kg.kg ⁻¹)	PM (kg.kg ⁻¹)	AD (kg.kg ⁻¹)
		10-20 cm	
Mata	0,136 aA	0,038 bA	0,108 aA
Frut Org. (E)	0,149 aA	0,051 aAB	0,098 aA
Frut Org. (L)	0,135 aA	0,029 bC	0,105 aA
		20-30 cm	
Mata	0,133 aA	0,028 bA	0,104 aA
Frut Org. (E)	0,155 aA	0,037 abB	0,117 aA
Frut Org. (L)	0,163 aA	0,043 aABC	0,119 aA
		30-40 cm	
Mata	0,124 aA	0,030 bA	0,093 aA
Frut Org. (E)	0,151 aA	0,046 aAB	0,104 aA
Frut Org. (L)	0,151 aA	0,048 aAB	0,103 aA
		40-60 cm	
Mata	0,133 aA	0,030 aA	0,102 aA
Frut Org. (E)	0,147 aA	0,042 aAB	0,105 aA
Frut Org. (L)	0,149 aA	0,044 aABC	0,105 aA
		60-80 cm	
Mata	0,138 aA	0,034 bA	0,103 aA
Frut. Org. (E)	0,170 aA	0,054 aAB	0,115 aA
Frut Org. (L)	0,156 aA	0,054 aA	0,102 aA
		80-100 cm	
Mata	0,134 aA	0,036 bA	0,097 aA
Frut Org. (E)	0,149 aA	0,053 aAB	0,095 aA
Frut Org. (L)	0,146 aA	0,059 aA	0,087 aA
Dms manejo	0,033	0,013	0,035
Dms camada	0,042	0,017	0,045

Médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na coluna, dentro de uma mesma profundidade, e maiúscula na coluna, entre profundidades, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Características Químicas dos Solos

De modo geral verificaram-se maiores valores de pH com a adoção do sistema orgânico na área da fruticultura nas camadas de 0-40 cm para a situação de entrelinha de cultivo (Quadro 5). A constatação de valores de pH na entrelinha superior ao sulco de plantio é justificada provavelmente pelo fato do manejo da adubação se concentrar nessa região. Nas demais profundidades e na linha de cultivo observou-se que o pH do solo foi abaixo de 6 e semelhantes ao ambiente de mata. Apesar dos resultados obtidos estarem condizentes com os reportados por Mader et al. (2002), deve-se ressaltar que valores de pH acima de 6,5 demandam um melhor controle no manejo da fertilidade visto que podem acarretar deficiências de micronutrientes e alterar a dinâmica dos demais nutrientes.

Conforme Stockdale et al. (2002), os mecanismos envolvidos na elevação do pH em sistemas orgânicos incluem: a) adsorção de H⁺ na superfície dos materiais

adicionados; b) condições de redução que incrementam a atividade microbiana durante a decomposição da matéria orgânica; c) substituição de hidroxilas da superfície dos sesquióxidos por ânions orgânicos; d) adição de cátions básicos, e e) produção de amônia durante a decomposição. Yan et al. (1996) destacam, no entanto, a descarboxilação dos aminoácidos como principal processo responsável pelo incremento do pH nos solos sob sistema de cultivo orgânico.

Os teores de P indicam que a adição sistemática de material orgânico, principalmente na forma compostos na área de fruticultura orgânica, têm se mostrado capaz de proporcionar acréscimos consideráveis nos teores desse elemento em relação aos originalmente encontrados (na mata, por exemplo, os teores oscilaram entre 0,2 e 1,7 mg/dm³).

Em todas as áreas registrou-se, independentemente da camada, superioridade dos teores de P na fruticultura orgânica, sendo os maiores teores verificados na entrelinha de cultivo até a profundidade de 40 cm, onde os valores ultrapassaram 70 mg/dm³. Incrementos nos teores de P no solo em decorrência do emprego de sistemas orgânicos de cultivo foram também mencionados por Clark et al. (1998) e Stockdale et al. (2002). Solos da Europa Central manejados organicamente durante 21 anos registraram teores mais baixos das frações solúveis de P nos sistemas orgânicos em relação ao sistema convencional (Mader et al., 2002).

Apesar dos elevados teores de P nas áreas manejadas organicamente, deve-se enfatizar o possível predomínio de formas orgânicas de P nessas circunstâncias, o que se constituiria a princípio num residual de P que poderia ser transformado e liberado com a sucessão dos cultivos (Leite, 2002). De acordo com Stockdale et al. (2002), o P orgânico além de ser mineralizado pela ação de fosfatases extracelulares, pode ser também imobilizado por curtos períodos por alguns microorganismos, protegendo assim as formas disponíveis de P do processo de fixação. Ainda conforme os autores, solos que recebem aportes regulares de esterco e de outros materiais orgânicos têm apresentado ciclagem bem mais rápida da biomassa microbiana e maior atividade das fosfatases ácidas.

Quadro 5 - Características químicas de camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
		pH em água, 1:2,5	
0-10	4,75	6,99	5,82
10-20	4,60	7,00	5,57
20-30	4,68	6,42	5,68
30-40	4,78	6,19	5,25
40-60	4,95	5,90	5,07
60-80	4,89	5,36	4,92
80-100	5,01	5,18	4,92
		pH em KCl	
0-10	3,98	6,56	5,29
10-20	4,08	6,34	4,59
20-30	4,20	5,25	4,11
30-40	4,28	4,52	3,99
40-60	4,38	4,32	3,97
60-80	4,36	4,04	3,97
80-100	4,39	4,19	4,08
		CE, dS m	
0-10	0,16	0,34	0,31
10-20	0,12	0,15	0,43
20-30	0,28	0,97	0,58
30-40	0,09	0,11	0,67
40-60	0,12	0,11	0,32
60-80	0,09	0,10	0,33
80-100	0,08	0,11	0,15
		P, mg dm ³	
0-10	1,7	184,8	57,8
10-20	0,7	157,2	45,4
20-30	0,6	70,8	46,0
30-40	0,5	117,3	40,4
40-60	0,2	36,7	30,7
60-80	0,2	12,4	11,8
80-100	0,2	8,1	5,7
		K ⁺ , mg dm ⁻³	
0-10	16	73	57
10-20	10	65	43
20-30	8	55	40
30-40	6	81	36
40-60	4	98	28
60-80	4	88	20
80-100	4	76	20
		Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	
0-10	0,0	10,0	0,0
10-20	0,0	4,0	1,0
20-30	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	0,0	0,0
40-60	0,0	0,0	0,0
60-80	0,0	0,0	0,0
80-100	0,0	0,0	0,0
		Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	
0-10	0,08	4,78	2,35
10-20	0,00	2,28	1,21
20-30	0,00	1,87	1,06

Quadro 5. Continuação...

Prof. (cm)	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
30-40	0,00	1,49	0,63
40-60	0,00	0,66	0,42
60-80	0,00	0,25	0,22
80-100	2,42	0,17	0,13
		Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	
0-10	0,21	1,25	0,53
10-20	0,08	0,84	0,35
20-30	0,09	0,98	0,38
30-40	0,06	1,19	0,32
40-60	0,06	0,69	0,23
60-80	0,06	0,23	0,17
80-100	0,43	0,16	0,16
		Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	
0-10	0,80	0,00	0,00
10-20	0,80	0,00	0,00
20-30	0,80	0,00	0,40
30-40	1,00	0,00	0,80
40-60	0,80	0,20	1,00
60-80	0,80	1,00	1,40
80-100	0,80	0,60	1,00
		H ⁺ + Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	
0-10	5,3	1,3	2,3
10-20	4,0	1,3	2,6
20-30	4,0	1,3	4,3
30-40	4,3	2,3	5,3
40-60	3,6	4,3	4,9
60-80	3,6	3,6	4,3
80-100	2,6	3,3	3,6
		Soma de Bases (SB), cmol _c dm ⁻³	
0-10	0,33	6,26	3,03
10-20	0,11	3,31	1,67
20-30	0,11	2,99	1,54
30-40	0,08	2,89	1,04
40-60	0,07	1,60	0,72
60-80	0,07	0,71	0,44
80-100	2,86	0,52	0,34
		Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC _e), cmol _c dm ⁻³	
0-10	1,13	6,26	3,03
10-20	0,91	3,31	1,67
20-30	0,91	2,99	1,94
30-40	1,08	2,89	1,84
40-60	0,87	1,80	1,72
60-80	0,87	1,71	1,84
80-100	3,66	1,12	1,34
		Capacidade de Troca Catiônica Total (CTC _T), cmol _c dm ⁻³	
0-10	5,63	7,56	5,33
10-20	4,11	4,61	4,27
20-30	4,11	4,29	5,84
30-40	4,38	5,19	6,34
40-60	3,67	5,90	5,62
60-80	3,67	4,31	4,74
80-100	5,46	3,82	3,94

Quadro 5. Continuação...

Prof. (cm)	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
Saturação por Bases (V), %			
0-10	5,9	82,8	56,8
10-20	2,7	71,8	39,1
20-30	2,7	69,7	26,4
30-40	1,8	55,7	16,4
40-60	1,9	27,1	12,8
60-80	1,9	16,5	9,3
80-100	52,4	13,6	8,6
Saturação por Alumínio (m), %			
0-10	70,8	0,0	0,0
10-20	87,9	0,0	0,0
20-30	87,9	0,0	20,6
30-40	92,6	0,0	43,5
40-60	92,0	11,1	58,1
60-80	92,0	58,5	76,1
80-100	21,9	53,6	74,6
Índice de Saturação de Sódio (ISNA), %			
0-10	0,00	0,69	0,00
10-20	0,00	0,53	0,26
20-30	0,00	0,00	0,00
30-40	0,00	0,00	0,00
40-60	0,00	0,00	0,00
60-80	0,00	0,00	0,00
80-100	0,00	0,00	0,00
P remanescente (P rem), mg cm ⁻³			
0-10	36,0	44,2	45,2
10-20	34,9	44,1	42,7
20-30	30,5	42,0	39,8
30-40	29,8	38,3	35,2
40-60	27,4	35,4	32,6
60-80	26,2	33,7	31,6
80-100	28,2	31,0	31,3

Legenda: H + Al (pH 8,2); SB - Soma de Bases Trocáveis; t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 8,2; V - Índice de Saturação de Bases; m - Índice de Saturação de Alumínio; ISNa - Índice de Saturação de Sódio; P-rem - Fósforo Remanescente; E - Entrelinha; L - Linha.

Vários estudos (Reganold, 1988; Reganold, 1992; Clark et al. 1998; Stockdale et al., 2002) têm indicado que a disponibilidade de fosfatos no solo é aumentada pela adição de material orgânico, com participação de diversos processos. As reações envolvidas no aumento da disponibilidade de P em solos de sistemas orgânicos pode incluir: i) liberação do P ligado como fosfatos insolúveis de Ca, Fe e Al para formas solúveis por meio da ação de ácidos orgânicos e outros quelatos produzidos durante a decomposição dos resíduos e excreções radiculares; ii) diminuição da fixação de P por humatos produzidos durante a decomposição/humificação; iii) aumento na taxa de decomposição do húmus nativo, com mineralização do P orgânico pela adição de material orgânico e; iv) formação de complexos fósforo-húmicos (Stevenson, 1986; Baldock & Nelson, 2000; Stockdale et al., 2002).

Com vistas a evitar ou reduzir a movimentação de fósforo no solo recomenda-se dentre as medidas a serem adotadas, a revisão das bases tecnológicas utilizadas para a definição das doses de P a serem aplicadas no solo e a melhor caracterização dos materiais orgânicos e dos seus valores remanescentes no solo para as recomendações. Além destas medidas, é recomendável definir-se também os níveis ambientais críticos de P para conhecimento dos seus níveis máximos acima dos quais é possível a ocorrência de problemas ambientais (Novais & Smith, 1999). Portanto, deve-se dirigir especial atenção ao monitoramento dos teores de P nos sistemas orgânicos dessas áreas.

Como resultado das aplicações sistemáticas de compostos orgânicos tem se verificado com relativa frequência maior aporte de bases trocáveis (Ca, Mg, K e adicionalmente Na), nos solos sob sistema orgânico e, ou, de baixos insumos (Clark et al., 1998; Mader et al., 2002; Stockdale et al., 2002). Esta tendência foi também constatada no presente trabalho, visto que para Ca, Mg e K, foram registrados na entrelinha e linha de cultivo na fruticultura orgânica teores superiores desses nutrientes em relação ao ambiente de mata. Contudo, os maiores teores foram observados principalmente nas camadas de 0-40 cm na entrelinha de cultivo, local onde se procede a adubação da cultura, com tendência de redução nas camadas mais profundas.

A prevalência de maiores de Ca e Mg no sistema de manejo orgânico, em especial nas camadas superficiais, decorrem dos efeitos proporcionados pela ciclagem da MOS do material adicionado que proporciona a liberação dos nutrientes e o aumento da CTC do solo (Hussain et al., 1999).

Vários trabalhos têm reportado incrementos (Reganold, 1992; Stockdale et al., 2002) nos teores de K com o aporte contínuo de material orgânico no solo, como ocorre no sistema orgânico. Clark et al. (1998), constataram que, após quatro anos de cultivo, os solos do sistema orgânico exibiam maiores teores em relação ao sistema convencional. Porém, cessada a aplicação de material orgânico, especialmente de esterco, registrou-se considerável declínio nos teores desse elemento.

Um aspecto importante é a necessidade de monitoramento dos teores de K devido a possibilidade de movimentação (lixiviação) no perfil do solo, especialmente nesses solos que apresentam textura arenosa (Quadro 1) e baixa capacidade de retenção de cátions. Para Kleper & Anghinoni (1995), o maior acúmulo de K na superfície de solos sob sistemas que privilegiam o aporte de material orgânico está condicionado a fatores relacionados com o tipo de solo (textura, mineralogia da argila), do regime de umidade e da quantidade de matéria orgânica adicionada na adubação. Assim, o

aumento da CTC e da agregação do solo devido ao aporte orgânico pode favorecer a retenção de K (Stockdale et al., 2002; Baldock & Nelson, 2000).

A predominância de maiores teores de bases trocáveis no sistema orgânico e a ausência de Al na linha e entrelinha de cultivo se refletiu em maiores valores de SB, CTC e V na área de fruticultura orgânica em relação mata. Nesta área, predominaram maiores valores nas entrelinhas. Resultados semelhantes foram observados por Pocknee & Summer (1997), Clark et al. (1998) e Mader et al. (2002) ao confrontarem a fertilidade em termos de bases trocáveis de áreas manejadas orgânica e convencionalmente.

Solos submetidos a sistemas que se fundamentam em aporte periódico de material orgânico tendem a exibir menor atividade química de Al quando comparada com os sistemas convencionais, em razão da maior quantidade de ligantes orgânicos na solução do solo e da maior força iônica da solução (Oliveira et al., 2002).

De acordo com Sheperd et al. (2002) não é surpreendente constatar que os sistemas orgânicos, em geral, tenham teores de matéria orgânica mais elevados e, por conseguinte maiores teores de bases trocáveis e CTC que os sistemas convencionais. Baldock & Nelson (2000), entretanto, mencionam que apesar da habilidade da matéria orgânica em contribuir para a CTC dos solos, pode haver o comprometimento desta capacidade em função da interação com sítios carregados positivamente sobre colóides orgânicos e pela complexação com Fe e Al. Estimativas de valores de CTC entre 60 e 300 cmol/kg em solos cultivados, denotam a importância da adoção de sistemas de cultivo que visem a manutenção ou o acréscimo dos teores de matéria orgânica no solo.

Nos solos sob mata foram observados os maiores valores de acidez potencial em todas as profundidades. Os valores de $H^+ + Al^{3+}$ no sulco de plantio foram superiores aos observados nas entrelinhas na área de fruticultura. Esses resultados se refletiram em parte nos valores de CTC total, uma vez que mesmo apresentando baixos teores de cátions trocáveis.

A complexação orgânica dos micronutrientes metálicos e possivelmente também de complexos de boro com carboidratos do solo se constitui, conforme Baldock & Nelson (2000), num importante componente da reserva lábil desses elementos no solo. Contudo, em magnitude mais pronunciada em relação às outras características, existe carência de informações concernentes ao comportamento dos micronutrientes em sistemas manejados organicamente.

Os resultados revelaram que as adições periódicas de material orgânico nos sistemas de cultivo orgânico não resultaram a princípio, em maiores teores de Fe (Quadro 6). Observou-se predomínio de maiores teores de Fe na mata para todas as camadas. A adição de material orgânico na área de fruticultura orgânica não tem produzido efeitos à disponibilidade de Fe embora tem sido verificado na literatura que a aplicação de esterco pode corrigir eventuais deficiências, em razão da atuação de agentes quelantes capazes de auxiliar na manutenção da solubilidade do nutriente (Baldock & Nelson, 2000).

Os teores de Mn na fruticultura orgânica superou aos encontrados na área de mata, embora com tendência de redução nas camadas mais profundas. Para Baldock & Nelson (2000) o efeito promovido pela matéria orgânica na disponibilidade de Mn está associado as diferentes transformações do elemento no solo mediante a formação de complexos que reduzem a atividade em solução e ao decréscimo no potencial de oxirredução e estímulo da atividade microbiana.

Quantidades consideráveis de B disponível no solo encontram-se ligadas a fração orgânica, o que significa que, em geral, solos com teores mais elevados de matéria orgânica também são freqüentemente mais bem supridos em B (Baldock & Nelson, 2000; Stockdale et al., 2002). Essa tendência foi verificada para o presente trabalho em todas as camadas da entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica, onde os teores observados suplantaram a mata. Reganold (1992) também reportou maiores teores de B em solos manejados organicamente com cama de frango, biofertilizantes e adubação verde em relação ao sistema convencional.

Embora a forma da combinação B-matéria orgânica seja ainda desconhecida considera-se a hipótese que os mesmos originam-se das reações de B com compostos aromáticos que ao serem transformados para ácidos orgânicos contendo B, podem, juntamente com outras estruturas geradas durante a decomposição microbiana dos polissacarídeos, formarem complexos orgânicos mais simples (Stevenson, 1986; Baldock & Nelson, 2000).

Os teores mais elevados de Cu foram registrados sob condições naturais, ou seja, no solo de mata. Os teores observados no sistema orgânico se mostraram de modo geral sempre inferiores aos constatados para a mata. Esses resultados podem em parte ser explicados pelas proposições de Clark et al. (1998) de que quantidades elevadas de materiais orgânicos podem proporcionar, em algumas ocasiões, deficiências de Cu, provocadas por reações químicas do elemento com compostos orgânicos e outras

substâncias originárias durante a decomposição. O Cu tem grande afinidade pela matéria orgânica, o que pode reduzir a sua disponibilidade para as plantas.

Quadro 6. - Micronutrientes nas camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
Zn, mg dm ⁻³			
0-10	23,33	5,07	5,22
10-20	17,21	4,03	3,21
20-30	18,25	1,93	2,46
30-40	10,63	2,41	4,09
40-60	10,4	17,45	1,59
60-80	8,87	3,8	0,84
80-100	12,67	0,67	10,37
Fe, mg dm ⁻³			
0-10	60,3	10,9	5,3
10-20	38,7	12,4	7,5
20-30	41,2	6,8	10,6
30-40	41,0	6,2	7,3
40-60	47,6	5,3	4,7
60-80	33,4	3,5	4
80-100	17,2	2,2	3,8
Mn, mg dm ⁻³			
0-10	1,0	15,9	8,5
10-20	0,1	5,0	3,5
20-30	0,0	0,9	1,2
30-40	0,0	0,5	0,4
40-60	0,2	0,2	0,2
60-80	0	0,1	0
80-100	8,7	0	0
Cu, mg dm ⁻³			
0-10	3,53	0,94	1,32
10-20	1,90	1,40	0,99
20-30	2,40	0,46	0,33
30-40	1,24	0,39	0,16
40-60	0,94	1,81	0,14
60-80	1,32	0,13	0,02
80-100	1,94	0,02	0,31
B, mg dm ⁻³			
0-10	0,58	1,36	0,90
10-20	0,37	1,27	0,38
20-30	0,30	1,53	0,30
30-40	0,33	0,27	0,45
40-60	0,39	0,39	0,53
60-80	0,23	0,28	0,6
80-100	0,12	0,23	0,66

Legenda: (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Para o micronutriente Zn foi constatado valores superiores no ambiente mata em relação a linha e entrelinha da fruticultura orgânica. A capacidade elevada de solos manejados organicamente de fixarem Zn tem despertado a atenção para o potencial das frações da matéria orgânica sobre a complexação desse elemento. O Zn pode formar

complexos estáveis com os componentes orgânicos do solo, principalmente com as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, aumentando assim a sua adsorção (Baldoock & Nelson, 2000). Todavia, essa ação pode ser variável dependendo das características e da quantidade do material orgânico adicionado (Watson et al., 2002).

Não foram registradas diferenças ($P>0,05$) quanto aos teores de nitrato ao se comparar os dados da amostragem realizada na linha e na entrelinha de cultivo da área de fruticultura orgânica (Quadro 7). Em razão desta área apresentar um manejo orgânico com cultura permanente, baixo nível de interferência no solo e baixo aporte de matéria orgânica, deve ter contribuído para as pequenas elevações nos teores de nitrato no solo. Na camada superficial (0-10 cm), os teores foram mais elevados na linha e entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica superaram ao encontrado em ambiente de mata. Os teores de amônio na linha e entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica não apresentaram diferenças em relação ao local de amostragem.

Quadro 7. Valores médios de nitrato e amônio em função dos diferentes sistemas de manejo e camadas de solo, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Nitrato (kg.kg ⁻¹)	Amônio (kg.kg ⁻¹)
0-10 cm		
Mata	6,74 bA	55,01 aA
Frut Org. (E)	20,90 aA	41,47 bA
Frut Org. (L)	18,37 aA	36,56 bA
10-20 cm		
Mata	7,25 aA	44,92 aAB
Frut Org. (E)	10,63 aB	40,16 abA
Frut Org. (L)	10,44 aB	35,12 bA
20-30 cm		
Mata	6,48 aA	37,64 aB
Frut Org. (E)	6,94 aBC	44,92 aA
Frut Org. (L)	6,17 aBC	38,20 aA
30-40 cm		
Mata	3,39 aA	43,47 aB
Frut Org. (E)	4,42 aC	39,41 aA
Frut Org. (L)	3,13 aC	37,31 aA
Dms manejo	4,83	9,73
Dms camada	5,32	10,72

Médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na coluna, dentro de uma mesma profundidade, e maiúscula na coluna, entre profundidades, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

A possibilidade de absorção de quantidades elevadas de nitrato pelas culturas é uma das preocupações mais frequentes relacionadas com o cultivo orgânico, pois ao ser ingerido o nitrato pode ser reduzido a nitrito no aparelho digestivo, provocando

oxidação do ferro da hemoglobina na corrente sanguínea produzindo metahemoglobina. A metahemoglobina é tornada estável e ineficaz, incapaz de transportar oxigênio (O₂) para a respiração celular, o que resulta na doença conhecida como metahemoglobinemia, ou doença do "sangue azul" (Wright & Davison, 1964). A combinação do nitrito com amina origina as "nitrosaminas" que se caracterizam por serem cancerígenas e mutagênicas (Maynard et al., 1976).

Outra preocupação relacionada com os sistemas orgânicos é a possibilidade de movimentação de nitrato no solo e o potencial de provocar impactos ambientais (Stopes et al., 2002; Agostini, 2003). Contudo, para Stockdale et al. (2002), a lixiviação de nitrato em sistemas orgânicos é, em termos absolutos, inferior a constatada em sistemas convencionais. Além disso, consideraram a fase de transição entre os sistemas como a fase mais crítica para as perdas por lixiviação de nitrato e que as perdas tendem a ser mais elevadas após aplicações de esterco com teores elevados de N, como os esterco suínos e de aves. Para Stopes et al. (2002), são as decisões técnicas sobre o tempo de cultivo e a aplicação de fertilizantes ou esterco que afetarão as perdas de nitrato por lixiviação e não a adoção de um sistema de manejo específico.

Apesar das condições favoráveis a movimentação de nitrato nos solos de Guaraciaba do Norte, não foram evidenciados indícios de sua movimentação ao longo do perfil, em geral seus teores, nas áreas submetidas aos sistemas orgânicos, tenderam a diminuir com a profundidade.

Teores totais de carbono orgânico

No Quadro 8 é mostrado os teores de carbono orgânico total das áreas em estudo. Na camada de 0-10 cm de profundidade é constatado que na entrelinha da área de cultivo orgânico diferença significativa ($P < 0,05$) nos valores de COT, superior aos encontrados na situação de linha de cultivo e mata. A explicação para a superioridade da entrelinha para esta variável é devido ao manejo da adubação com composto na área de citrus ser realizada neste local. Nas demais camadas não foi observada diferenças entre os manejos e profundidades ($P > 0,05$), caracterizando a movimentação de carbono orgânico no perfil para a área de fruticultura orgânica.

O acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo é a causa da elevação dos teores de COT nas camadas superficiais, podendo haver contribuição através da decomposição das raízes, mais abundantes nestas camadas (Leite et al., 2003).

Adicionalmente, a ausência de revolvimento do solo acarreta deposição e acúmulo dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo (Ciotta et al., 2004).

O efeito da matéria orgânica na superfície do solo foi constatado por Oliveira et al (2004) que estudaram solos manejados em semeadura direta, cultivo convencional e Cerrado nativo. Verificaram teores superiores de carbono orgânico nos sistemas de semeadura direta e Cerrados em relação ao sistema de preparo convencional, nos primeiros 10 cm da superfície.

Quadro 8. Teores de carbono orgânico total (COT) em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo		
	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
	COT (g kg ⁻¹ de solo)		
0-10	0,91 bA	1,52 aA	0,78 bA
10-20	0,57 aA	0,91 aB	0,51 aA
20-30	0,61 aA	0,58 aB	0,59 aA
30-40	0,62 aA	0,70 aB	0,62 aA

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para uma mesma variável dentro de cada camada não diferem entre si por Tukey até o nível de 5 % de probabilidade

Compartimentos da matéria orgânica do solo

Características microbiológicas do solo

A atividade dos microorganismos que agem na mineralização da MOS pode ser quantificada pelo C-CO₂ respirado. Na camada de 0-10 cm (Quadro 9) ocorre intensa atividade microbiana na área de fruticultura orgânica. Esse comportamento está relacionado com a entrada de matéria orgânica, geralmente incorporados na camada superficial do solo através do processo de adubação com composto. Isso pode ser explicado pela presença de maiores quantidades de substâncias orgânicas lábeis, como carboidratos e outras frações solúveis, e baixa relação C/N do material orgânico nas áreas manejadas organicamente, o que pode acarretar o incremento da atividade microbiana e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, conforme constatado por Liebig & Doran (1999).

Na área de fruticultura orgânica (Quadro 9), para as situações de estudo de linha (L) e entrelinha (E), a liberação de C-CO₂ microbiano apresentou valores mais baixos do que a mata para as camadas compreendidas na profundidade de 10-40 cm. O manejo desta área apresenta aporte anual de adubo orgânico em quantidades inferiores aos praticados pelo ambiente de mata.

Quadro 9. Respiração basal microbiana, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico e quociente microbiano em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	Respiração basal microbiana (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)	Respiração basal microbiana (mg de CO ₂ kg de solo)*	Carbono da biomassa microbiana (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)	Quociente metabólico (mg CO ₂ mg Cmic ⁻¹ dia ⁻¹)	Quociente microbiano (%)
0-10 cm					
Mata	16,60 aA	497,92	49,92 aA	0,57 aA	0,56 aA
Frut. Org.(E)	14,62 aA	438,50	61,97 aA	0,16 aA	0,40 aA
Frut. Org.(L)	20,50 aA	614,88	45,58 aA	0,56 aA	0,62 aA
10-20 cm					
Mata	11,98 aA	359,56	89,42 aA	0,25 aA	1,63 aA
Frut. Org.(E)	5,66 aAB	169,84	14,11 bA	0,11 aA	0,14 bA
Frut. Org.(L)	7,44 aB	223,23	55,87 abA	0,17 aAB	1,32 aA
20-30 cm					
Mata	13,98 aA	419,67	33,47 aA	0,36 aA	0,56 aA
Frut. Org.(E)	5,58 aAB	167,51	28,32 aA	0,14 aA	0,83 aA
Frut. Org.(L)	6,07 aB	182,23	11,39 aA	0,11 aAB	0,32 aA
30-40 cm					
Mata	9,77 aA	293,27	41,56 aA	0,18 aA	0,64 aA
Frut. Org.(E)	4,00 aB	120,13	22,59 aA	0,07 aA	0,25 aA
Frut. Org.(L)	7,20 aB	215,96	28,25 aA	0,10 aB	0,56 aA
Dms manejo	8,56	-	64,40	0,42	1,13
Dms camada	9,44	-	70,99	0,46	1,25

Médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na coluna, dentro de uma mesma profundidade, e maiúscula na coluna, entre profundidades, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. (E) – Entrelinha e (L) – Linha. *Evolução de CO₂ acumulado de 6 avaliações (30 dias)

O C da biomassa microbiana na camada de 0-10 cm de solo no cultivo orgânico da fruticultura (entrelinha) foi superior a mata, diferentemente da linha de cultivo que apresentou valor inferior desta variável. Na área de mata a camada de solo de 10-20 cm apresentou o maior valor de biomassa microbiana em relação a fruticultura orgânica. Esse resultado está relacionado ao acúmulo contínuo de MO sobre o solo nessa área e ao equilíbrio natural do sistema.

Almeida (1991) registrou efeitos diferenciados sobre a biomassa microbiana em função do tipo de resíduo orgânico incorporado (esterco bovino, vermicomposto e esterco de galinha), que proporcionaram aumentos do C microbiano do solo, sendo os maiores valores encontrados para o esterco de galinha. O tipo de material vegetal incorporado ao solo influencia na quantidade de C da biomassa microbiana do solo, o que pode ser constatado nos resultados obtidos nos diferentes sistemas de manejo estudados.

Altas taxas de respiração basal microbiana podem representar distúrbio ecológico ou produtividade elevada do ecossistema (Islam & Weil, 1998). Já a biomassa

microbiana, embora represente um indicador muito sensível quando da alteração na MOS, individualmente não caracteriza a forma de utilização do C pelos microorganismos (Tótola & Chaer, 2002). Diante disso, a análise dos sistemas de cultivos é melhor caracterizada e avaliada quando centrada nas relações quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMIC).

Valores baixos no quociente metabólico mostram que o carbono originário da degradação da matéria orgânica fica no solo, e valores altos, caracterizam que o solo esta perdendo muito carbono no processo de degradação microbiológica (respiração). A entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica geralmente apresentou tendência de redução do quociente metabólico em comparação com a linha de cultivo e a mata. Estes resultados indicam que os microorganismos da área sob manejo orgânico esta sob menor estresse ambiental fazendo com que gastem menos energia (menor respiração) para metabolizar o material orgânico.

Na avaliação do quociente microbiano das áreas de fruticultura orgânica e mata, não foi observada diferença (P>0,05) entre os ambientes, diferentemente da camada de 10-20 cm de profundidade, onde a entrelinha do cultivo orgânico apresentou valor inferior deste quociente em relação a área de referência. Esta relação indica o quanto de carbono da biomassa representa no compartimento total da MOS, o que poderá refletir numa maior ciclagem de nutrientes no ecossistema. Quando este quociente é elevado indica que o C da biomassa esta sendo convertido rapidamente para CO₂ (redução da eficiência microbiana), o que poderá acarretar com o tempo a redução da capacidade de retenção de água e degradação da estrutura do solo.

O estoque de C da biomassa microbiana (Quadro 10) apresenta valores semelhantes para as áreas de fruticultura orgânica e mata, o que caracteriza que a qualidade do solo é preservada, mesmo em condições de solo de textura arenosa.

Quadro 10. Estoque de C da biomassa microbiana em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo das áreas de fruticultura e mata, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Sistema de Cultivo		
	Mata	Fruticultura Orgânica (E)	Fruticultura Orgânica (L)
	C-Biomassa microbiana (Mg ha ⁻¹)		
0-10	0,644	0,781	0,716
10-20	1,261	0,227	0,877
20-30	0,509	0,439	0,180
30-40	0,611	0,328	0,435

Legenda: (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Substâncias húmicas

Na área de fruticultura orgânica (Quadro 11), constata-se quantidades inferiores das frações FAF, FAH e HUM na situação de linha em relação a mata para a camada de 0-10 cm de profundidade ($P < 0,05$), diferentemente dos valores verificados para a entrelinha da fruticultura orgânica que superou o ambiente de mata. Nas outras camadas (10-100 cm), não há diferenças entre as frações das substâncias húmicas para os manejos e áreas. A participação do CO das frações das substâncias húmicas em relação ao COT foi diferenciado, havendo predominância da fração humina, seguida das frações FAF e FAH (valores diferenciados).

Na área de fruticultura orgânica é constatada a tendência de redução da relação FAH/FAF (R1) para a linha (L) e entrelinha (E) do manejo orgânico, o que caracteriza a movimentação da FAF para camadas inferiores de solo (Quadro 11). Dabin (1981), Ortega (1982), Canellas et al. (2000) e Canellas et al. (2003) afirmam que em solos tropicais a relação FAH/FAF é menor que 1 devido a intensa mineralização dos resíduos, as restrições edáficas à atividade biológica e ao baixo conteúdo de bases trocáveis que diminui a intensidade dos processos de humificação (condensação e síntese). A redução da relação FAH/FAF em profundidade é atribuída a maior mobilidade da FAF e a concentração da FAH na superfície (Nascimento et al., 1991; Borges & Kiehl, 1996).

Na relação R2 (Quadro 11) não foi observada diferença entre a fruticultura orgânica (entrelinha e linha) e a mata. A variável HUM/FAF+FAH é caracterizada por mostrar o sentido das transformações das frações das substâncias húmicas (Pizauro Jr & Melo, 1995). Valores elevados desta relação significam que está ocorrendo a polimerização da matéria orgânica no sentido da humina ou que o sistema de manejo pode estar proporcionando consumo, pelos microorganismos do solo, dos compostos orgânicos mais lábeis.

Xavier et al (2004) estudou os compartimentos da matéria orgânica em sistemas de cultivo convencional e orgânico na região da chapada da Ibiapaba-CE e constatou que em áreas manejadas organicamente a relação HUM/FAF+FAH na camada de 0-5 cm foi maior, indicando que o processo de polimerização da matéria orgânica foi mais intenso.

Quadro 11. Estoques de carbono nas frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (HUM) e suas relações, em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo, no município de Guaraciaba do Norte-CE.

Manejo	FAF (g kg ⁻¹)	FAH (g kg ⁻¹)	HUM (g kg ⁻¹)	FAF (% COT)	FAH (% COT)	HUM (% COT)	R1	R2
0-10 cm								
Mata	0,23 aA	0,16 bA	0,42 bA	24,41	17,34	45,50	0,70 aA	1,12 aAB
Frut. Org.(E)	0,28 aA	0,38 aA	0,64 aA	27,38	31,05	52,32	1,32 aA	0,98 aAB
Frut. Org.(L)	0,13 bA	0,15 bB	0,24 cA	25,20	30,36	48,21	1,29 aAB	0,94 aA
10-20 cm								
Mata	0,19 aAB	0,09 bA	0,27 aAB	34,64	16,70	47,96	0,45 aA	1,01 aB
Frut. Org.(E)	0,19 aAB	0,22 aBC	0,33 aBC	25,03	27,42	41,13	1,13 aA	0,78 aB
Frut. Org.(L)	0,14 aA	0,18 abB	0,27 aA	22,28	29,33	43,91	1,38 aAB	0,87 aA
20-30 cm								
Mata	0,19aABC	0,09 aA	0,30 aAB	30,13	13,88	47,00	0,45 aA	1,09 aAB
Frut. Org.(E)	0,23 aA	0,17 aBCD	0,19 abC	37,75	28,31	31,79	0,80 aA	0,53 aB
Frut. Org.(L)	0,12 bA	0,12 aB	0,16 bA	29,02	30,22	39,57	1,04 aB	0,71 aA
30-40 cm								
Mata	0,18 aABC	0,14 bA	0,29 aAB	27,99	22,24	44,79	0,89 bA	0,91 aB
Frut. Org.(E)	0,25 aA	0,19 bBCD	0,29 aBC	30,73	23,79	36,06	0,80 bA	0,70 aB
Frut. Org.(L)	0,16 aA	0,34 aA	0,28 aA	18,92	38,65	32,68	2,12 aAB	0,56 aA
40-60 cm								
Mata	0,08 aC	0,09 aA	0,24 aB	18,05	19,11	52,23	0,95 aA	2,23 aA
Frut. Org.(E)	0,11 aB	0,14 aCD	0,32 aBC	17,48	22,52	51,02	1,29 aA	1,30 aAB
Frut. Org.(L)	0,11 aA	0,11aB	0,28 aA	20,50	21,65	54,21	1,05 aB	1,31 aA
60-80 cm								
Mata	0,11 abBC	0,06 bA	0,31 abAB	20,00	11,01	57,06	0,55 bA	1,92 aAB
Frut. Org.(E)	0,19 aAB	0,26 aAB	0,42 aB	20,68	29,04	45,87	1,56 aA	0,96 bAB
Frut. Org.(L)	0,08 bA	0,11 bB	0,22 bA	15,05	20,38	41,52	1,46 abAB	1,20 abA
80-100 cm								
Mata	0,11 aBC	0,06 aA	0,21 bB	25,45	13,84	46,21	0,57 bA	1,13 aAB
Frut. Org.(E)	0,10 aB	0,07 aD	0,34 aBC	17,30	13,69	61,80	0,78 bA	2,06 aA
Frut. Org.(L)	0,08 aA	0,12 aB	0,22 abA	14,72	22,08	42,45	2,34 aA	1,15 aA
Dms manejo	0,08	0,09	0,13				0,93	0,95
Dms camada	0,10	0,12	0,16				0,18	0,20

Legenda: R1 - Relação FAH/FAF; R2 - HUM/FAF+FAH.

Médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na coluna, dentro de uma mesma profundidade, e maiúscula na coluna, entre profundidades, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

No Quadro 12 é mostrado os estoques de C em relação ao volume de solo representativo de cada camada (compreendidas na profundidade de 0-40 cm) em função da área padrão (hectare). Constata-se que a fração humina é a mais representativa das substâncias húmicas dentro dos manejos avaliados (fruticultura orgânica e mata),

apresentando valores compreendidos entre 2,61 a 5,48 Mg.ha⁻¹. As frações FAF e FAH mostraram valores entre 1,33 a 5,19 Mg.ha⁻¹.

Quadro 12. Estoques de carbono nas frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (HUM) por unidade de área (ha) em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	FAF Mg ha ⁻¹	FAH Mg ha ⁻¹	HUM Mg ha ⁻¹
		0-10 cm	
Mata	2,94	2,09	5,48
Frut. Org.(E)	1,41	1,60	2,70
Frut. Org.(L)	1,99	2,40	3,82
		10-20 cm	
Mata	2,75	1,33	3,81
Frut. Org.(E)	3,20	3,51	5,26
Frut. Org.(L)	2,18	2,87	4,30
		20-30 cm	
Mata	2,90	1,34	4,53
Frut. Org.(E)	3,53	2,65	2,98
Frut. Org.(L)	1,91	1,99	2,61
		30-40 cm	
Mata	2,65	2,10	4,23
Frut. Org.(E)	3,60	2,78	4,22
Frut. Org.(L)	2,54	5,19	4,39

Legenda: (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Matéria orgânica leve

Valores elevados de MOL no sistema de cultivo indicam que está havendo grande aporte orgânico ou que há limitação de atividade biológica do solo. A predominância de MOL na superfície do solo já foi constatada por Mendonça et al. (2001) em sistema agroflorestal, sendo encontrado valores inferiores nos sistemas convencionais comparados. Esse compartimento é um dos mais importantes da MOL, em virtude da sua sensibilidade aos efeitos dos sistemas de manejo do solo, além de ser um importante reservatório de nutrientes (Duxbury et al., 1989; Cristensen, 2000; Mendonça & Oliveira, 2000).

Para a camada de 10-20 cm de profundidade, ocorre a redução da quantidade de MOL presente nos sistemas de cultivo fruticultura orgânica (entrelinha) e mata, enquanto que na situação de linha (fruticultura orgânica) foi observado um aumento nos valores desta variável (Quadro 13). A quantidade de MOL na entrelinha nas camadas de 0-10 e 10-20 cm é superior ao ambiente de mata. A importância deste compartimento de C esta relacionado a ciclagem rápida de nutrientes, pois é dele que os microorganismos do solo tem a maior atuação gerando resíduos orgânicos parcialmente humificados e em

diferentes estágios de decomposição, assim como na formação dos macroagregados (Gregorich & Ellert, 1993; Haynes, 1999).

A fruticultura orgânica (linha e entrelinha) expressou o conteúdo de MOL de forma uniforme para as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, seguindo o mesmo padrão de distribuição observado para a variável COT no solo.

Quadro 13. Matéria orgânica leve (MOL) em camadas de solos de 0-10 e 10-20 cm em diferentes sistemas de manejo, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	MOL	
	-----g kg ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----
	0-10 cm	
Mata	9,82	12,67
Frut. Org. (E)	14,12	17,79
Frut. Org. (L)	7,28	11,43
	10-20 cm	
Mata	6,25	8,81
Frut. Org. (E)	11,74	18,90
Frut. Org. (L)	11,58	18,18

Legenda: (E) – Entrelinha e (L) – Linha.

Frações de carbono orgânico oxidadas com gradiente de oxidação crescente

Valores elevados da fração facilmente oxidável representam presença de compostos facilmente mineralizáveis, desempenhando papel relevante na fertilidade do solo, pois age como fonte de nutrientes devido a sua rápida ciclagem e composição química (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001). A presença de valores elevados da fração facilmente oxidável nas áreas manejadas organicamente vem de acordo com os resultados observados de alta atividade microbiana e grandes quantidades de MOL. Chan et al. (2001) constatou resultados semelhantes da predominância das frações de C facilmente oxidável em solos sob diferentes sistemas de manejo. Estes autores observaram que as frações F1 e F2 representavam de 78 a 92% do C, sendo sugerido o monitoramento destas frações como indicadores de sustentabilidade em sistemas agrícolas.

Analisando os índices que caracterizam o sistema de manejo na área de fruticultura orgânica (Quadro 14), constata-se a superioridade do cultivo orgânico na situação de entrelinha em relação a linha de cultivo. Os valores de ICC, L, IL e IMC na

área manejada organicamente (entrelinha) mostrou-se acima do encontrado na linha de cultivo da fruticultura orgânica, demonstrando a sustentabilidade do mesmo.

O índice de manejo de carbono (IMC) foi proposto por Blair et al. (1995) para caracterizar os impactos das práticas de manejo sobre os teores de matéria orgânica do solo. Valores de $IMC > 100$ indicam que o sistema esta apresentando melhoria da sustentabilidade, enquanto que valores inferiores a 100 é indicativo de impacto negativo das práticas culturais sobre os teores de MOS e, por extensão, sobre a preservação do ecossistema solo, ou seja, caracteriza a degradação do solo (Blair et al., 1995).

Quadro 14. Frações de carbono orgânico extraídas em um gradiente de oxidação decrescente com diferentes doses de ácido sulfúrico (H_2SO_4), carbono orgânico total (COT), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de proporção entre carbono lábil e não lábil (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Manejo	F1	F2	F3	F4	COT	Índices			
						ICC	L	IL	IMC
-----g kg ⁻¹ -----									
0-10 cm									
Mata	0,40 aA	0,03 bA	0,14 aA	0,51 aA	0,91 bA		0,65		
Frut Org. (E) ¹	0,39 aAB	0,51 aA	0,28 aAB	0,48 aA	1,52 aA	0,44	1,18	1,80	79,01
Frut Org. (L) ²	0,32 aA	0,09 bA	0,15 aA	0,36 aA	0,78 bA	0,54	0,79	1,20	64,93
10-20 cm									
Mata	0,30 bA	0,03 bA	0,19 aA	0,26 abA	0,57 aA		0,72		
Frut Org. (E) ¹	0,53 aA	0,20 aB	0,28 aAB	0,56 aA	0,91 aB	1,41	0,87	1,20	169,74
Frut Org. (L) ²	0,27 bA	0,06 abA	0,19 aA	0,21 bA	0,51 aA	1,11	0,83	1,15	127,52
20-30 cm									
Mata	0,26 aA	0,04 bA	0,15 bA	0,22 aA	0,61 aA		0,84		
Frut Org. (E) ¹	0,31 aAB	0,22 aB	0,36 aA	0,36 aA	0,58 aB	0,95	0,72	0,87	82,65
Frut Org. (L) ²	0,24 aA	0,08 abA	0,17 bA	0,34 aA	0,59 aA	0,66	0,64	0,76	50,03
30-40 cm									
Mata	0,28 aA	0,01 aA	0,19 aA	0,23 aA	0,62 aA		0,69		
Frut Org. (E) ¹	0,29 aB	0,07 aB	0,12 aB	0,32 aA	0,70 aB	1,26	0,80	1,16	145,25
Frut Org. (L) ²	0,28 aA	0,05 aA	0,20 aA	0,17 aA	0,62 aA	1,36	0,89	1,28	173,86
Dms manejo	0,21	0,16	0,18	0,33	0,42				
Dms camada	0,23	0,17	0,20	0,36	0,47				

Médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na coluna, dentro de uma mesma profundidade, e maiúscula na coluna, entre profundidades, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey até o nível de 5 % de probabilidade. ¹E – Entrelinha e ²L – Linha.

Os altos valores de IMC observados no sistema orgânico esta relacionado com o aumento do C lábil, indicando alta ciclagem de C e nutrientes. A presença de quantidades elevadas de MOL e valores elevados de IMC contribuem na elevação da atividade microbiana devido ao maior compartimento de carbono.

CONCLUSÕES

A adoção do sistema orgânico de produção na fruticultura têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo. Fisicamente foram observadas alterações relacionadas com a redução da densidade do solo e aumento da porosidade total na entrelinha da fruticultura orgânica, semelhante ao ambiente mata. As principais modificações ocorridas nas características de fertilidade referem-se a elevação nos valores de pH, CTC e dos teores de P, K, Ca e Mg, com maior destaque para entrelinha de cultivo na área de fruticultura orgânica. O aumento nos teores dos micronutrientes têm sido observados para os micronutrientes Mn e B na entrelinha de cultivo. Foram observadas, porém, elevações nos teores de nitrato na área de fruticultura orgânica (camada de 0-10 cm), em ambas as situações de amostragem (linha e entrelinha), porém sem indicativos de sua movimentação no perfil.

Os teores elevados de carbono orgânico total influenciaram na atividade microbiana, C da biomassa microbiana e substâncias húmicas da fruticultura orgânica (entrelinha), superando a área de mata para a camada de 0-10 cm de profundidade. A redução da relação FAH/FAF para linha e entrelinha do manejo orgânico caracteriza movimentação da FAF para camadas inferiores do solo.

A quantidade de matéria orgânica leve na entrelinha de cultivo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm é superior ao ambiente de mata, representando um importante componente na ciclagem rápida de nutrientes e influenciando no índice de manejo de carbono (IMC) da área.

Entretanto, cuidados devem ser tomados no sentido de monitorar a entrada e manejo da matéria orgânica no sistema, visando evitar problemas futuros de contaminação do lençol freático, elevação dos níveis de nitrato no solo e problemas nas características físicas do solo (excesso de umidade). O manejo orgânico da área de fruticultura orgânica requer estudos e acompanhamento a longo prazo, devido o C apresentar movimentação no perfil do solo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa no Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD); ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização deste trabalho; ao IBAMA, órgão do qual

sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado; à ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica; ao laboratorista Braz, pelo apoio na execução das análises; aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar, e, enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, M.A.V. Nitrificação heterotrófica sob influência do uso e da acidez do solo. Viçosa, UFV, 2004. 43p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- ALMEIDA, D.L. Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 192 p.
- ANDERSON, J.P.E. Soil Respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. eds. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1982. P.831-845.
- BALDOCK, L.A. & NELSON, F.N. Soil organic matter. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of Soil Science, Boca Raton, CRC Press, 2000. p. 25-84.
- BLAIR, G.J; LEFROY, R.D.B. & LISEL, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Aust. J. Agr. Res., 46(7): 1459-1466, 1995.
- BORGES, A. L. & KIEHL, J. C. Alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. R. Bras. Ci. Solo., 20: 313-318, 1996.
- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 27: 935-944, 2003.
- CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B. & SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. Pesq. agropec. bras., Jan., 35: 133-143. 2000

- CHAN, K.Y., BOWMAN, A., OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science.*, 166: 61-67, 2001.
- CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil – structure, function and turnover. DIAS Report nº30. Plant Production, Tjele, 2000. p.1-95.
- CLARK, M.S.; HORWATH, W.R; SHENNAN, C. & SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron. J.*, 90:662-671, 1998.
- DABIN, B. Lès matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM.*, 17:197-215, 1981.
- DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (eds.) *Dinamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: Niftal, Project, p.33-67, 1989.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O. & VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:991-996, 1999.
- FUNCEME. Dados pluviométricos. 2003. (Boletim digital)
- GREGORICH, E.G. & ELLERT, B.H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M.R. (editor) *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science, Boca Raton, p. 397-407, 1993.
- HAYNES, R.J. Labile organic matter fractions and aggregate stability under short-term, grass-based leys. *Soil Biology and Biochemistry*, 31:1921-1830, 1999.
- HUSSAIN, I.; OLSON, K.R.; EBELHAR, S.A. Long term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1335-1341, 1999.
- IBGE. Banco de dados do censo 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 mar. de 2005.
- IPLANCE. Perfil básico municipal – Guaraciaba do Norte. Fortaleza, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 1998. 44p.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biol. Fertil. Soils.*, 27: 408-416, 1998.

- KEMPERS, A.J. & ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate methods. *Commun. in Soil Sci. Plant. Anal.* 17: 715 – 723. 1986.
- KLEPER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:395-401, 1995.
- LEITE, L.F.C. Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo Modelo Century. Viçosa, UFV, 2002. 146p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- LIEBIG, M.A. & DORAN, J.W. Impact of organic production practices on soil quality indicators. *J. Environ. Qual.*, 28:1601-1609, 1999.
- MADER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296:1694-1697, 2002
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, New York, 28:71-118, 1976.
- MENDONÇA, E. S. & OLIVEIRA, F. H. T. . Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. Anais de encontro. In: José Luiz Buss. (Org.). 1o. Simpósio sobre fertilidade e nutrição de plantas no sistema plantio direto.. 1 ed. Ponta Grossa, 2000, v. 1, p. 70-81.
- NASCIMENTO, E.J.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L.M. & REGAZZI, A.J. Dinâmica da matéria orgânica em um latossolo vermelho-escuro distrófico, fase cerrado, submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Ceres*, 38: 513-521, 1991.
- NOVAIS, R.F. & SMITH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.393-486.
- ORTEGA, F. La matéria orgánica de los suelos tropicales. La Habana, Academia de Ciências de Cuba, 1982. 152p.
- PIZAURO Jr., J.M. & MELO, W.J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:95-103, 1995.

- POCKNEE, S. & SUMNER, M.E. Cation and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. *Agron. J.*, 61:86-92, 1997.
- REGANOLD, J.P. Comparasion of soil properties as influencied by organic and conventional farming systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 34:144-155,1988
- REGANOLD, J.P. Effects of alternative and conventional farming systems on agricultural sustainability. *Food & Fertilizer Technology*, 1992. 6p.
- REYNOLDS, W.D., ELRICK, D.E., YOUNGS, E.G. & AMOOZEGAR, A. The Soil Solution Phase. In: Topp, G.C. (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*, Soil Science Society of America, Madison, 2002.
- SHEPHERD, M.A.; HARRISON, R. & WEBB, J. Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18:284-292, 2002.
- SOHI, S., MAHIEU, N., ARAH, J.R.M., POLWSON, D.S.P., MADARI, B., GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1121-1128, 2001.
- STEVENSON, F.J. *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. NY, John Wiley & Sons Inc, 1986. 380p.
- STOCKDALE, E.A.; SHEPHERD, M.A.; FORTUNE, S. & CUTTLE, S.P. Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? *Soil Use and Management*, 18:301-308, 2002.
- STOPES, C.; LORD, E.L.; PHILIPPS, L.; WOODWARD, L. Nitrate leaching from organic arms and conventional farms following best practice. *Soil Use and Management*, 18:256-263, 2002.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMMER, M.E. eds. *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. Part 3. Chemical methods. p.1011-1020 (Soil Science Society of America Book, series 5).
- TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds., *Tópicos em ciência do solo*. UFV, Viçosa, 2000. p. 195-276.

- USDA. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, Departamento de Agricultura, 1999. 82p.
- WATSON, C.A.; ATKINSON, D.; GOSLING, P.; JACKSON, L.R. & RAYNS, F.W. Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, 18:239-247, 2002.
- WENDLING, B. Efeitos do uso e manejo nas propriedades físicas e no carbono orgânico de um Latossolo Vermelho no Triângulo Mineiro. Viçosa, UFV, 2003. 48p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- WRIGHT, M.J.; DAVISON, K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advances in Agronomy*, 16:197-274, 1964.
- XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S. & MENDONÇA, E.S. Compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas agrícolas orgânicos e convencional na região da chapada da Ibiapaba-CE. In: OLIVEIRA, T.S., ed., *Solo e Água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino*. UFC, Fortaleza, 2004. p. 31-57.
- YAN, F.; SCHUBERT, S. & MENGEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biol. Biochem*, 28:617-624, 1996.
- YANG, J.E.; SLOGLEY, E.O.; SCHAFF, B.E.; KIM, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. *Soil Sci. Am. J.*, 62:1108-1115, 1998.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 19: 1467-1476, 1988.

APÊNDICE

Tabela 1A. Análise granulométrica das áreas de estudo de fruticultura orgânica e mata

Manejo	Camada (cm)	Areia Total	Fracionamento da Areia (g kg ⁻¹)					Silte	Argila Total	Argila disp. em água	Grau de Floculação (%)
			AMG	AG	AM	AF	AMF				
			----- g kg ⁻¹ -----								
Fruticultura (entrelinha)	0-10	771	38	78	294	303	58	99,5	130	44	66,15
	10-20	797	24	95	296	327	55	46,5	156,5	89	43,13
	20-30	811	31	107	310	314	49	30	159,5	109,5	31,35
	30-40	778	26	76	249	347	80	31,5	190,5	113,5	40,42
	40-60	753	32	94	256	294	77	75	172	151	12,21
	60-80	737	32	73	222	326	84	93,5	170	153,5	9,71
	80-100	769	56	105	225	314	69	41	190	156,5	17,63
Fruticultura (linha)	0-10	833	43	133	304	292	61	64	103,5	63	39,13
	10-20	814	26	130	291	302	65	59,5	127	61	51,97
	20-30	768	37	132	255	279	65	39	193,5	141	27,13
	30-40	758	25	98	256	303	76	69	173	154	10,98
	40-60	752	45	80	217	328	82	70	178,5	163	8,68
	60-80	745	21	88	246	315	75	66	189,5	123	35,09
	80-100	743	37	114	264	273	55	92	165	135	18,18
Mata	0-10	790	22	63	282	367	56	50,5	160	109	31,88
	10-20	845	22	68	391	307	57	46,5	108,5	71,5	34,1
	20-30	832	18	99	405	267	43	66,5	102	42,5	58,33
	30-40	817	19	70	443	236	49	65	118	81,5	30,93
	40-60	797	28	77	438	201	53	79,5	123,5	115,5	6,48
	60-80	735	20	47	353	241	74	84	181	118,5	34,53
	80-100	773	24	72	340	272	65	11,5	216	115,5	46,53

TABELA 2A. Análise de variância para os valores EC, CB, quociente metabólico e carbono orgânico em diferentes camadas de solo, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		DS	PT	NI	AM	EC	CB	QM	CO	QI
Manejo	2	0,084*	59,59 ^{NS}	98,07**	287,69**	126,35*	2200,36 ^{NS}	0,19*	0,33**	0,82 ^{NS}
Camada	3	0,075**	125,27**	299,33**	53,48 ^{NS}	263,49**	2226,34 ^{NS}	0,22*	0,45**	0,78 ^{NS}
Manejox Manejo	6	0,029 ^{NS}	58,47*	49,02**	92,88*	24,81 ^{NS}	1565,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,72 ^{NS}
Resíduo	36	0,02	23,64	7,81	31,69	24,53	1388,64	0,05	0,05	0,43
C.V. (%)	-	8,64	10,77	31,93	13,67	48,16	92,68	103,8	30,1	100,29

TABELA 3A. Análise de variância para os valores EC, CB, quociente metabólico e carbono orgânico em diferentes camadas de solo, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		CC	PM	AD	CO	AF	AH	HU	R1	R2
Manejo	2	0,004**	0,002**	0,0003 ^{NS}	0,49**	0,041**	0,080**	0,10**	5,31**	1,15*
Camada	6	0,0003 ^{NS}	0,0004**	0,0004 ^{NS}	0,28**	0,027**	0,036**	0,05**	0,36 ^{NS}	1,50**
Manejox Manejo	12	0,0002 ^{NS}	0,0002**	0,0004 ^{NS}	0,12**	0,0038 ^{NS}	0,017**	0,02**	0,61*	0,45 ^{NS}
Resíduo	63	0,0004	0,00006	0,0004	0,041	0,0024	0,0029	0,006	0,31	0,31
C.V. (%)	-	13,56	19,54	20,22	30,81	31,42	34,83	25,66	50,21	50,08

TABELA 4A. Análise de variância para os valores em diferentes camadas de solo, submetidos a diferentes manejos no município de Guaraciaba do Norte-CE.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		F1	F2	F3	F4	CO
Manejo	2	0,033 ^{NS}	0,16**	0,03*	0,086 ^{NS}	0,32**
Camada	3	0,025 ^{NS}	0,04**	0,006 ^{NS}	0,070 ^{NS}	0,44*
Manejoj Manejo	6	0,012 ^{NS}	0,031**	0,013 ^{NS}	0,025 ^{NS}	0,09 ^{NS}
Resíduo	24	0,011	0,0061	0,008	0,026	0,04
C.V. (%)		32,19	67,35	44,16	48,12	27,91

CAPÍTULO 5

MICROMORFOLOGIA E ANÁLISE DE IMAGEM DE SOLOS CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NA CHAPADA DA IBIAPABA, CEARÁ

**Guilherme Viana de Alencar⁽¹⁷⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽¹⁸⁾,
Teógenes Senna de Oliveira⁽¹⁹⁾, Ivo Jucksch⁽²⁾ & Paulo Roberto
Cecon⁽²⁰⁾**

RESUMO

O uso da ferramenta da micromorfologia como auxílio para o entendimento da dinâmica do solo vem permitindo a descrição, interpretação e mensuração dos componentes e feições do solo a nível microscópico. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos manejos orgânicos e convencionais, tendo como testemunha uma área de referência, na estrutura microscópica do solo, com o uso da ferramenta da micromorfologia e análise de imagem. Foram abertos perfis de 1 m de profundidade em cada tratamento e retirado amostras indeformadas com auxílio da caixa de kubiena, nas profundidades de 5-15 cm e 45-55 cm. Após impregnação com resina, foram preparadas lâminas delgadas do solo e observadas em microscópio de luz polarizada, obtendo-se imagens para análise de quantificação de feições em programas específicos. O manejo convencional modificou a estabilidade do solo, promovendo de forma negativa a perda de sua qualidade física. Diferentemente, o sistema de cultivo orgânico promoveu a recuperação do solo e a melhoria de suas características físicas, semelhantes ao ambiente de mata, principalmente pela formação de colóides orgânicos promotores da agregação e do seqüestro de carbono. Com tudo isso, o sistema de produção orgânico promove o seqüestro de carbono, contribuindo na redução do efeito estufa.

⁽¹⁷⁾ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Avenida Guadalupe, 1500, Aeroporto, CEP: 36.033-560 – Juiz de Fora, MG. E-mail: gui.ibama@gmail.com

⁽¹⁸⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: esm@ufv.br (prof. Eduardo de Sá Mendonça) e ivo@solos.ufv.br (prof. Ivo Jucksch)

⁽¹⁹⁾ Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará. E-mail: teo@ufc.br

⁽²⁰⁾ Professor do Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

ABSTRACT

ALENCAR, Guilherme Viana de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.

Micromorfology and image analysis of cultivated soils using organic and conventional systems in Ibiapaba tableland, Ceará. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee Members: Teógenes Senna de Oliveira, Ivo Jucksch and Paulo Roberto Cecon.

The use of micro-morphology as an auxiliary tool to understand soil dynamics allows to describe, interpret and measure the soil components and fractions under microscopical conditions. The objective of this work was to evaluate the effect of the organic and conventional soil management, having a referent area as a control, on the soil micro-structure, through micro-morphology and image analysis. For each treatment a soil profile of 1 m depth was open, and non deformed soil samples were collected using the kubiena box at depths of 5-15 cm e 45-55 cm. After resin impregnation, thin layers of soil were prepared and observed using a microscopy with polarized light, getting images to quantify soil fractions using specific computer programs. The conventional system modified the soil stability, allowing lost of its physical quality. On the other hand, the organic crop system allowed the soil reclaim by improving soil physical characteristics, in analogy with the control area, mainly due to the formation of soil aggregation and capture of carbon. Therefore, the system of organic crop production allowed the capture of carbon, reducing the so called greenhouse effect.

INTRODUÇÃO

O uso da ferramenta da micromorfologia como auxílio para o entendimento da dinâmica do solo vem sendo utilizado com maior frequência nas pesquisas, abrangendo várias áreas do conhecimento (pedologia, arqueologia, geologia). A micromorfologia é um ramo da ciência do solo atribuída das funções de descrição, interpretação e mensuração dos componentes e feições do solo a nível microscópico (Bullock et al, 1985).

O campo de estudo da micromorfologia está cada vez mais amplo com a determinação de técnicas para avaliar as características do solo. A gênese do solo vêm sendo estudada com mais detalhes com o uso desta ferramenta, permitindo desvendar diversos questionamentos polêmicos. A análise das lâminas micromorfológicas vem permitindo a obtenção de informações relevantes sobre a estrutura do solo, biota do solo, efeitos do manejo, entre outras (Ringrose-Voase & Humphreys, 1994). Vários estudos já foram desenvolvidos utilizando a micromorfologia do solo como ferramenta de percepção mais sensível das modificações causadas no solo por influência das práticas de manejo.

O exame microscópico de seções polidas de amostras de solos compactados mostraram que as mudanças de volume são atribuídas, em grande parte, às deformações plásticas dos agregados (Grohmann, 1975). Essas deformações ocorrem, facilmente, no limite inferior de plasticidade, produzindo uma progressiva diminuição dos espaços entre os agregados, à medida que a compactação aumenta. Maltoni (1994) constatou em estudos de micromorfologia com Latossolos que as camadas de maior densidade do solo, presentes em subsuperfície, formaram-se em razão das pressões aplicadas aos solos pelo uso agrícola.

Os efeitos dos sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo foram observados através da micromorfologia por Schaefer et al. (1998). Comprovaram em amostras coletadas a 15 cm de profundidade a presença de poros aplanares, selamento superficial, maior densidade do solo em subsuperfície e reempacotamento dos torrões, comprometendo a infiltração e retenção de água em sistemas com grade pesada, grade pesada+arado de aiveca e grade pesada+arado de disco.

Este trabalho teve por objetivo a avaliação micromorfológica e de

imagem dos solos dos sistemas de cultivo convencional e orgânico, usando-se como referência a área de mata, no município de Guaraciaba do Norte-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas

O presente trabalho foi desenvolvido em propriedades agrícolas que adotam os sistemas de cultivo orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará, no período de abril à junho de 2003.

O município de Guaraciaba do Norte está localizado na chapada da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, distando 312 km da capital Fortaleza, apresentando: latitude de 04°10'01'' S e longitude de 40°44'51'' W, área de 537,10 km² e altitude de 902 m. A vegetação predominante na região é do tipo Carrasco (vegetação xerófila arbustiva densa alta), nas áreas mais secas e de baixa pluviosidade, e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular, nas regiões serranas e de mata úmida. A unidade geomorfológica em que se encontra o município é denominada de Superfície Cuestiforme do Planalto da Ibiapaba, com classes de solo predominantes referidas como Neossolos Quartzarênicos e Latossolos. A economia do município é predominantemente agrícola, com mais da metade da população residente na zona rural (IPLANCE, 1998; FUNCEME, 2004; IBGE, 2005).

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2004) mostram uma pluviosidade média anual do município de 1.243 mm, irregularmente distribuída ao longo do ano e com concentração nos meses de janeiro à junho. A temperatura média das máximas é de 32°C e a das mínimas é de 20°C (Figura 1).

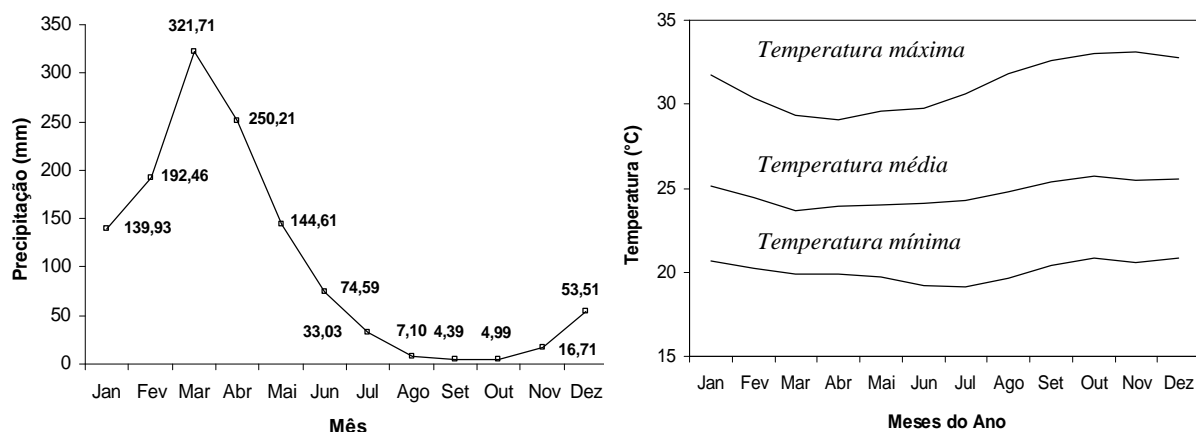


Figura 1. Pluviosidade e temperaturas média, máxima e mínima mensal do município de Guaraciaba do Norte-CE (2003).

O perfil agrário do município é caracterizado pela existência de 998 propriedades rurais, sendo 95,79 % do total é representado por pequenas propriedades com área de até 50 ha. Por se constituir em região potencialmente produtora de olerícolas, destinadas ao abastecimento da capital Fortaleza e de outros municípios circunvizinhos, esta atividade é considerada como de alta prioridade para efeito de financiamento agrícola pelo Banco do Nordeste (IPLANCE, 1998).

Os solos existentes nas áreas da pesquisa, baseado em critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), são classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico (Quadro 1).

As principais características químicas de um solo de referência (mata) das áreas de estudo podem ser observadas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 - Granulometria das camadas de solo da área de referência no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Areia Total (g kg ⁻¹)	874	888	879	877	848	843	826
Areia m. grossa (g kg ⁻¹)	15	17	9	16	23	25	18
Areia grossa (g kg ⁻¹)	175	153	148	88	138	143	151
Areia média (g kg ⁻¹)	398	417	413	358	423	363	403
Areia fina (g kg ⁻¹)	257	270	282	371	226	270	208
Areia m. fina (g kg ⁻¹)	29	31	27	44	38	42	46
Silte (g kg ⁻¹)	28,50	35,8	17,5	31	32	38,5	52,5
Argila (g kg ⁻¹)	98,50	78	106,5	100	124	127	128,5
Argila disp. em água (g kg ⁻¹)	50	36	48	54	67,5	70	101
Grau de floculação (%)	49	54	55	46	46	45	21
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa

Quadro 2. Características químicas das camadas de solo da área de referência no município de Guaraciaba do Norte-CE

Característica	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
pH em água	4,66	4,62	4,54	4,54	4,79	4,94	4,80
CE, dS m	0,72	0,59	0,21	0,10	0,26	0,13	0,20
P, mg dm ³	1,8	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2
K ⁺ , mg dm ⁻³	23	12	10	8	4	6	6
Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,33	0,11	0,09	0,08	0,06	0,08	0,08
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,60	0,80	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
H ⁺ + Al ⁺ , cmol _c dm ⁻³	5,6	4,9	4,9	5,3	4,3	4,3	4,3
SB, cmol _c dm ⁻³	0,84	0,14	0,12	0,10	0,07	0,18	0,14
CTC _e , cmol _c dm ⁻³	1,44	0,94	1,12	1,10	0,87	0,98	0,94
CTC _T , cmol _c dm ⁻³	6,44	5,04	5,02	5,4	4,37	4,48	4,44
V, %	13	2,8	2,4	1,9	1,6	4	3,2
m, %	41,7	85,1	89,3	90,9	92	81,6	85,1
P rem, mg cm ⁻³	40	36,2	32,2	30,1	26,5	22,8	22,6

A escolha das áreas para desenvolvimento da pesquisa seguiu os seguintes critérios: proximidade das áreas experimentais; tempo de cultivo; uso do solo (cultivo orgânico, cultivo convencional e mata) e posição na paisagem (encosta e topo). Foram escolhidas 3 áreas (Figura 2).



Figura 2. Localização das áreas de estudo e respectivos sistemas de manejo no município de Guaraciaba do Norte, Estado do Ceará.

Após a seleção das áreas de estudo, procedeu-se a caracterização do seu meio físico através do levantamento do histórico de cultivo, manejo etc (Quadro 3). O levantamento destas informações é proveniente do depoimento dos proprietários assim como da observação “in loco” dos procedimentos técnicos realizados no manejo do solo.

Quadro 3. Caracterização das áreas de estudo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Área	Proprietário	Tipo de cultivo ou uso do solo	Observações
1	Nazareno Oliveira Barbosa	Orgânico	Têm 6 anos que vem realizando o manejo orgânico.
2	Messias Soares de Oliveira	Convencional	Adota o cultivo convencional há 25 anos
3	Nazareno Oliveira Barbosa	Mata	Vegetação com características de estágio sucessório primário

O sistema orgânico de cultivo praticado nas propriedades orgânicas é caracterizado pela adubação orgânica (biofertilizantes, compostagem e adubação verde com várias espécies), controle de pragas e doenças com uso de inseticidas naturais, incorporação de restos culturais, rotação e consorciação de culturas. Todas estas práticas tem como enfoque a melhoria da qualidade biológica do solo (Quadro 4). As olerícolas utilizadas para cultivo nas áreas orgânicas são: abóbora, abobrinha, acelga, alface americana, alface crespa, alface lisa, alface roxa, alho-poró, batata doce, berinjela, brócolis, cebola, cebolinha, cenoura, coentro, couve-flor, couve-folha, espinafre, hortelã, jiló, manjeriço, pepino, pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, salsa, tomate (em estufa) e vagem.

Quadro 4. Sequência de práticas de manejo do solo e da cultura adotadas em sistema de produção orgânica na Chapada da Ibiapaba-CE

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Aração ou gradagem	Incorporar ao solo a vegetação nativa (pioneira) com a gradagem ou então da adubação verde (área já cultivada) através da aração.	Prática realizada com o uso do trator.
2	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico uma única vez em áreas pioneiras no cultivo orgânico, aplicando-se 2 ton./ha. Após passar a grade na vegetação nativa (etapa 1), aplica-se o calcário e faz-se nova gradagem. Se a área foi cultivada antes, usa-se apenas o fosfato de rocha (0,8 ton./ha) para correção.

Quadro 4. Continuação...

Etapa	Atividade	Objetivo	Caracterização
3	Levantamento dos canteiros	Criar espaços para plantio e desenvolvimento das plantas olerícolas	Nesta etapa os canteiros são construídos com as dimensões de 2 m de largura por 18 a 20 m de comprimento. O trabalho é feito utilizando implementos manuais, 20 dias após a incorporação da adubação verde ou imediatamente após a aplicação do calcário.
4	Adubação orgânica de fundação	Elevar os teores de matéria orgânica do solo e melhorar a nutrição das plantas	É realizada após o levantamento dos canteiros, utilizando-se composto orgânico na quantidade de 12 kg/m ² (áreas pioneiras) ou 4 kg/m ² (área já cultivada).
5	Plantio	Cultivar as plantas olerícolas de interesse dos consumidores orgânicos	O plantio é feito de forma manual, sendo utilizado sequências de 2 a 3 canteiros paralelos por olerícolas de famílias botânicas distintas (Aliáceas, Brassicáceas, Asteráceas, Cucurbitáceas, Quenopo-diáceas, entre outras). A consorciação é feita com culturas de grande porte (feijão, milho, mandioca etc) em outras áreas.
6	Adubação de manutenção	Realizada com a finalidade de complementar a adubação de fundação	É feita com composto (a quantidade depende do comportamento do solo após a primeira colheita no canteiro. Geralmente aplica-se 1 kg por m ² e biofertilizante (pulverização foliar).
7	Controle de pragas e doenças	Redução do nível de ataque para uma situação economicamente viável.	Utiliza-se preparados de nim, caldas bordalesa e sulfocálcica, manipueira, biofertilizantes, entre outros.
8	Colheita	Obtenção da produção para atender o mercado de consumidores orgânicos.	Realizada duas vezes por semana de forma manual.
9	Período de pousio (desativação temporária da produção da área)	Período de descanso da área onde se cultiva espécies leguminosas e gramíneas.	Esta etapa dura de 4-6 meses e inicia-se após ser percebida uma queda na produção da área. A incorporação das plantas no solo é feita quando se tem uma biomassa vegetal elevada na área (inicia-se a etapa 1).

No sistema convencional de cultivo das olerícolas, as culturas multiplicadas predominantemente são o tomate, repolho e pimentão, principalmente pelo seu valor econômico. Estas áreas são caracterizadas pelo monocultivo, o uso adubação química e controle de pragas e doenças pelo uso de agrotóxicos (Quadro 5).

Quadro 5. Sequência de etapas de manejo do solo e da cultura em sistemas de produções convencionais na Chapada da Ibiapaba.

Etapas	Atividade	Objetivo	Caracterização
1	Roçagem da vegetação nativa	Cortar as plantas maiores	O material vegetal derrubado é concentrado em um local da área (coivaras)
2	Queimada	Limpar o terreno do material vegetal originário da roçagem	Coloca-se fogo no material vegetal concentrado na área
3	Aração	Revolvimento do solo da área	Realizado com auxílio do trator
4	Calagem	Melhorar o pH do solo em nível satisfatório	A calagem é feita com calcário dolomítico aplicando-se 4-5 toneladas/ha
5	Abertura de covas	Preparar o leito para o plantio das mudas	Feita manualmente com auxílio da enxada.
6	Adubação de fundação	Fornecer nutrientes para as futuras plantas	Usa-se esterco fresco (2 kg/cova), sendo irrigado por 15-20 dias, e em seguida, aplica-se na cova de 50 a 100 gramas da formulação NPK 20-10-20.
7	Plantio	Multiplicar as plantas de melhor valor comercial	É realizado manualmente com as mudas compradas em viveiros comerciais.
8	Adubação de manutenção	Suplementar a adubação de fundação para atender as necessidades das plantas	Realizada manualmente e a cada 8 a 10 dias, colocando-se de 20 a 25 g da formulação química NPK 20-10-20 por planta.
9	Controle de pragas e doenças	Controlar a ocorrência de insetos e doenças na plantação	Aplicam-se agrotóxicos com pulverizador costal.
10	Colheita	Obter produção para venda nos mercados consumidores da capital do CE e estados do MA e PI	Colheita realizada manualmente e sem respeitar o período de carência dos agrotóxicos aplicados.

As características físicas dos solos estudados são mostradas no Quadro 6.

Quadro 6 - Características físicas das camadas de solo em diferentes sistemas de cultivo no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	Orgânico	Convencional	Mata
Densidade do solo (Mg m³)			
0-10	1,44	1,51	1,12
10-20	1,49	1,81	1,40
20-30	1,64	1,78	1,40
30-40	1,62	1,64	1,42

Quadro 6. Continuação...

Prof. (cm)	Orgânico	Convencional.	Mata
Densidade de partícula (Mg m³)			
0-10	2,48	2,88	2,67
10-20	2,60	2,67	2,88
20-30	2,61	2,67	2,67
30-40	2,69	2,61	2,64
Condutividade hidráulica (cm/h)*			
0-10	26,25	51,31	172,90
10-20	39,83	1,91	141,28
20-30	34,69	1,76	129,02
30-40	40,50	3,47	101,36
DMP (mm)*			
0-10	1,56	1,06	2,43
10-20	1,48	0,69	2,50
20-30	1,07	0,55	2,52
30-40	1,23	0,61	2,44
Porosidade total (%)			
0-10	41,60	47,73	57,92
10-20	42,63	32,17	51,52
20-30	37,23	33,20	47,37
30-40	39,61	37,23	46,01

Legenda: DMP-Diâmetro Médio Ponderado; * As determinações foram feitas nos tratamentos principais por melhor caracterizarem a situação de manejo. E – Entrelinha; L – Linha

Os teores de carbono orgânico total (COT) das áreas de sistemas de cultivo orgânico e convencional, e a testemunha, podem ser observados no Quadro 7.

Quadro 7. Teores de carbono orgânico total (COT) em diferentes camadas de solo e sistemas de cultivo, no município de Guaraciaba do Norte-CE

Prof. (cm)	COT (g kg ⁻¹ de solo)		
	Orgânico	Convencional	Mata
0-10	20,46	7,34	13,38
10-20	13,84	5,97	7,74
20-30	5,71	5,43	7,46
30-40	4,46	6,85	6,41
40-60	4,15	3,97	5,20
60-80	4,11	5,87	4,45
80-100	4,13	4,03	3,10

Coleta das amostras

Nas propriedades selecionadas (orgânica e convencional) e nas áreas de mata, foram abertos perfis de 1 m de profundidade no período de abril à junho de 2003. Foram coletadas amostras indeformadas para estudo pedográfico e de imagens em cada sistema nas camadas de 5-15 cm e 45-55 cm de profundidade, sendo utilizado para acondicionar as amostras caixas de ferro galvanizadas (caixas de Kubiena), nas dimensões de 5 cm x 7 cm x 10 cm, segundo metodologia descrita por Fitzpatrick (1984).

Análise Micromorfológica

As lâminas foram preparadas conforme metodologia de Jongerius & Heintzberger (1963). Após secagem em estufa a 45°C, as amostras indeformadas das caixas de Kubiena foram impregnadas com uma mistura de resina de poliéster, estireno, catalisador (peróxido dimetil-etil-cetona) e corante (uvitex-ob), permanecendo em câmara de vácuo por 24 horas a pressão de 0,101 MPa. Em seguida, as amostras ficaram um mês polimerizando e depois foram cortadas em formato de blocos (2,0 cm x 6,0 cm x 9,0 cm), desbastadas por abrasão com abrasivos de óxido de alumínio de 25 µm, 9,5 µm e 5 µm e limpas em ultrassom. A face limpa do bloco foi colada em lâmina de vidro e seccionada, sendo retirada uma lâmina de 1 mm de espessura. Esta lâmina de solo foi desbastada em equipamento analítico Logitec (PM2A) até atingir 30 µm, espessura ideal para observação micromorfológica.

Análise de Imagem

As lâminas delgadas de solo foram observadas em microscópio de luz polarizada, sendo selecionados vários campos e fotografados com câmera digital Nikon Coolpix 4500. As imagens obtidas foram trabalhadas no programa Adobe Photoshop 7.0.1 e, em seguida, realizou-se a quantificação das feições das lâminas utilizando-se o QUANTPORO 1.0, programa de imagem do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados quantitativos (Quadro 8), observa-se que na camada superficial, o cultivo orgânico mostrou valores de plasma orgânico relativamente superiores ao verificado no sistema convencional, e próximos do solo sob mata (referência). Nos dois solos cultivados, houve aparentemente uma redução (perda) de argila (plasma mineral), já que os valores de 12,6% da mata reduziram para valores entre 3,4% e 4,4% nos solos cultivados.

Na avaliação da presença de material orgânico junto com o plasma (plasma orgânico) é constatada em sistemas orgânicos valores superiores (10,35%) em relação ao sistema convencional (6,65%) e mata (9,79%). A explicação para este fato pode ser verificada nas análises de COT e estoques de carbono (Quadro 7), onde os sistemas orgânicos superaram os sistemas convencionais e mata ($P < 0,05$). Assim, o cultivo orgânico mostrou uma recuperação parcial do material agregante, plasmado, ainda que predominantemente orgânico enquanto o cultivo convencional mostrou que grande parte do material coloidal foi removido por erosão ou eluviação para camadas inferiores.

Quadro 8. Quantificação de feições dos solos estudados na profundidade de 13-14 cm

Característica	Mata		Cultivo Orgânico		Cultivo Convencional	
	Pontos	%	Pontos	%	Pontos	%
Esqueleto quartzoso	2.066.027	53,37	2.394.985	61,86	2.812.958	72,66
Plasma mineral	487.094	12,58	131.947	3,41	168.645	4,36
Plasma orgânico	378.880	9,79	400.734	10,35	257.501	6,65
Porosidade	939.487	24,27	943.822	24,38	632.384	16,33
Total	3.871.488	100	3.871.488	100	3.871.488	100

Para verificar essa última possibilidade, foram estudados os valores de carbono orgânico do solo (COS), plasma e poros para a profundidade de 46 cm (Quadro 9). Observou-se concentração de material coloidal no cultivo convencional, tanto mineral quanto orgânico, nesta profundidade, o que sugere que parte do material coloidal foi na verdade, movimentado per descensum para os horizontes inferiores, o que não ocorreu no solo sob cultivo orgânico. Os valores encontrados para a mata não se diferenciaram em relação a superfície, o que caracteriza uma situação de ambiente estável e equilibrado com o meio.

A avaliação da porosidade total mostrou diferenciação entre os sistemas de cultivo e mata. A área de manejo orgânico apresentou na superfície porosidade total

semelhante ao ambiente de mata (24,38% e 24,27%, respectivamente) e superiores ao cultivo convencional (16,33%). Por ser a camada que primeiro sente os efeitos do manejo, os valores obtidos de porosidade total na superfície são acompanhados pela alteração das características físicas do solo, tais como densidade do solo, diâmetro médio ponderado e condutividade hidráulica (Quadro 6).

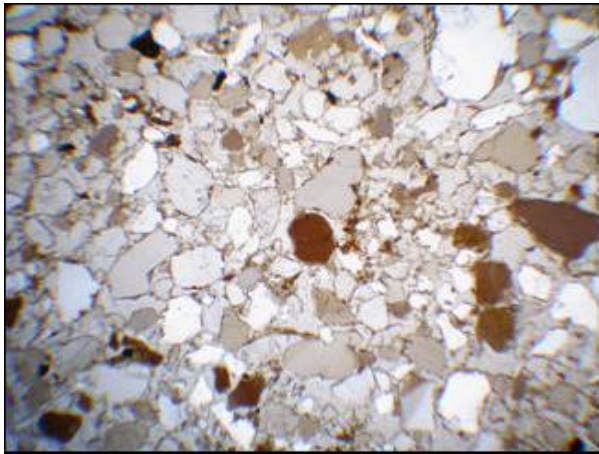
Quadro 9. Quantificação de feições dos solos estudados na profundidade de 46-47 cm

Característica	Mata		Cultivo Orgânico		Cultivo Convencional	
	Pontos	%	Pontos	%	Pontos	%
Esqueleto quartzozo	2.188.876	56,54	1.989.876	51,40	2.250.751	58,14
Plasma mineral	174.811	4,52	163.556	4,22	393.731	10,17
Plasma orgânico	425.169	10,98	220.325	5,69	441.642	11,41
Porosidade	1.082.632	27,96	1.497.731	38,69	785.364	20,29
Total	3.871.488	100	3.871.488	100	3.871.488	100

Em subsuperfície (46 cm), a porosidade total entre os tratamentos apresentou diferenciação mais evidente. Enquanto no sistema orgânico o total de poros chegou a 38,69%, na mata esses valores ficaram em 27,96% e no cultivo convencional ficou em 20,29%. Devido o solo presente nas áreas estudadas serem NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, os efeitos da presença da matéria orgânica nas características físicas do solo foram evidenciados em profundidades maiores, principalmente em áreas onde ocorrem grandes aportes de MO (sistema orgânico).

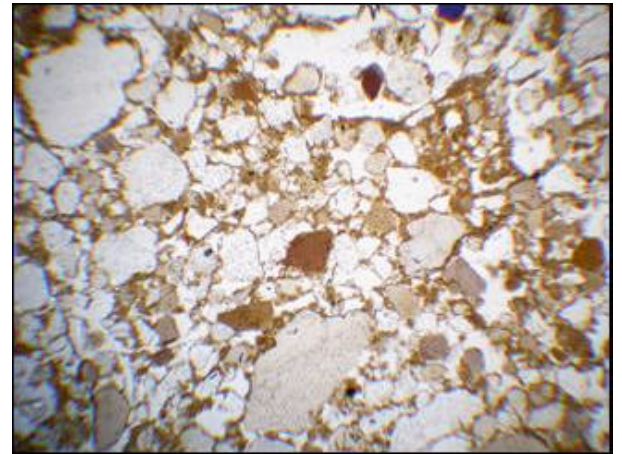
A modificação da porosidade total por efeito dos sistemas de manejo foi estudado por Soares et al (2005). Neste estudo constata-se diferenciação na geometria do espaço poroso, em consequência de alterações causadas pelo manejo, afeta negativamente a condição do solo de forma mais intensiva em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos na análise de imagem e micromorfológica (Figura 3) para o esqueleto quartzozo, é observado uma distribuição irregular de grãos. Na maior parte das lâminas as frações grosseiras estão total ou parcialmente revestidas por argila, conforme constata-se nos ambientes de mata e sistema orgânico, enquanto que em sistemas convencionais são observados quantidades reduzidas ou ausentes de plasma nos espaços intersticiais entre os grãos de areia. Em camada inferior (46 cm), observa-se a presença significativa do plasma preenchendo os espaços intergranulares nos solos de cultivo convencional.

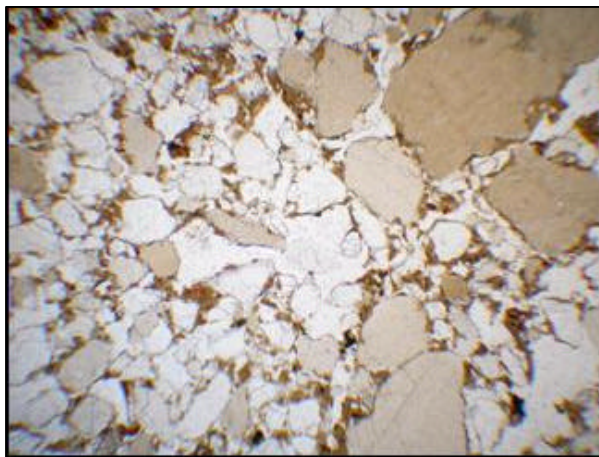


Sistema de cultivo convencional

13-14 cm (a)

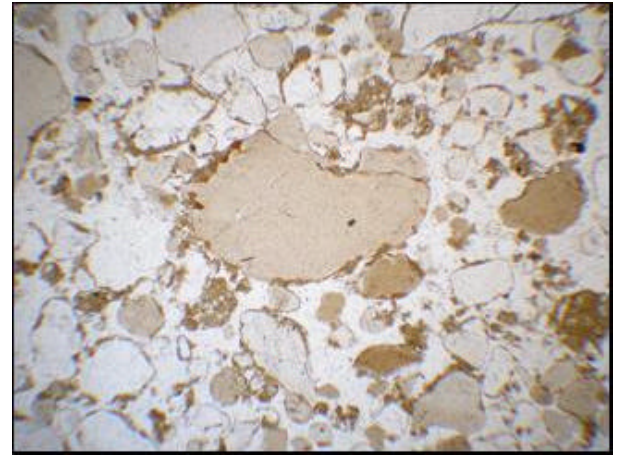


46-47 cm (b)

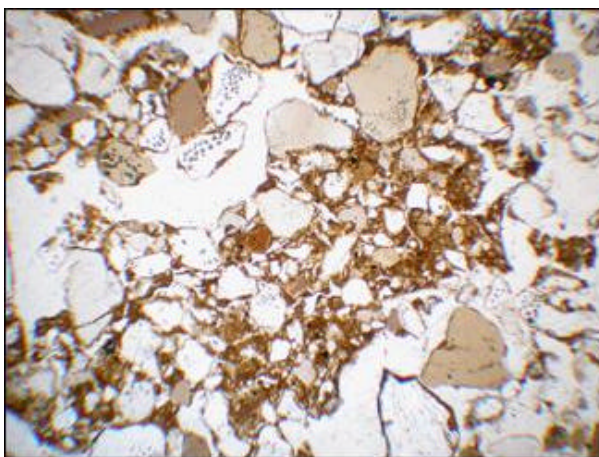


Sistema de cultivo orgânico

13-14 cm (c)

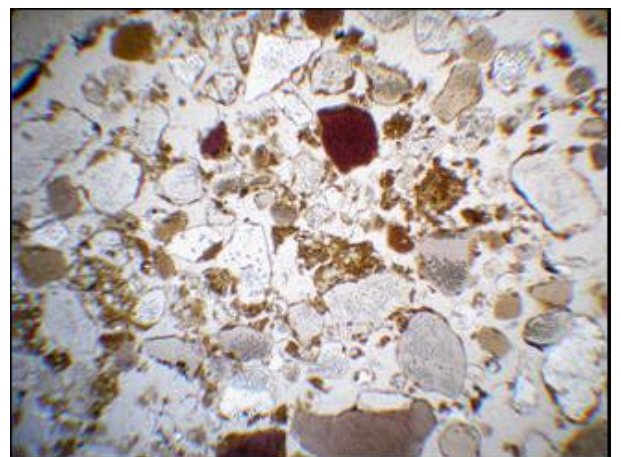


46-47 cm (d)



Mata

13-14 cm (e)



46-47 cm (f)

Figura 3. Fotomicrografias de áreas cultivadas em sistemas convencional (a,b), orgânico (c,d) e mata (e,f), nas camadas de 13-14 cm e 46-47 cm, no município de Guaraciaba do Norte-CE.

Estudos de compactação e/ou adensamento realizados em áreas cultivadas em litoseqüência na Chapada do Apodi, mostrou pouca diferenciação micromorfológica entre solo cultivado e testemunha (mata), em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (Alencar, 2000). A predominância nestes solos de partículas de areia da classe muito grande não favoreceu o arranjo compacto e não mostrou indícios de modificações nas propriedades físicas de ambas as áreas, pois são muito semelhantes. Diferentemente deste estudo, o qual as áreas pesquisadas apresentam predominância de areia média e fina, o que contribuiu no arranjo das partículas e, conseqüentemente, elevação da densidade do solo em áreas de cultivo convencional.

CONCLUSÕES

O manejo convencional modificou a estabilidade do solo, promovendo de forma negativa a perda de sua qualidade física. A movimentação de material argiloso (plasma) para camadas inferiores, contribui para elevação da densidade do solo e redução do diâmetro médio ponderado do sistema. Diferentemente, o sistema de cultivo orgânico promoveu a recuperação do solo e a melhoria de suas características físicas, semelhantes ao ambiente de mata, principalmente pela formação de colóides orgânicos promotores da agregação. Com tudo isso, o sistema de produção orgânico promove o seqüestro de carbono, contribuindo na redução do efeito estufa.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa no Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD); ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará e ao Laboratório de Micromorfologia do Solo (Departamento de Solos) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e pela infra-estrutura necessária a realização deste trabalho; ao IBAMA, órgão do qual sou funcionário e que possibilitou a continuidade do curso de doutorado; ao prof^o Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer, pelas contribuições a este capítulo; à ADAO (Associação para o Desenvolvimento da Agropecuária Orgânica), por possibilitar o acesso às áreas de produção orgânica; aos produtores orgânicos e convencionais de Guaraciaba do Norte que se dispuseram a colaborar, e, enfim, à todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na concretização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, G.V. Compactação e/ou adensamento de solos cultivados com melão em litoseqüência na região da Chapada do Apodi-RN. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000. 75p. (Dissertação de mestrado)
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research, Mount Pleasant, 1985. 152p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FITZPATRICK, E.A. Micromorphology of soils. Chapman & Hall, New York, 1984. 433p.
- FUNCEME. Dados pluviométricos. 2004. (Boletim digital)
- GROHMANN, F. Compacidade. In: MONIZ, A.C., ed. Elementos de pedologia. 1.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.93-99.
- IBGE. 2005. Endereço Eletrônico: www.ibge.gov.br.
- IPLANCE. Perfil básico municipal – Guaraciaba do Norte. Fortaleza, Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 1998. 44p.
- JONGERIUS, A. & HEINTZBERGER, G. The preparation of mammoth-sized thin sections. Wageningen, Soil Survey Institute, p.3-37, 1963.
- MALTONI, K.L. Estudo de compactação e/ou adensamento em subsuperfície para Latossolos sob diferentes usos. Viçosa, UFV, 1994. 139p. (Tese de Doutorado)
- RINGROSE-VOASE, A. & HUMPHREYS, G. S. Soil micromorphology: studies in management and genesis. Amsterdam: Elsevier, 1994. 900p.
- SCHAEFER, C. E. G. R. ; SOUZA, C. M.;MERNES, F. J. V. Características Micromorfológicas de Um Podzólico Vermelho Amarelo Sometido a Diferentes Sistemas de Manejo de Suelos. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 1998, Brasília. Anais do VI Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha. Brasília: Associação de Plantio Direto do Cerrado/APDC, 1998.
- SOARES, J.L.N.; ESPINDOLA, C.R. & II; FOLON, L.L. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. Cienc. Rural, 35: 353-359. 2005.

APÊNDICE

TABELA 1A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia do sistema de cultivo convencional na profundidade de 13-14 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.812.958	72,66	2,016
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.058.530	27,34	0,759
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	426.146	11,01	0,306
Poros+esqueleto	3.445.342	88,99	2,469
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	168.645	4,36	0,121
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.702.843	95,64	2,654
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Cultivo Convencional (13-14 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.812.958	72,66	2,016
Plasma puro	168.645	4,36	0,121
Plasma orgânico	257.501	6,65	0,185
Poros	632.384	16,33	0,453
Total	3.871.488	100	2,775

TABELA 2A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia do sistema de cultivo convencional na profundidade de 46-47 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.250.751	58,14	1,613
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.620.737	41,86	1,162
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	835.373	21,58	0,598
Poros+esqueleto	3.036.115	78,42	2,177
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	393.731	10,17	0,282
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.477.757	89,83	2,493
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Cultivo Convencional (46-47 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.250.751	58,14	1,613
Plasma puro	393.731	10,17	0,282
Plasma orgânico	441.642	11,41	0,316
Poros	785.364	20,29	0,564
Total	3.871.488	100	2,775

TABELA 3A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia do sistema de cultivo orgânico na profundidade de 13-14 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.394.985	61,86	1,716
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.476.503	38,14	1,058
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	532.681	13,76	0,381
Poros+esqueleto	3.338.807	86,24	2,393
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	131.947	3,41	0,095
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.739.541	96,59	2,680
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Cultivo Orgânico (13-14 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.394.985	61,86	1,716
Plasma puro	131.947	3,41	0,095
Plasma orgânico	400.734	10,35	0,286
Poros	943.822	24,38	0,678
Total	3.871.488	100	2,775

TABELA 4A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia do sistema de cultivo orgânico na profundidade de 46-47 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	1.989.876	51,4	1,426
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.881.612	48,6	1,349
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	383.881	9,92	0,275
Poros+esqueleto	3.487.607	90,08	2,500
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	163.556	4,22	0,117
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.707.932	95,78	2,658
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Cultivo Orgânico (46-47 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	1.989.876	51,40	1,426
Plasma puro	163.556	4,22	0,117
Plasma orgânico	220.325	5,69	0,158
Poros	1.497.731	38,69	1,074
Total	3.871.488	100	2,775

TABELA 5A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia da área de referência (mata) na profundidade de 13-14 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.066.027	53,37	1,481
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.805.461	46,63	1,294
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	865.974	22,37	0,62
Poros+esqueleto	3.005.514	77,63	2,154
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	487.094	12,58	0,349
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.384.394	87,42	2,426
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Ambiente Mata (13-14 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.066.027	53,37	1,481
Plasma puro	487.094	12,58	0,349
Plasma orgânico	378.880	9,79	0,271
Poros	939.487	24,27	0,674
Total	3.871.488	100	2,775

TABELA 6A. Planilha de cálculo da análise de imagem da fotomicrografia da área de referência (mata) na profundidade de 46-47 cm

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.188.876	56,54	1,569
Plasma puro + Plasma orgânico + Poros	1.682.612	43,46	1,206
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro+Plasma Orgânico	599.980	15,5	0,43
Poros+esqueleto	3.271.508	84,5	2,345
Total	3.871.488	100	2,775

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Plasma Puro	174.811	4,52	0,125
Esqueleto+Plasma orgânico+Poros	3.696.677	95,48	2,649
Total	3.871.488	100	2,775

Tabela Resumida do Ambiente Mata (46-47 cm)

Característica	Pontos	%	Área (cm²)
Esqueleto	2.188.876	56,54	1,569
Plasma puro	174.811	4,52	0,125
Plasma orgânico	425.169	10,98	0,305
Poros	1.082.632	27,96	0,776
Total	3.871.488	100	2,775

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados apresentados nos cinco capítulos permitem realizar uma análise crítica dos experimentos com sistemas de cultivo diferentes (orgânico e convencional) comparando-se com uma situação de referência (mata) com o objetivo de se avaliar a sustentabilidade dos sistemas.

A avaliação dos aspectos sócio-econômico-ambientais (Capítulo 1) em sistemas orgânicos e convencionais demonstrou que houve diferenças na qualidade de vida das famílias. No sistema convencional, caracterizado pelo uso intensivo de agrotóxicos e grande dependência de adubos químicos, constata-se que prevalece o interesse em obter a máxima produção sem preocupação com o ambiente, o que pode comprometer o uso do solo pelas futuras gerações, pois há uma inerente redução da fertilidade natural dos solos cultivados sob este sistema. O sistema orgânico mostrou que as interações agricultor-meio ambiente e a forma conservacionista de manejo do solo tem possibilitado a manutenção da qualidade de vida das famílias.

As características físicas e químicas dos solos estudados (Capítulo 2) mostrou diferenças importantes de serem citadas. A adoção dos sistemas orgânicos de produção têm resultado em melhorias na qualidade física e química do solo, principalmente em curto espaço de tempo (4 e 6 anos). As principais modificações ocorridas nas características de fertilidade referem-se a elevação dos teores de matéria orgânica, dos valores de pH, dos valores de CTC e dos teores de P, K, Ca e Mg. O aumento nos teores dos micronutrientes têm sido discretos e ainda pouco consistentes. Foram observadas, porém, elevações nos teores de nitrato nas áreas sob sistema de cultivo orgânico há mais tempo, porém sem indicativos de sua movimentação no perfil. Fisicamente foram observadas alterações relacionadas com a redução da densidade do solo, aumento da porosidade e da condutividade hidráulica em solos de cultivos orgânicos.

Na avaliação dos estoques de carbono dos sistemas de cultivo (Capítulo 3) constata-se que a matéria orgânica leve nas áreas orgânicas acarretaram maiores teores de carbono orgânico total (>200%) e elevação da atividade microbiana do solo (>20%) e carbono da biomassa microbiana (>10%), principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade, em relação ao cultivo convencional. As substâncias húmicas, principalmente a humina, apresentaram elevação em seus valores nos ambientes orgânicos em relação aos convencionais, o que caracteriza um fator de estabilidade do sistema solo. Na avaliação do índice de manejo do carbono as áreas manejadas

organicamente superaram os cultivos convencionais, caracterizando maior estabilidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas manejados organicamente.

No capítulo 4 é avaliado o sistema de cultivo orgânico na fruticultura (linha e entrelinha de cultivo) em comparação com a área de referência (mata). Constatou-se que após 30 anos de manejo orgânico em pomar de cítrus houve melhorias na qualidade física e química do solo. Os teores elevados de carbono orgânico total influenciaram na atividade microbiana, carbono da biomassa microbiana, substâncias húmicas, matéria orgânica leve e índice de manejo do carbono (IMC), principalmente na camada superficial (0-10 cm) da entrelinha de cultivo da fruticultura orgânica.

A caracterização micromorfológica e análise de imagem (Capítulo 5) mostraram que o manejo convencional modificou a estabilidade do solo, promovendo de forma negativa a perda de sua qualidade física. Diferentemente, o sistema de cultivo orgânico promoveu a recuperação do solo e a melhoria de suas características físicas, semelhantes ao ambiente de mata, principalmente pela formação de colóides orgânicos promotores da agregação e do seqüestro de carbono. Com tudo isso, o sistema de produção orgânico promove o seqüestro de carbono, contribuindo na redução do efeito estufa.

Diante das melhorias proporcionadas no solo e na qualidade de vida das famílias no modo de produção orgânico, constata-se condições favoráveis de sustentabilidade no agroecossistema orgânico, situação diferente observada no sistema convencional, onde há o comprometimento da qualidade do solo e, por conseqüência, da sustentabilidade do mesmo.

Algumas recomendações são interessantes de serem sugeridas para efeito de aplicabilidade desta pesquisa acadêmica:

1) Sistemas de cultivo orgânico:

- Uso de água proveniente de poços profundos para irrigar as olerícolas, o que garantirá a boa qualidade da água para esse fim;
- Aumento da largura das faixas de barreiras naturais plantadas no confronto com as propriedades convencionais, o que garantirá maior isolamento e proteção dos cultivos orgânicos;
- Construção de estufas para possibilitar a manutenção dos níveis de produção de olerícolas nos períodos mais chuvosos;
- Formação de bancos de sementes de algumas olerícolas;

- Controle de gastos, receitas, investimentos etc, realizando o acompanhamento e registro diário;
- Monitoramento dos sistemas orgânicos na região de Guaraciaba do Norte, havendo necessidade de estudos a longo prazo assim como a adoção de critérios para o estabelecimento dos aportes de material orgânico em conformidade com os teores dos nutrientes no solo e com a qualidade do material orgânico a ser utilizado;

2)Sistemas de cultivo convencional:

Tendo em vista que o modelo convencional de produção agrícola é predominante e o que abastece de alimentos a maioria da população brasileira, algumas sugestões são importantes de serem citadas com o objetivo de melhorar a sustentabilidade deste sistema.

- Uso de agrotóxicos com recomendação técnica, visando a redução dos mesmos através do manejo integrado de pragas e doenças;
- Manuseio dos agrotóxicos com auxílio do EPI (equipamentos de proteção individual);
- Destino adequado das embalagens de agrotóxicos conforme a legislação vigente;
- Respeito ao período de carência dos agrotóxicos utilizados;
- Uso de práticas conservacionistas de solo e água;
- Aplicação de fertilizantes químicos baseada em orientações técnicas e análises de solo;
- Uso, com mais frequência, de resíduos orgânicos na agricultura, de forma à recuperar a qualidade física do solo, reduzir os custos com fertilizantes químicos e elevar os valores de matéria orgânica no solo;
- Redução da movimentação de intensiva do solo com máquinas agrícolas.