



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

SEMIRAMES DO NASCIMENTO SILVA

**QUALIDADE DE SOLO EM POMAR DE MANGUEIRAS 'TOMMY ATKINS'
ADUBADAS COM FONTES ORGÂNICAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

POMBAL – PB
SETEMBRO - 2014

SEMIRAMES DO NASCIMENTO SILVA

**QUALIDADE DE SOLO EM POMAR DE MANGUEIRAS ‘*TOMMY ATKINS*’
ADUBADAS COM FONTES ORGÂNICAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M.Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adriana Silva Lima

POMBAL – PB

SETEMBRO - 2014

SEMIRAMES DO NASCIMENTO SILVA

**QUALIDADE DE SOLO EM POMAR DE MANGUEIRAS ‘*TOMMY ATKINS*’
ADUBADAS COM FONTES ORGÂNICAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M.Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

APROVADA EM: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Adriana Silva Lima
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Kátia Cristina de Oliveira Gurjão
Examinadora Externa

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite
Examinador Interno

POMBAL-PB
SETEMBRO - 2014

*A Kátia Cristina de Oliveira Gurjão, pelo apoio aos meus estudos. Seu exemplo de superação me encoraja ainda mais a lutar pelos meus objetivos. Obrigada pela contribuição que me dá, em especial, no período do mestrado, o incentivo para eu continuar estudando, buscando um futuro melhor. Se não fosse por você, talvez eu não estivesse sendo mestra. Tudo o que eu viver durante os meus anos de vida será pouco para agradecer o que fez por mim. Isso mostra quão grande é o seu coração, sempre preenchido com amor, solidariedade e humildade. **Muito obrigada!***

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me dá forças para superar as barreiras encontradas ao longo deste caminho e conquistar meus objetivos, pela vida, por todas as realizações que tenho vivido. Obrigada Senhor!

A minha família, meus pais, Fátima e Manoel pela vida, pelo amor, atenção, dedicação, carinho, força e apoio e as minhas irmãs, Samara e Samira, pelo apoio e força.

A Universidade Federal de Campina Grande *Campus* de Pombal-PB pela oportunidade da Pós-Graduação - Mestrado.

Ao IFPB *Campus* Sousa-PB pelo apoio na condução do experimento e realização das análises.

A minha orientadora, Dr^a. Adriana Silva Lima, pela sábia condução no processo de elaboração e desenvolvimento deste trabalho, pelo apoio, paciência, compreensão, atenção, orientação, ensinamentos, estímulo e dedicação nesta fase da minha vida.

Aos professores Dr. José Cleidimário de Araújo Leite e Dr^a. Kátia Cristina de Oliveira Gurjão por fazer parte da banca examinadora e pelas contribuições. Ao Prof. Joserlan Moreira (IFPB) e Prof. Carlos Sérgio (UFCG) pelas contribuições nas análises estatísticas.

Ao Prof. Eliezer Siqueira, pelas contribuições no exame de qualificação, obrigada pelo apoio, ensinamentos, força e estímulo.

Ao Miguel Wanderley e ao Hermano Rolim os meus sinceros agradecimentos pela contribuição na realização deste trabalho, pelo apoio, ensinamentos, amizade, compreensão, solidariedade e atenção.

A minha professora de consideração Rosangela Vieira, pelas contribuições, correções, apoio, amizade e companhia nesta fase de minha vida.

Ao João Jones (IFPB), Sr. Francisco Alves da Silva e Tiago Augusto Lima Cardoso (UFCG) pela contribuição na realização das análises.

Aos funcionários, Alex e Osmar (IFPB) e os bolsistas, Iara, Fernanda e Clementino (UFCG) pela contribuição na realização da coleta de solo e das análises.

Aos meus amigos Manoel Dantas, Berlinda Barbosa, Cândida Mariz, Danielle, Aparecida pelo apoio, amizade, carinho e atenção.

A todos os meus colegas de curso, em especial, a Damião, Quézia, Artur, Dayanny, Sandrinho, Socorro, Aline, Eliana, Paulo, Léo e Beto.

Aos meus professores do mestrado, em especial, a Patrício Maracajá, Manoel Moises e Luiz Gualberto, Camilo Simões pelo incentivo, ensinamentos e apoio.

A todos que de algum modo contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

*“Não é o que você juntou, e sim o que você espalhou que reflete como você viveu a sua vida.” (Autor **Desconhecido**).*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Esquema de coleta de solo para formação de cada amostra composta por parcela. O ponto do centro do alvo correspondeu à mangueira. Os seis pontos em negrito representam as amostras simples.....**30**
- Figura 2** – Componentes principais dos atributos químicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**36**
- Figura 3** – Componentes principais dos atributos físicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**39**
- Figura 4** – Número mais provável (NMP) de células de bactérias totais e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**40**
- Figura 5** – Número mais provável (NMP) de células de fungos totais e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**41**
- Figura 6** – Número mais provável (NMP) de células de solubilizadores de fosfato e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**42**

- Figura 7** – Número mais provável (NMP) de células de bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores de fosfato de solo nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**43**
- Figura 8** – Respiração edáfica (mg C-CO₂.100 cm³ solo) nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**45**
- Figura 9** – Carbono da biomassa microbiana (µg C. kg⁻¹ solo) nas amostras de solo de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**46**
- Figura 10** – Quociente metabólico (µg C. kg⁻¹ solo) nas amostras de solo das mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.....**47**
- Figura 11** – Componentes principais dos atributos biológicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**48**
- Figura 12** – Componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo em pomar mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**49**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.....**28**
- Tabela 2** Caracterização química dos adubos: esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2010.**29**
- Tabela 3** Atributos químicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘*Tommy atkins*’, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**33**
- Tabela 4** – Atributos físicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘*Tommy atkins*’, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**37**
- Tabela 5** – Atributos biológicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘*Tommy atkins*’, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.....**44**

SILVA, S. N. **Qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘Tommy atkins’ adubadas com fontes orgânicas no Semiárido Paraibano.** 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande *Campus* de Pombal-PB. 2014.

RESUMO

A preocupação com a qualidade do solo tem crescido à medida que seu uso e mobilização intensiva passaram a resultar em diminuição da sua capacidade produtiva e sustentável ao longo dos anos. Objetivou-se com o trabalho avaliar a qualidade de solo em pomar de mangueiras (*Mangífera indica* L.) var. *Tommy atkins* adubadas com fontes orgânicas no semiárido paraibano, por meio dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do IFPB *Campus* Sousa, em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Realizou-se a coleta de solo, em outubro de 2013, na profundidade 0-20 cm, em cada unidade experimental. Para os atributos químicos foram avaliados: o pH em água, a condutividade elétrica no extrato 1:5; os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ trocáveis e P assimilável e os teores de carbono total e estimou-se os valores de: saturação por base e percentagem de sódio trocável. Com os teores de carbono total, obtiveram-se os teores de matéria orgânica. Quanto aos atributos físicos avaliou-se: os teores de areia, silte e argila, o grau de flocculação, densidade de partículas, densidade do solo e a porosidade total. Os atributos biológicos avaliados foram: ocorrência e densidade de microrganismos, respiração edáfica, C da biomassa e quociente metabólico. Não foram encontradas diferenças significativas estatisticamente para os atributos químicos e físicos indicadores da qualidade do solo. Os maiores valores observados para o quociente metabólico foram para o esterco de aves e para o composto orgânico. A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos, verificando como os atributos foram afetados pela presença ou ausência de fontes orgânicas.

Palavras-chave: Adubos orgânicos, agroecossistemas, atributos do solo, indicadores de qualidade.

SILVA, S. N. **Soil quality in orchard of mango plant 'Tommy atkins' fertilized with organic sources in semiarid Paraiba.** 2014. 62 p. (Master's Dissertation Program Graduate Agribusiness Systems) - Federal University of Campina Grande *Campus de Pombal-PB*. 2014.

ABSTRACT

Concern for soil quality has grown as its use and intensive mobilization began to result in a decrease of its productive capacity and sustainable over the years. The objective of the study was to evaluate the quality of soil in an orchard of mango (*Mangifera indica* L.) var. *Tommy atkins* fertilized with organic sources in semiarid Paraiba, through chemical, physical and biological soil properties. The experiment was conducted at the Department of Fruit Crops IFPB Campus Sousa, in a completely randomized design with eight treatments and three replications, totaling 24 experimental units. Held the soil collected in October 2013 at 0-20 cm depth in each experimental unit. For chemical attributes were evaluated: pH, electrical conductivity extract 1: 5; the Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^+ , K^+ and exchangeable P assimilable and the contents of total carbon and estimated the values of: base saturation and exchangeable sodium percentage. With the levels of total carbon, obtained the contents of organic matter. As for physical attributes is evaluated: the proportions of sand, silt and clay, the degree of flocculation, particle density, bulk density and total porosity. The biological attributes evaluated were: occurrence and density of microorganisms, soil respiration, biomass C and metabolic quotient. No statistically significant differences were found for physical and chemical indicators of soil quality attributes. The highest values were observed for the metabolic quotient were for poultry manure and organic compost. The principal component analysis allowed the joint visualization of chemical, physical and biological attributes, checking how the attributes were affected by the presence or absence of organic sources.

Keywords: Organic fertilizers, agro ecosystems, soil attributes, quality indicators.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Cultura da mangueira (<i>Mangífera indica</i> L.).....	16
2.2. Qualidade do Solo.....	18
2.3. Indicadores da Qualidade do Solo.....	19
2.4. Atributos do Solo.....	22
2.5. Adubos Orgânicos.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Caracterização geral da área.....	27
3.2. Caracterização do pomar.....	27
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.4. Coleta de solo.....	30
3.5. Determinação dos Atributos Químicos.....	30
3.6. Determinação dos Atributos Físicos.....	31
3.7. Determinação dos Atributos Biológicos.....	31
3.8. Análise Estatística.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural vital para a conservação dos ecossistemas terrestres, desempenhando um importante papel na sustentação e nutrição dos vegetais. Os principais componentes do solo são os elementos físicos tais como: partículas de areia, silte e argila, os elementos químicos, formas estáveis da matéria orgânica, a biota e gases (FOTH, 1990). Porém, a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas depende dos seus atributos físicos, químicos e biológicos e de suas interações dentro da cadeia produtiva (TAN, 1998).

A utilização intensiva de corretivos, adubos químicos e de agrotóxicos, associado ao uso exagerado da mecanização, ao monocultivo, conduziu a grande maioria dos solos a um processo de degradação, aumentando os problemas nutricionais das plantas. Assim, a busca por fertilizantes alternativos, capazes de biofortificar culturas e lidar com a deficiência de micronutrientes em plantas, tem sido objeto de estudos (MESSIAS et al., 2013).

As alterações provocadas pelos diferentes usos do solo na região semiárida, que apresenta características de solos e clima peculiares, devem ser estudadas para a proposição de modelos sustentáveis maximizando a produção e evitando degradação dos recursos naturais. Atualmente, poucos são os trabalhos que envolvem variáveis químicas e microbianas de solos na região semiárida e sua utilização como indicadores de qualidade do solo.

Nas últimas décadas, a preocupação com a avaliação da qualidade do solo tem merecido destacada atenção, e a quantificação de alterações nos seus atributos, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, têm sido amplamente realizadas para monitorar a produtividade sustentável dos solos e a conservação dos recursos naturais (NEVES et al., 2007). Em poucas décadas, o tema qualidade do solo tornou-se um importante foco de estudo em diversas partes do mundo (DORAN; PARKIN, 1994).

Segundo Penteado (2000), os fertilizantes orgânicos, sólidos e líquidos, são todos aqueles materiais de procedência vegetal, animal e agroindustrial que podem ser utilizados para fertilizar os solos como um todo e assim adubar as culturas. Devem ter alto valor agregado e baixo custo de aquisição e produção. Diferenciam-se dos adubos convencionais pela sua atividade e atuação sobre o solo, as plantas e o ambiente, onde

normalmente têm efeitos positivos como um todo, produzindo menores impactos que os convencionais.

O comportamento de fertilizantes orgânicos na cultura da mangueira é um assunto que ainda necessita ser estudado no Brasil, havendo poucas informações sobre os efeitos desses materiais, principalmente, na fase de produção. Estercos, cama de frango e compostos orgânicos têm sido os fertilizantes orgânicos mais empregados (GUIMARÃES, 1982; SILVA; LIMA, 2001; SANTOS; GILREATH, 2004;) embora a maioria das recomendações seja de caráter empírico (IYER, 2004; PINTO, 2005; SANTOS, 2007). Contudo, pesquisas dessa natureza também são escassas para as condições do Nordeste brasileiro, particularmente nas áreas de Perímetros Irrigados do semiárido Paraibano.

A utilização de adubos orgânicos tem efeitos pronunciados nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, resultando no aumento da produtividade das culturas e na melhoria da qualidade do solo (SOUSA; RESENDE, 2006; FIOREZZE; CERETA, 2006). Porém, os efeitos desses materiais no solo, na planta e no ambiente são variáveis e dependentes da sua composição química e física, da dose aplicada, do modo, da época, da frequência e do tempo de aplicação (PANDOLFO et al., 2008).

Em função dos usos, diferentes manejos são aplicados aos solos, os quais modificam seus atributos de maneira diferenciada melhorando algumas propriedades e degradando outras. Por outro lado, a investigação de atributos dos solos em perímetros irrigados, trará informações importantes sobre a qualidade do solo e sua capacidade produtiva, modificada de acordo com o uso.

Mudanças na qualidade do solo podem ser averiguadas por meio de indicadores, e comparadas aos valores definidos como desejáveis, pela demarcação de limites críticos, considerados como limiares para a sustentabilidade de agroecossistemas, baseados em uma média de condições locais (ARSHAD; MARTIN, 2002).

O estudo dos atributos químicos é importante na detecção de elementos em excesso, especialmente aqueles cuja presença pode ter efeito prejudicial tanto à planta como ao solo. O conhecimento dos atributos químicos dos solos permite uma melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e pode fornecer subsídios à adequação das recomendações de adubação e manejo da irrigação, de modo a aumentar o rendimento agrícola (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Os atributos biológicos do solo podem ser considerados indicadores de alguns processos que ocorrem no solo em resposta às perturbações antropogênicas, podendo

constituir-se importantes variáveis para predizer a qualidade dos ecossistemas agrícolas (CHAER et al., 2009). Apesar disso, estudos de resposta microbiológica de sistemas edáficos a intervenções antrópicas são relativamente escassos para as condições do Nordeste brasileiro.

Considerando que o solo é um sistema complexo e dinâmico, torna-se necessária uma integração dos dados obtidos, dentro de uma abordagem sistêmica. Algumas tentativas, nessa direção, têm sido realizadas utilizando índices de e/ou ferramentas de estatísticas multivariadas, tornando-se um modo de avaliação fácil e preciso de conjunto de dados ou indicadores de natureza (CHAER; TÓTOLA, 2007; CRUZ; REGAZZI, 1994; STENBERG, 1999).

A estatística multivariada é uma técnica cada vez mais popular usada para analisar conjuntos complexos de dados (TABACHNICK; FIDELL, 2007). A análise dos componentes principais (ACP) é uma técnica que transforma um conjunto grande de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis componentes principais, as quais são combinações lineares dos valores originais, representando a maior variabilidade do conjunto de dados iniciais (NIELSEN; WINDING, 2002).

Essa ferramenta simplifica a interpretação de um grande número de dados e pode ser usada no desenvolvimento de um índice de qualidade do solo, além de distinguir as áreas em função do manejo do solo e determinar quais são os parâmetros mais importantes para caracterizá-las (SENA et al., 2002).

Pelo exposto e considerando a atual demanda por frutas tropicais de qualidade, inclusive, oriundas de produção orgânica, a perspectiva de expansão da mangicultura nos Projetos de Irrigação do Semiárido Paraibano, a escassez de informações sobre o manejo de adubos orgânicos para a cultura nas condições citadas e a necessidade de avaliação mais pormenorizada dos fatores e variáveis envolvidos em estudos de longa duração, tornam necessários trabalhos dessa natureza nas condições edafoclimáticas consideradas, visando subsidiar a exploração mais racional e sustentável dessa fruteira na região.

Diante disto, objetivou-se avaliar a qualidade de solo cultivado com mangueiras (*Mangífera indica* L.) var. *Tommy atkins* adubadas com fontes orgânicas no semiárido paraibano, e identificar as alterações promovidas individualmente pelos adubos orgânicos nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura da mangueira (*Mangífera indica* L.)

A mangueira (*Mangífera indica* L.) é uma frutífera que pertence à família *Anacardiaceae* e à classe Dicotiledônea. É originária do sul da Ásia, do centro Indiano e do subcentro Indo-Malaio (PINTO, 2005). Trata-se de uma fruta tropical de grande aceitação pelos consumidores em virtude de suas características exóticas e da composição nutricional.

Estima-se existir, em solo brasileiro, um elevado número de variedades conhecidas de mangas. Algumas dessas variedades são originárias da Ásia, outras são oriundas de cruzamentos aleatórios nos campos, ou foram geneticamente induzidas, buscando a melhoria de variedades de alto valor agregado (GOMES, 1983). Dentre as variedades introduzidas no Brasil a partir da década de 60, que constituem a base da mangicultura brasileira para exportação, destaca-se a *Tommy atkins*. A cultivar responde por 80% dos plantios de manga em função de sua maior resistência a pragas e doenças, e por apresentar maior durabilidade pós-colheita. Esta variedade juntamente com a variedade rosa e espada são as de maior produção e consumo na região Nordeste (GENÚ; PINTO, 2002).

A cultivar *Tommy atkins* produz frutos classificados botanicamente como drupa, de tamanho médio para grande (400 a 700 g), formato ovalado a oblongo, superfície lisa, com casca espessa, coloração laranja-amarela coberta com vermelho e púrpura intensa. A polpa apresenta cor amarelo-escura, consistência firme, suculenta e contendo teor médio de fibras. No interior da polpa, encontra-se a semente monoembriônica, pequena, representando de 6 a 8% do peso do fruto, que é recoberta por um endocarpo fibroso (CUNHA et al. 1994; DONADIO, 2002; PINTO et al., 2002).

Segundo Cunha et al. (2002), a época de maturação dos frutos, cujo crescimento apresenta padrão sigmóide, varia entre as diversas regiões produtoras, e o período de desenvolvimento é em geral, de 100 a 150 dias. Em regiões mais quentes, como a do Nordeste Semiárido, esse período é menor.

De acordo com Almeida et al. (2005), a mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola do Brasil, apresentando desempenho crescente nos últimos anos. Desde 1999 é o segundo maior exportador dessa fruta, perdendo apenas para o México, e o nono maior produtor mundial de manga, onde a Índia é o primeiro.

O Brasil vem ampliando sua participação nas exportações mundiais e gerando empregos e renda em todo o território nacional, especialmente no Nordeste, a região que mais exporta manga, destacando-se os Estados da Bahia e Pernambuco. Em relação às principais variedades cultivadas no Brasil em áreas comerciais destacam-se: '*Tommy atkins*', em maior quantidade, '*Haden*', '*Keitt*', '*Van Dyke*', '*Rosa*', '*Ubá*', entre outras (FARONI et al., 2009).

De acordo com o IBGE (2009), os principais produtores nacionais são os estados da Bahia, São Paulo, Pernambuco, Minas Gerais, Ceará e Paraíba, os quais respondem por quase 70 % da produção nacional. No estado da Paraíba, a produção de manga vem se expandindo, principalmente, nos Perímetros Irrigados, alcançando em 2008, cerca de 23 mil toneladas (IBGE, 2009).

De acordo com Amorim (2002), a mangicultura na região semiárida destaca-se no cenário nacional, não apenas pela expansão da área cultivada e do volume de produção, mas, principalmente, pelos altos rendimentos alcançados e qualidade da manga produzida.

É cultivada em todos os estados do Nordeste, em particular nas áreas irrigadas, que apresentam condições adequadas para o desenvolvimento da cultura e obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos. Esta cultura reveste-se de especial importância econômica e social, na medida em que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo, e destaca-se entre as culturas produzidas no país (AMORIM, 2002).

Segundo Malavolta (2001), a mangueira é exigente em nutrientes, mais que outras frutíferas, devido o hábito de alternância na produção, o que torna a adubação um dos mais importantes fatores pré-colheita na mangicultura. Dessa forma, a definição de doses de adubos orgânicos deve ter abrangência regionalizada, tendo em vista a diversidade de fatores envolvidos na resposta da cultura aos nutrientes (SOUZA; PREZOTTI, 1996).

Todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento da mangueira são direta ou indiretamente influenciados pelo ambiente. Assim, o conhecimento das respostas desta planta às variações ambientais é de fundamental importância para o estabelecimento de um manejo adequado às condições correntes, visando à melhoria da qualidade dos frutos e à maximização da produtividade.

2.2. Qualidade do Solo

O solo é um corpo dinâmico, vivo e natural que determina muitas funções fundamentais nos ecossistemas terrestres. O interesse pelo tema qualidade dos solos tem sido estimulado pela recente conscientização de que o solo é um recurso vital tanto para a produção de alimentos e fibras quanto para o funcionamento global dos ecossistemas, bem como pela constatação de que processos de degradação têm afetado uma porção considerável dos solos atualmente em uso (DORAN et al., 1996). O interesse no estudo sobre a qualidade do solo se comprova com o crescente número de trabalhos indexados em periódicos internacionais (KARLEN et al., 1997).

Larson e Pierce (1994) definiram qualidade de solo como a capacidade de uma classe específica de solo em realizar, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, várias funções intrínsecas e extrínsecas, representadas por um conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas, que juntas propiciam um meio para sustentar a produtividade das plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade da água e do ar, e sustentar a saúde e habitação do ser humano.

De forma geral, a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural do solo, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem (CHAER, 2001). Porém, devido à heterogeneidade e à dinâmica do compartimento do solo, a sua qualidade não pode ser mensurada diretamente, podendo ser estimada a partir de indicadores arbitrados pelo homem.

As mudanças nos aspectos da qualidade do solo têm sido avaliadas por intermédio de sistemas quantitativos em que se utilizam indicadores apropriados, efetuando-se a comparação com valores desejáveis em diferentes intervalos de tempo, para um fim específico em ecossistemas diversos (KARLEN; STOTT, 1994; MELO FILHO et al., 2007).

Pelo fato de necessitar de um número razoável de variáveis, a qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, mas pode ser estimada a partir de indicadores de qualidade do solo (KARLEN; STOTT, 1994; KARLEN et al., 1997; ANDREWS et al., 2004).

Como a microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais

sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (TRANNIN et al., 2007).

A qualidade do solo é o resultado de contínuos processos de degradação e conservação e representa a contínua capacidade do solo de funcionar como um ecossistema vital. Um balanço único de componentes químicos, físicos e biológicos incluindo microrganismos contribui para a manutenção da qualidade do solo (NILSEN; WINDING, 2002).

Entender e conhecer a qualidade do solo possibilita manejá-lo de maneira responsável, de modo a otimizar seu uso no presente, sem comprometê-lo no futuro.

2.3. Indicadores de Qualidade do Solo

O solo possui propriedades químicas, biológicas e físicas que interagem de maneira complexa, determinando sua qualidade e capacidade de uso. Dessa forma, ainda que sua qualidade não possa ser medida diretamente, mas pode ser inferidos a partir das mudanças avaliadas nos seus atributos ou nos atributos do ecossistema, conhecidos como indicadores (SEYBOLD et al., 1997).

Indicador é uma ferramenta que mede uma condição, um processo, uma reação ou um comportamento e que permite a aquisição de informações sobre uma dada realidade, em resposta às atividades antrópicas exercidas dentro de um determinado sistema (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Segundo Karlen et al. (1997), indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis quantitativas e/ou qualitativas do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema. A utilização de indicadores de qualidade do solo, relacionados à sua funcionalidade, constitui uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente.

Islam e Weil (2000) dividiram os indicadores em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; e, entre estes, estão os indicadores intermediários, que demonstram uma crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico

total e ativo. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para integrarem um índice de qualidade do solo.

De acordo com Pankhurst et al. (1997), os indicadores de qualidade do solo deveriam apresentar as seguintes propriedades: serem ligados ou correlacionados aos processos dos ecossistemas, integrarem as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, possuírem uma facilidade e custos viáveis para a sua medição e avaliação, reagirem às variações de manejo e clima em uma escala de tempo apropriada, e que componham um banco de informações de dados já existentes sobre a qualidade de solos ou que se busque um ponto de referência local.

Os indicadores físicos de qualidade de solo assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como: taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Entre os principais indicadores físicos de qualidade de solo, sob o ponto de vista agrícola, estão: a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água (LAL, 1999).

Os indicadores químicos de qualidade de solo apresentam relevância nos estudos agrônômicos e ambientais, podendo ser divididos ou agrupados em quatro grupos: aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento; aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas; aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions e aqueles que indicam contaminação ou poluição (ARSHAD; MARTIN, 2002).

Muitas evidências vêm sendo levantadas com relação ao potencial do uso de parâmetros biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. Estes parâmetros possuem um grau de sensibilidade suficiente para apontar estresses ambientais e mudanças ou progressos na estrutura e na fertilidade do solo em um curto período de tempo, quando acompanhados da determinação de alguns parâmetros físicos e químicos do solo, como a textura, pH, saturação de bases, dentre outros (VALARINI et al., 2003).

De acordo com Reichert et al. (2003), a utilização de parâmetros biológicos, como a biomassa microbiana, enzimas, identificação da microfauna, entre outros, muitas vezes exige uma maior disponibilidade de tempo para a apuração dos resultados.

A respiração microbiana apresenta grande potencial de utilização como indicador da qualidade de solos em áreas degradadas, relacionando-se com a perda de

carbono orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera, reciclagem de nutrientes, resposta a diferentes estratégias de manejo do solo (PARKIN et al., 1996).

Uma das dificuldades da utilização da biomassa microbiana como um indicador de qualidade do solo é que o seu tamanho pode ser influenciado pela disponibilidade e pela qualidade do substrato, podendo haver elevações temporárias, mesmo em solos degradados. Outro fator que pode complicar a sua avaliação como indicador de qualidade de solo é a condição de umidade do solo.

Dentre os indicadores do solo capazes de representar a comunidade microbiana, o C microbiano destaca-se devido à sua relação com a matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (DE-POLLI; GUERRA, 1999).

A matéria orgânica do solo pode expressar eficientemente a qualidade do solo por ser considerado um importante indicador da qualidade do solo, pois está relacionada com diversas de suas propriedades químicas, físicas e biológicas (GREGORICH et al., 1994; SEYBOLD et al., 1998). O teor de C orgânico tem sido utilizado frequentemente como indicador-chave da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (SILVA JÚNIOR et al., 2004; JANSEN, 2005).

Teores de matéria orgânica também podem ser utilizados como indicador de qualidade do solo e de sustentabilidade dos sistemas de produção partindo da definição de um teor crítico, a partir do qual, a qualidade do solo fica comprometida, variando de solo para solo. Como o conteúdo da matéria orgânica no solo muda de forma muito lenta ao longo do tempo, têm sido propostos alguns indicadores de qualidade do solo que procuram identificar compartimentos da matéria orgânica que melhor expressem as alterações no manejo do solo (MIELNICZUK et al., 2003).

A mineralização do nitrogênio orgânico do solo tem sido sugerida como um indicador útil para a qualidade do solo, já que tanto a acumulação quanto a mineralização do N no solo são predominantemente processos biológicos de acordo com Sparling (1997), além de está diretamente relacionada com o caráter lábil ou recalcitrante das frações e com atividade dos grupos microbianos que as utilizam (CAMARGO et al., 1997).

Sem dúvida, o uso de indicadores de qualidade do solo, como o nitrogênio potencialmente mineralizável (NPM), pode auxiliar na avaliação do nível da capacidade produtiva do solo, como também no processo de gerenciamento do nitrogênio para os cultivos, visando uma maior eficiência na ciclagem e retenção de nutrientes nos agroecossistemas. A vinculação deste indicador com aspectos mais gerais, relacionados

ao manejo e ao meio ambiente, possibilita uma melhor contextualização e compreensão dos processos que englobam não só a dinâmica dos nutrientes e a qualidade do solo, mas também aspectos socioeconômicos e culturais (SCHELLER, 1999).

Os microrganismos podem ser utilizados como sensíveis bioindicadores da qualidade do solo. Segundo Doran e Parkin (1994), bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado deste ecossistema, podendo ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo. Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que muitas vezes não é observada nos indicadores químicos ou físicos, (TODA; VASQUES; ARAÚJO, 2010).

Como o número possível de indicadores é muito grande, a aplicação de índices de qualidade e o uso de análise estatística multivariada podem ajudar na interpretação dos resultados (BARETTA, 2007).

A avaliação dos possíveis indicadores de qualidade do solo e sua efetiva identificação são complicadas pela multiplicidade dos fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos biogeoquímicos e suas variações no tempo, espaço e intensidade (DORAN et al., 1994). Dessa maneira, técnicas estatísticas têm sido aplicadas para identificar e quantificar os indicadores que causam influência significativa sobre os resultados dos experimentos.

2.4. Atributos do Solo

As avaliações de usos agrícolas de solos utilizando-se atributos do solo como indicadores é um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos com o objetivo de adaptar sistemas ou propor usos do solo mais sustentáveis (CORRÊA et al., 2009).

Os atributos do solo podem variar com o uso, conforme constatado por Su et al. (2004), que analisaram três usos do solo: cultivo de ciclo curto por três anos (CC), pastejo contínuo (PC) e pousio por cinco anos (P5). Esses autores observaram que os usos P5 e PC, em comparação com o uso CC, apresentaram maiores valores ($p < 0,05$) das variáveis C orgânico total, P total e disponível e N disponível na camada de 0–2,5 cm.

A qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo (DORAN; PARKIN, 1994). No solo, existem diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e

biológicos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço.

Assim, alterações no solo podem alterar diretamente sua estrutura e sua atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos nos agroecossistemas, podendo promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas (BROOKES, 1995).

Solo sob cultivo apresenta alterações de suas propriedades físicas, quando comparado com aquele encontrado em áreas nativas. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo que nos conservacionistas, manifestando-se, geralmente, na densidade do solo, profundidade do perfil, volume e tamanho de poros e estabilidade de agregados, que influenciam a infiltração e capacidade de retenção de água, erosão hídrica, crescimento radicular e emergência de plântulas (MENDES et al., 2006).

Os atributos dinâmicos da qualidade do solo estão sujeitas a alterações em espaços de tempo, sendo que a fração estável da matéria orgânica pode mudar em anos ou em décadas, enquanto que o pH e a fração lábil da matéria orgânica podem mudar em meses ou anos; entretanto a biomassa microbiana, a taxa de respiração, as taxas de mineralização de nutrientes e a macroporosidade podem mudar em horas ou dias. Assim, a manutenção e/ou a melhoria da dinâmica da qualidade do solo envolve, principalmente, aqueles atributos e/ou indicadores que estão mais sujeitos a alterações, perdas, esgotamentos e poluição, e são fortemente influenciados por práticas agronômicas (CARTER et al., 1997).

O solo é habitat natural de microrganismos responsáveis por inúmeras funções, cuja influência pode ser direta, como a decomposição de materiais orgânicos ou inorgânicos, ciclagem de nutrientes, ou indireta; como a modificação da textura, da estrutura e da capacidade de retenção de água, garantindo assim o fluxo de energia aos diferentes níveis tróficos (SCHMIDT, 2006).

Os microrganismos do solo são os principais responsáveis pelos processos de decomposição de resíduos orgânicos e aumento da disponibilidade de nutrientes às plantas; fixação biológica de nitrogênio; aumento no crescimento vegetativo; produção de hormônios; proteção contra patógenos; biodegradação de xenobióticos; aumento da tolerância à acidez do solo; formação de agregados e melhoria da estrutura do solo, entre outras atividades. Seu potencial de utilização como indicadores da qualidade do solo vem conquistando espaço no campo científico (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A substituição de um sistema em equilíbrio, como a vegetação nativa, por cultivos agrícolas implica em alterações dos atributos dos solos. Estas alterações são dependentes de fatores como o clima, solo, cultura implantada e manejo adotado. Nesse contexto, os solos podem sofrer grandes variações de seus atributos químicos, físicos e biológicos e a vegetação nativa pode ser utilizada como referencial na avaliação da qualidade dos solos por meio desses atributos, (SANTOS, 2010).

Um dos processos do solo mais influenciados pela matéria orgânica é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente, são interferidos os seus atributos físicos, como densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água, entre outros, que são fundamentais à capacidade produtiva do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Os impactos na qualidade física do solo, em consequência do seu manejo, podem ser quantificados, utilizando-se diferentes atributos físicos relacionados com a estabilidade estrutural do solo, como porosidade total, tamanho e continuidade de poros (BEUTLER et al., 2001).

Diante disso, a variação desses atributos, determinada pelo manejo e uso do solo, e sua avaliação são importantes para o melhor manejo visando à sustentabilidade do sistema.

2.5. Adubos Orgânicos

A agricultura sustentável engloba várias correntes de ideias, bem como procedimentos, e tem como objetivo permanente a proteção dos recursos naturais, a manutenção e o aumento da produtividade, a redução dos riscos e a promoção econômica e social, garantindo boa qualidade de vida para o presente e o futuro.

Um exemplo disso tem sido o uso de adubos orgânicos, cuja significativa expansão nos últimos anos, decorrente do efeito demonstrativo dos custos e benefícios de sua prática, faz dele um dos melhores exemplos de agricultura sustentável no Brasil. Nessa forma de manejo, o solo é perturbado o mínimo possível em sua estrutura física e características biológicas, em oposição ao plantio convencional, caracterizado por processos que acabam por acelerar a degradação dos solos.

O uso de adubos orgânicos ou a própria adubação orgânica compreende o uso dos resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e outros, com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas sem que a propriedade perca o caminho da sustentabilidade ambiental e possa caminhar no sentido da preservação dos

recursos naturais, e pensar no futuro onde esses recursos serão utilizados pelas próximas gerações (TEIXEIRA, 2002).

O interesse pela aplicação de resíduos de animais e vegetais e subprodutos orgânicos industrializados no solo tem aumentado nos últimos anos (WIETHÖLTER, 1994). Os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais, se corretamente manejados e utilizados, revertem em fornecedores de nutrientes para a produção de alimentos e melhoradores das condições físicas, químicas e biológicas do solo (CAMARGO; SANTOS; GUERRA, 1999).

Antes de qualquer aplicação de adubos, deve-se, primeiramente, coletar amostras de solos para análise (BARBOSA, 2009). É o que se faz mais comumente na área de cultivo de culturas em que se deseja utilizar a adubação orgânica, pois, de acordo com o resultado da análise do solo, orientam-se nutrientes que estão em deficiência ou carência naquele solo e, dessa forma, fazer a adubação de forma correta.

De acordo com Costa (1994), os materiais orgânicos podem ser usados como fontes de nutrientes e como condicionadores do solo, melhorando as suas características físicas e químicas, como aumento na capacidade de retenção de água, na aeração do solo, no pH e na capacidade de troca de cátions (CTC).

Os produtos orgânicos a serem utilizados para a fertilização não podem ser provenientes de resíduos contaminados por metais pesados e componentes químicos tóxicos, precisam ser homologados pela legislação e regulamentações das entidades certificadoras de agricultura orgânica, tanto a nível nacional, quanto internacional (PENTEADO, 2000).

Como fontes de nutrientes, os resíduos orgânicos podem apresentar quantidades expressivas de nitrogênio, de potássio e de fósforo, constituindo-se em alternativas para fornecer esses elementos para as frutíferas. Entretanto, os efeitos desses produtos sobre o desenvolvimento das frutíferas dependem da dose aplicada, do tipo de solo, da granulometria do material, da época de aplicação e das condições climáticas (SOUZA, 1998).

Alguns compostos orgânicos têm a propriedade de se ligarem com íons metálicos de ferro, manganês, alumínio, zinco e cobre, complexando-os. Por este processo, em alguns casos, é possível eliminar-se efeitos tóxicos de manganês e alumínio por meio da adubação orgânica (KIEHL, 1998). A utilização de compostos melhora a estruturação do solo, dando mais agregação entre os colóides minerais e

orgânicos, fazendo com que melhore a disponibilidade de nutrientes e também diminua a lixiviação de nutrientes no solo (KIEHL, 1993).

O efeito do composto orgânico, após ser incorporado no solo, é de extrema importância para a vida microbiana, pois este fornece nutriente e energia para a microbiota completar seus ciclos, proporcionando um maior equilíbrio ao solo. Os compostos orgânicos fornecem microrganismos que ajudam a fazer a ciclagem dos nutrientes, e esses próprios microrganismos, quando morrem, também se tornam fonte de nutrientes às plantas, pois irão liberar nutrientes quando estiver em decomposição (KIEHL, 1993).

Os fertilizantes de origem animal podem ser empregados de forma crua, curtidos e/ou compostos, dependendo do tipo de alimentação recebida pelo animal (PENTEADO, 2007). O esterco curtido é o envelhecimento do esterco sob condições não controladas. Onde há um aquecimento da massa sobre a ação das bactérias termófilas que vão consumindo os compostos do carbono do material, aumentando assim o teor de outros nutrientes dos resíduos.

Segundo Penteado (2000), os adubos advindos de resíduos de fezes de aves, como no caso da cama de frango, são mais ricos em nitrogênio que os dos ruminantes e dos suínos, ficando a critério de o agricultor utilizar o adubo proveniente de resíduos mais acessíveis e viáveis à sua cultura, de modo a aumentar sua produtividade e preocupação com os próximos anos de suas culturas, sem ter mais necessidade de corrigir o solo com quantidades elevadas de adubos.

Analisando esterco proveniente de animais, Kiehl (1985) descobriu que os esterco frescos são materiais que entram na fermentação rapidamente, e as dejeções são ricas em microrganismos. A partir deste ponto de vista, nota-se o valor do esterco para a produção de adubos orgânicos, onde se encontram fontes de proteínas ideais para equilibrar o solo e garantir às plantas os nutrientes necessários para o seu ciclo de vida vegetativa.

A partir dessas constatações, faz-se necessário o direcionamento de pesquisas para a agricultura sustentável, em que o manejo da matéria orgânica no sistema mostra-se como uma das soluções viáveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral da área

O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba *Campus* Sousa, localizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB, cujas coordenadas geográficas são 6°45' S de latitude, 38°13' W de longitude e altitude de 233 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSh (semiárido quente), com temperatura média anual de 27,8°C, precipitação média anual de 894 mm, concentrada nos meses de janeiro a maio e umidade relativa do ar de 58 % (CORRÊA et al., 2009).

O solo da área experimental está classificado como Neossolo Flúvico, com baixos teores de matéria orgânica (EMBRAPA, 2006).

3.2. Caracterização do pomar

O experimento foi conduzido em pomar de mangueiras *Tommy atkins*, plantadas em 1997 no espaçamento 8 x 8 m. As doses dos materiais orgânicos, aplicadas nos anos de 2010 e 2011 no experimento de Chaves et al (2010), foram estabelecidas conforme recomendações de adubação para a mangueira, em fase de produção, de acordo com Magalhães e Borges (2000). As doses objetivaram atender à demanda de N pela cultura (100 kg ha⁻¹) e foram calculadas de acordo com os resultados da análise de solo e dos materiais orgânicos, utilizando-se a expressão proposta por Furtini Neto et al. (2001) citados por Theodoro et al. (2007):

$$X = A / (B/100 \times C/100 \times D/100)$$

Em que:

X = dose de material orgânico a ser aplicado, kg ha⁻¹;

A = dose de N requerida pela cultura para determinada produtividade, kg ha⁻¹;

B = teor de matéria seca do material orgânico, %;

C = teor de N na matéria seca do material orgânico, %;

D = índice de conversão de N da forma orgânica para a forma mineral, 50% para o primeiro ano.

Antes da aplicação das doses dos materiais orgânicos, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm para fins de caracterização física (EMBRAPA, 1997) e química do solo (TEDESCO et al., 1995).

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo, nas camadas de 0-20 cm, antes da instalação do experimento, São Gonçalo-PB 2010.

Atributo ¹	Camada 0-20 cm
pH,CaCl ₂	6,0
MO, g kg ⁻¹	16,5
P, mg dm ⁻³	15,0
K ⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,14
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	7,4
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	3,3
Areia, g kg ⁻¹	539,0
Silte, g kg ⁻¹	268,0
Argila, g kg ⁻¹	193,0
Ds, g cm ⁻³	1,30
Dp, g cm ⁻³	2,45
Pt, %	46,75
Classe textural	Franco-arenoso

^{1/} EMBRAPA (1997); MO = matéria orgânica; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; Pt = porosidade total; nd = não determinado. Fonte: (CHAVES et al., 2010).

Com base nestes critérios, foram aplicadas as seguintes quantidades dos materiais orgânicos, em kg planta⁻¹, respectivamente: esterco de aves (EA) = 48,0; esterco bovino (EB) = 90,0; esterco ovino (EO) = 63,0; esterco suíno (ES) = 55,0; cama de frango (CF) = 60,0 e composto orgânico (CO) = 160,0. Produziu-se o composto orgânico, conforme recomendações técnicas de Souza e Resende (2006), utilizando-se na sua composição esterco bovino, materiais de poda das mangueiras (folhas e galhos finos), taboa (*Typha* sp) e resíduos (casca e palha) de coqueiros, disponíveis no local.

As doses de N, P e K da adubação mineral foram definidas também com base nos resultados da análise de solo e nas mesmas recomendações técnicas, utilizando-se de ureia (1,4 kg/planta), superfosfato simples (353 g/planta) e cloreto de potássio (214 g/planta) como fontes de nutrientes (MAGALHÃES; BORGES, 2000).

As doses dos tratamentos foram aplicadas na projeção da copa, a uma distância de 1,0 m do tronco, incorporadas na camada de 0-20 cm e parceladas em duas aplicações

(1/3 após a colheita do ciclo anterior em abril de 2010, e 2/3 após 60 dias da primeira aplicação em agosto de 2010).

Os materiais orgânicos, como descrito e determinados por Chaves et al. (2010), foram coletados no *Campus* do IFPB, localizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB. Após coletadas, secaram-se as amostras em estufa (± 65 °C) e encaminharam-nas aos Laboratórios de Análise de Solos e Tecido Vegetal do CCA/UFPB para determinação dos teores de C, N, P, K, Ca, Mg e S (TEDESCO et al., 1995) (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização química dos adubos orgânicos: esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2010.

Resíduo	C	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	C/P	C/S
	-----g kg ⁻¹ -----									
EA	319,3	45,3	32,9	17,3	21,7	3,6	14,0	7,0	9,7	22,8
EB ¹	388,0	21,3	15,7	22,9	3,6	5,6	4,1	18,2	24,7	94,6
EO	475,9	22,6	10,9	22,0	4,6	4,6	11,6	21,1	43,7	41,0
ES	439,9	23,4	34,5	11,9	7,7	7,5	8,5	18,8	12,7	51,8
CF	311,0	36,2	22,4	15,5	6,3	3,4	3,8	8,6	13,9	81,8
CO ¹	346,0	12,6	19,2	11,8	1,8	1,2	2,3	27,4	5,8	48,4
Coqueiro ¹	399,5	5,1	nd	nd	nd	nd	nd	78,6	nd	nd
Mangueira ¹	246,8	7,0	nd	nd	nd	nd	nd	35,3	nd	nd
Taboa ¹	351,1	8,6	nd	nd	nd	nd	nd	40,9	nd	nd

¹Materiais orgânicos utilizados na preparação do composto orgânico; nd = não determinado Chaves et al. (2010).

Fizeram-se os tratos culturais de acordo com as recomendações técnicas para a cultura e, de acordo, com as recomendações de Borges et al. (2006) para o cultivo orgânico de fruteiras. Conduziu-se o experimento sob condições de irrigação, utilizando-se o sistema de micro aspersão. A lâmina de água aplicada em cada estágio fenológico da cultura foi definida com base no tanque Classe A e no Kc da cultura.

A área de mangueiras *Tommy atkins* já vem sendo adubada com fontes orgânicas desde 1997, ano do seu plantio. De 1997 a 2011, realizaram-se 4 adubações, utilizando-se de adubos orgânicos provenientes dos setores de produção do IFPB *Campus* Sousa.

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos constaram de seis fertilizantes orgânicos: [esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO)], adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação).

3.4. Coleta de solo

Realizou-se a coleta de solo, em outubro de 2013, na profundidade 0-20 cm em cada unidade experimental em forma de alvo, com dois círculos concêntricos seguindo metodologia de coleta de solo modificada de Fidalgo et al. (2005). O menor círculo com raio de um metro e o maior com dois metros, onde foram coletadas de cada atributo do solo seis amostras simples para obtenção de uma amostra composta de cada atributo. O ponto central do círculo correspondeu à mangueira (Figura 1).

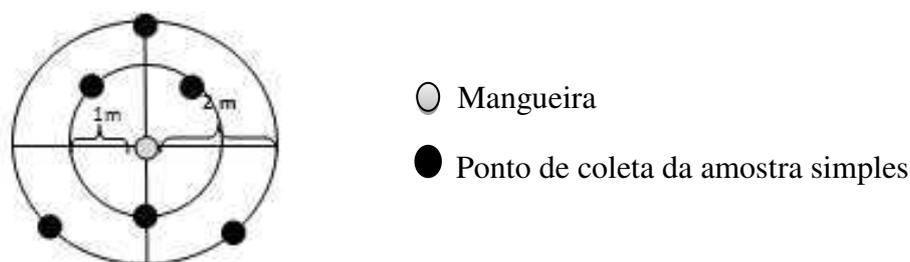


Figura 1. Esquema de coleta de solo para formação de cada amostra composta por parcela. O ponto do centro do alvo correspondeu à mangueira. Os seis pontos em negrito representam as amostras simples.

Após a coleta, as amostras foram identificadas, acondicionadas em caixa de isopor e, em seguida, encaminharam-se as amostras biológicas ao Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB; as amostras físicas e químicas ao Laboratório de Água e Solos do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus* Sousa-PB.

3.5. Determinação dos Atributos Químicos

Após secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, foram determinadas nas amostras compostas o pH em água, a condutividade elétrica (CE) no extrato 1:5; os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+} trocáveis e P assimilável e os teores de carbono total

(CO), de acordo com metodologia proposta pela Embrapa (1997) e os teores de nitrogênio total, conforme (TEDESCO et al., 1995).

Os teores trocáveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} foram obtidos por complexação com EDTA, enquanto os teores de Na^{+} e K^{+} foram determinados por fotometria de chama. Os teores de fósforo foram determinados colorimetricamente pelo método do azul do molibdênio (EMBRAPA, 1997).

De posse desses atributos, estimaram-se os valores de: saturação por base (V%) e percentagem de sódio trocável (PST). Com os teores de carbono total, obtiveram-se os teores de matéria orgânica (MO) pela fórmula: $\text{MO} = \text{C orgânico} \times 1,724$.

3.6. Determinação dos Atributos Físicos

Quanto aos atributos físicos avaliaram-se: os teores de areia, silte e argila, o grau de floculação, densidade de partículas, densidade do solo e a porosidade total. A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro de *Bouyoucos*, utilizando o hidróxido de sódio como dispersante (EMBRAPA, 1997).

Determinou-se a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico com álcool e a densidade global pelo método do anel volumétrico com amostras deformadas (CAMARGO et al., 2009). Estimou-se a porosidade total com os dados de densidade de partículas e densidade do solo.

3.7. Determinação dos Atributos Biológicos

Os atributos biológicos avaliados constaram de ocorrência, densidade de microrganismo e respiração, C da biomassa e quociente metabólico.

O número mais provável (NMP) de bactérias e fungos do solo foi determinado pelo método do plaqueamento por gotas, após diluição de amostras de solo em meios de cultura mantidos a 28°C. O número total de microrganismos solubilizadores de fosfato presentes nos solos foi determinado por meio de unidades formadoras de colônias (UFC), utilizando-se o método de inoculação de suspensões diluídas de solo em meios de cultura específicos, com 3 repetições por diluição.

Os meios utilizados foram ágar nutriente para bactérias totais, meio Martin para fungos totais, conforme Wollum II (1982) e meio GES para microrganismos (SILVESTER-BRADLEY et al., 1982). As placas com os meios inoculados foram incubadas em temperatura de 28°C e avaliadas aos três dias para bactérias e aos sete dias para fungos e microrganismos solubilizadores de fosfato.

Determinaram-se os teores de carbono da biomassa microbiana (C-BM) pelo método da irradiação-extração, conforme método descrito por Brookes et al. (1982) e Islam e Weil (1998), usando o fator de conversão (Kc) de fluxo de C para C da biomassa microbiana igual a 0,33 (SPARLING; WEST, 1988). A respiração microbiana do solo mensurada pela captura do C-CO₂ produzido no solo pelo NaOH em ambiente hermeticamente fechado de acordo com Alef e Nannipieri (1995) e o quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração basal e o carbono de biomassa (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

3.8. Análise Estatística

A análise estatística foi efetuada mediante análise de variância e teste de médias de Scott-knott ao nível de 5% de significância com auxílio do programa SISVAR[®] (FERREIRA, 2000). Os atributos foram avaliados também por meio de análise multivariada de componentes principais por meio do programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade do solo realizada por meio dos atributos químicos indicou que não houve alterações significativas pela aplicação dos adubos orgânicos (Tabela 3). Isto significa que o comportamento das variáveis não dependeu do tipo de adubo orgânico aplicado. Isso ocorreu possivelmente pelo solo da área possuir, naturalmente, elevados teores de nutrientes em função do histórico da área, que vem há muitos anos sendo cultivada e adubada regularmente com doses elevadas de adubos orgânicos.

Tabela 3. Atributos químicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘Tommy atkins’, adubadas com as fontes orgânicas: esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

Fontes Orgânicas	Atributos do Solo										
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	C	MO	PST	SB	N
EA	7,28a	884,33a	0,64a	0,50a	10,93a	3,36a	12,10a	20,87a	6,36a	15,11a	1,92a
EB	7,06a	29,66a	0,48a	0,10a	9,80a	4,83a	11,78a	20,31a	7,28a	15,22a	2,04a
EO	7,06a	27,66a	0,56a	0,09a	9,73a	3,90a	12,21a	21,06a	3,46a	14,28a	1,70a
ES	7,14a	604,66a	0,60a	0,13a	11,00a	4,43a	13,49a	23,27a	4,84a	16,17a	1,93a
CF	7,08a	349,33a	0,64a	0,15a	11,06a	3,90a	14,03a	24,19a	5,46a	15,76a	1,85a
CO	7,33a	1112,33a	1,01a	0,12a	11,86a	3,83a	13,12a	22,62a	5,43a	16,86a	1,84a
NPK	7,35a	548,33a	0,53a	0,09a	10,60a	2,90a	11,42a	23,01a	3,78a	14,13a	1,47a
T	7,31a	394,66a	0,51a	0,13a	10,40a	4,16a	13,28a	22,43a	5,04a	15,21a	1,36a
DMS	0,48	1442,34	0,76	0,56	4,89	2,33	5,97	7,81	7,43	5,21	0,82
CV (%)	2,33	68,41	42,38	115,66	15,91	20,69	16,33	12,20	49,52	11,79	16,53

Para cada atributo, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância.

Com relação ao pH, houve elevação em relação à análise realizada antes da instalação do experimento, apresentada na Tabela 1, que passou de 6,0 para 7,35, apresentando, dessa forma, baixa alcalinidade. Whalen et al. (2000) afirmam que modificações no pH de solos, com adição de esterco, como o esterco bovino, são devidas não só ao tamponamento por carbonatos e bicarbonatos, mas também a outros compostos, como os ácidos orgânicos, os quais têm importante papel no tamponamento da acidez do solo e na variação do pH de solos manejados com esterco.

A alteração do pH, pela aplicação de resíduos orgânicos, segundo Raij (1991), pode estar relacionada com o alto poder-tampão do material orgânico; a possível neutralização do Al; o efeito da saturação de bases, estimulando a manutenção ou a formação de certas bases permutáveis, como Ca, Mg, K e Na, contribuindo para a redução da acidez, o aumento da alcalinidade e uma relação positiva com a capacidade de troca catiônica.

Segundo Malavolta (1976), o fósforo do solo é especialmente afetado pela variação do pH. Este elemento tem a sua maior solubilidade confinada a um pH em torno de 5,5- 6,0. À medida que o pH vai atingindo valores menores que 5,0, o fósforo vai se insolubilizando na forma de fosfatos de ferro e de alumínio, no processo conhecido como adsorção específica (MALAVOLTA, 1976).

Em pH muito elevado, igual ou maior que 7,0 como foi o caso deste trabalho, pode haver formação de fosfatos cálcicos [CaHPO_4 e $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$], insolúveis. Carneiro et al. (2009), avaliando a qualidade do solo por meio de indicadores químicos da qualidade do solo, obtiveram resultados diferentes aos anteriormente discutidos, onde os manejos e uso do solo alteraram os atributos químicos indicadores da qualidade do solo.

Apesar do P não ter apresentado alterações significativas estatisticamente, houve aumentos consideráveis nos teores de P em todos os tratamentos com a adição dos adubos, quando são comparados com a primeira análise. Freitas et al. (2013), ao avaliarem dados referentes ao atributo P, verificaram que não houve diferença significativa.

O K apresentou valores superiores aos apresentados na Tabela 1, onde as maiores médias foram obtidas nos tratamentos a base de CO, EA e CF, possivelmente devido à presença de nitrogênio na composição destes materiais, como observado na caracterização destes adubos. As plantas exigem grande quantidade de potássio, perdendo apenas para o nitrogênio. Os teores de Ca no solo foram maiores do que os de Mg. Isso já era esperado pela série de retenção de cátions, que determina que o Ca é mais fortemente retido na matriz coloidal do solo do que o Mg, fato comprovado em trabalho realizado por Quaggio (2000). Notou-se aumento dos teores de Ca com a aplicação de todos as fontes orgânicas. Já o Mg se manteve no nível inicial (tabela 1), com valores superiores para EB.

Houve aumento da matéria orgânica com a aplicação das fontes orgânicas. A maior média para o atributo MO foi obtida no tratamento CF, provavelmente pela presença de compostos orgânicos mais recalcitrantes na casca de arroz, a exemplo da

lignina, os quais são de mais difícil e lenta decomposição (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VANEGAS CHÁCON et al., 2011).

A provável explicação para o aumento da matéria orgânica no solo foi a contribuição do não revolvimento do solo da área cultivada com mangueiras, do uso frequente de esterco e a utilização de resíduos orgânicos de restos de culturas aplicados ao solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Kummer et al. (2010), onde os menores teores de carbono orgânico (CO) foram encontrados nas camadas de 10-20, sendo a camada superficial do solo a que mais tem MO.

A matéria orgânica do solo possui importante contribuição na qualidade química e física do solo. O alto teor de matéria orgânica pode explicar os teores altos de fósforo, adição de materiais ricos neste elemento e a decomposição da serrapileira. Principalmente em um solo franco arenoso, ou seja, um solo de textura média com maior predominância da areia, como o da área em estudo.

Nos atributos químicos, sua influência é principalmente devido a sua elevada área superficial específica e também a sua elevada densidade de cargas, influenciando a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, complexação de metais e seu efeito tampão do pH do solo, bem como, na disponibilização de nutrientes por sua mineralização (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Segundo Ribeiro et al. (1999), valores de soma de bases (SB) menores que 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e valores de V menores que 20 % são considerados muito baixos de acordo trabalhos realizados no semiárido por Cavalcante et al. (2000).

De maneira geral, na profundidade do solo 10-20 cm ocorre pouca diferença em relação aos teores dos atributos químicos, sendo mais significativos nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Possivelmente, esse fato está relacionado à profundidade de preparo e dinâmica dos nutrientes no solo.

Visando reduzir o número de variáveis a serem analisadas, procedeu-se à análise de componentes principais, para as todas as variáveis (Figura 2).

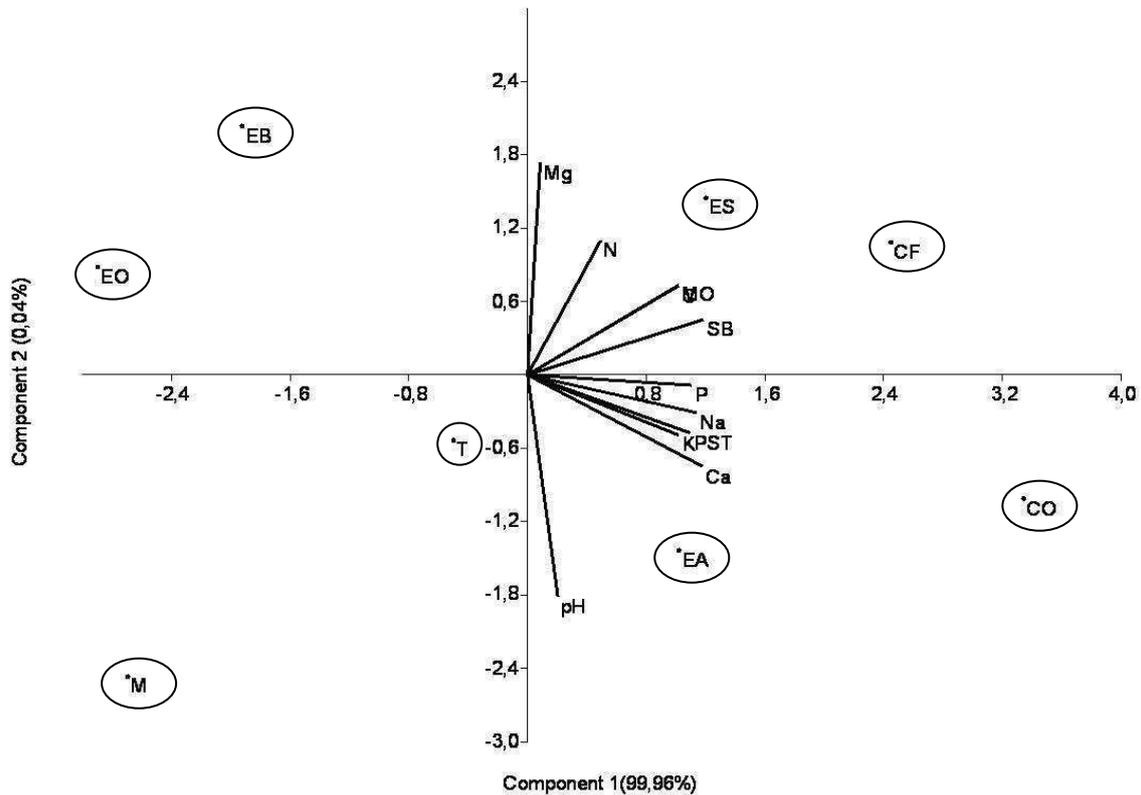


FIGURA 2. Componentes Principais dos atributos químicos indicadores da qualidade de solo cultivado com mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com as fontes orgânicas: esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (M) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

O primeiro componente explicou 99,96 % da variabilidade química dos atributos do solo cultivado com mangueiras *Tommy atkins*. Estes componentes foram constituídos pela análise dos atributos pH, P, K, Na, Ca, Mg, PST, C total, MO, SB, e N-total. O segundo componente explicou apenas 0,04 % da variabilidade química dos atributos do solo.

Os atributos que se correlacionaram positivamente foram Ca, K, PST, Na, P, SB, MO, C, Mg e N e, negativamente, apenas o pH, onde coeficientes de autovetores de mesmo sinal indicam correlação positiva e sinal diferente indica correlação negativa (MORRISON, 2003).

As maiores correlações podem ser observadas para MO e C. Isso se deve ao fato de que o teor de carbono orgânico do solo é considerado um indicador chave da qualidade do solo, pois seu teor é muito sensível em relação às práticas de manejo, principalmente na região tropical, onde nos primeiros anos de cultivo, mais de 50 % da matéria orgânica previamente acumulada é perdida por diversos processos, entre esses a decomposição microbiana e a erosão.

Outra possível explicação é que a maioria dos atributos do solo relacionado às suas funções básicas tem estreita relação com a MO, tais como: a estabilidade dos agregados, a estrutura, infiltração e retenção de água, atividade biológica, CTC, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação e CO₂ e outros gases. E a utilização de adubos orgânicos aumenta o aporte de matéria orgânica nos sistemas produtivos.

Também não foram encontradas diferenças significativas estatisticamente para os atributos físicos indicadores da qualidade do solo (Tabela 4). Porém é possível observar aumentos nos teores de areia e na densidade do solo em todos os tratamentos. O contrário ocorreu com a argila, densidade de partículas e a porosidade total que diminuíram com a adição dos adubos.

Tabela 4. Atributos físicos indicadores da qualidade de solo em pomar de mangueiras ‘Tommy atkins’, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

Fontes	Atributos do Solo						
	Areia g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹	DS g cm ⁻³	DP g cm ⁻³	PT %	GF %
EA	645,66a	261,00a	93,33a	2,63a	1,43a	0,49a	585,00a
EB	656,66a	250,00a	93,00a	2,64a	1,38a	0,47a	497,33a
EO	653,66a	249,33a	97,00a	2,64a	1,39a	0,47a	575,33a
ES	640,33a	286,33a	106,66a	2,61a	1,41a	0,46a	723,00a
CF	648,33a	250,00a	102,66a	2,62a	1,32a	0,49a	382,00a
CO	622,33a	301,33a	76,33a	2,62a	1,34a	0,48a	311,66a
NPK	673,00a	237,66a	89,33a	2,58a	1,39a	0,46a	418,33a
T	630,00a	251,00a	119,00a	261a	1,38a	0,47a	711,33a
DMS	95,45	90,21	65,96	0,06	0,13	0,08	657,36
CV (%)	5,12	12,00	23,55	0,92	3,50	6,52	43,40

Para cada atributo, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância.

Uma possível explicação para isso é que algumas características físicas do solo não são impactadas pela adubação, como por exemplo, a textura. Foram encontrados teores de areia e argila elevados, os maiores teores foram encontrados nos tratamentos NPK e CO, respectivamente.

Segundo Nóbrega (2013) a estrutura é o principal atributo físico do solo afetado pela presença de MO que pode ser modificado pelo sistema de manejo. A densidade do solo não sofreu alteração significativa estatisticamente neste estudo, mas apresentou aumento com a adição dos adubos em relação à primeira análise. Encontraram-se as maiores médias nos tratamentos EB, EO e EA.

Assim, a porosidade total do solo, estimada a partir de ambas as variáveis, também não apresentou alterações significativas. A porosidade total do solo é responsável pelo armazenamento e transporte da água e do ar no solo. Em relação ao grau de floculação, o qual está inversamente relacionado à dispersão de argila, também não apresentou alterações. Sendo assim, o solo da área em estudo pode ser considerado bem estruturado, apresentando uma boa distribuição entre macro e microporos, refletindo-se numa boa aeração e taxa de infiltração.

A análise de componentes principais apresentada na Figura 3 possibilitou a visualização conjunta dos atributos físicos, indicadores da qualidade do solo em estudo. Os atributos físicos apresentaram maior correlação com o primeiro componente, que explicou 96,69 % dos resultados.

O atributo areia foi responsável pela dispersão da adubação mineral (M) e do esterco bovino (EB). Os atributos porosidade, silte e densidade de partículas foram responsáveis pela separação do composto orgânico (CO).

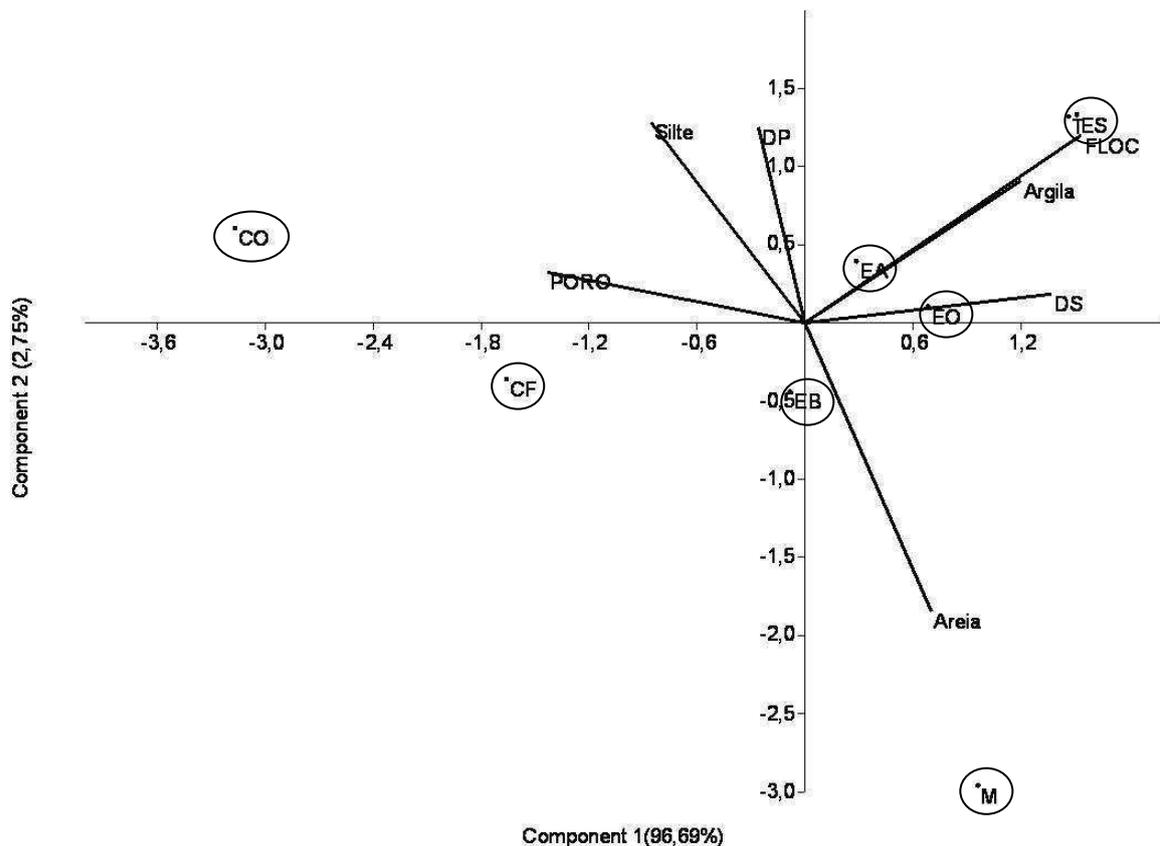


FIGURA 3. Componentes principais dos atributos físicos indicadores da qualidade de solo de pomar de mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com as fontes orgânicas: esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (M) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

Os valores de NMP encontrados para bactérias totais, para as mangueiras adubadas com fontes orgânicas, mineral e sem adubação, variaram de $3,2 \times 10^4$ células a $2,4 \times 10^5$ células por grama de solo (Figura 4). Devido à grande variabilidade entre os dados, não houve diferença entre as mangueiras adubadas com adubos orgânicos, mineral e sem adubação, pois houve sobreposição do intervalo de confiança.

Furtunato (2014) encontrou valores de Log_{10} NMP de células de bactérias totais por grama de solo, para profundidades de 0 a 15 centímetros, que variaram de 3,06 a 4,98, e para profundidade de 15 a 30 cm variou de 2,77 a 4,98; sendo que os maiores valores foram para as áreas com apenas coco e pousio e o menor valor ocorreu na área de reserva legal. Barros et al. (2010) encontraram uma abundância maior de bactérias totais, variando entre 10^4 e 10^6 UFC g^{-1} de solo seco.

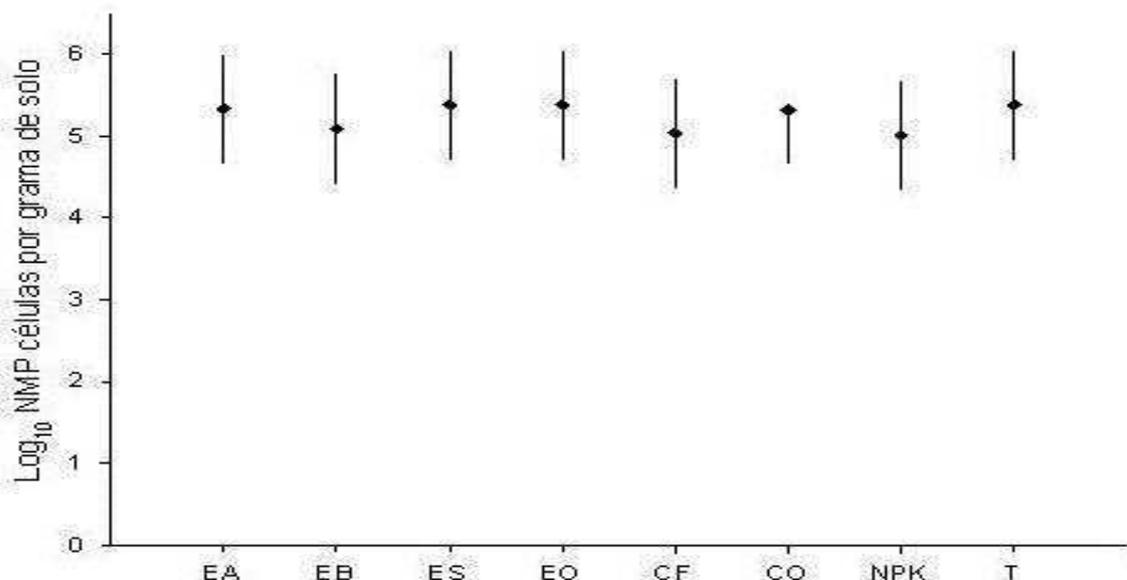


FIGURA 4. Número mais provável (NMP) de células de bactérias totais e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

Densidades maiores foram encontradas em trabalho realizado por Pereira et al. (2003), verificando o efeito do cultivo da soja na dinâmica da população bacteriana em dois solos de Cerrado do Estado de São Paulo, originalmente cobertos com *Paspalum notatum* (em Barretos) e *Brachiaria decumbens* (em São Carlos), observando nesses solos, que a densidade da população de bactérias em geral variou de 5,60 a 5,67 e de 5,08 a 5,04 Log₁₀ NMP de células grama de solo seco, respectivamente. Os resultados observados evidenciaram que o cultivo da soja influenciou de forma diferenciada a população desses solos.

Oliveira et al. (2013), em trabalho realizado no sertão da Paraíba encontrou valores de densidade de bactérias variando de 4,06 a 5,28 Log₁₀ NMP de células grama de solo, sendo que as maiores densidades ocorreram nos solos com alterações antrópicas e as menores densidades foram encontradas na área preservada, o mesmo foi verificado por Souto et al. (2008).

Para fungos totais, os valores de NMP encontrados variaram de $4,2 \times 10^2$ células a $2,4 \times 10^5$ células por grama de solo, em que o maior valor foi para o tratamento com adubação mineral e o menor para o tratamento que recebeu esterco bovino (Figura 5).

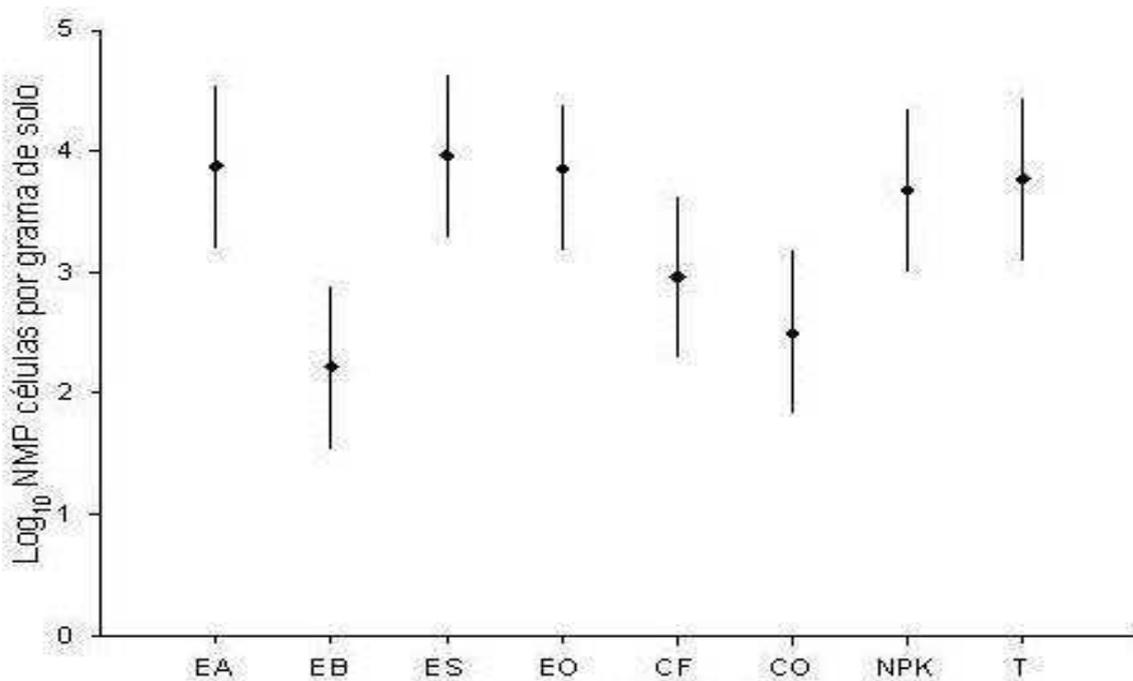


FIGURA 5. Número mais provável (NMP) de células de fungos totais e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

Para fungos totais, não houve diferença entre o EB e o CO, que foi diferente dos demais tratamentos. Os valores de Log₁₀ NMP de células por grama de solo para fungos totais, variaram de 2,53 a 6,07 Log₁₀. Avaliando as populações de microrganismos e da mesofauna edáficas, no semiárido da Paraíba, Souto et al. (2008) verificaram que houve tendência de superioridade da população de fungos sobre a de bactérias, mas com densidades inferiores a encontradas por Oliveira et al. (2013), Furtunato (2014) e neste trabalho.

Souto (2002), estudando a população de fungos e bactérias em solo degradado no semiárido da Paraíba após a aplicação de diferentes esterco, encontrou maior população de fungos. Provavelmente, devido à prática da adubação com resíduos orgânicos (compostados ou não) e até mesmo de fertilizante sintético.

Para os solubilizadores de fosfato não houve diferença entre o EA, M e T, que foram diferentes dos demais tratamentos. Os valores de NMP encontrados para solubilizadores de fosfato variaram de $7,4 \times 10^2$ células a $2,4 \times 10^5$ células por grama de solo (Figura 6). De acordo com Miranda et al. (1997), a ocorrência de matéria orgânica e de material mineral pouco alterado nas camadas superficiais favorece a maior aeração e

disponibilidade de nutrientes, podendo ter como consequência um aumento na população de bactérias e fungos.

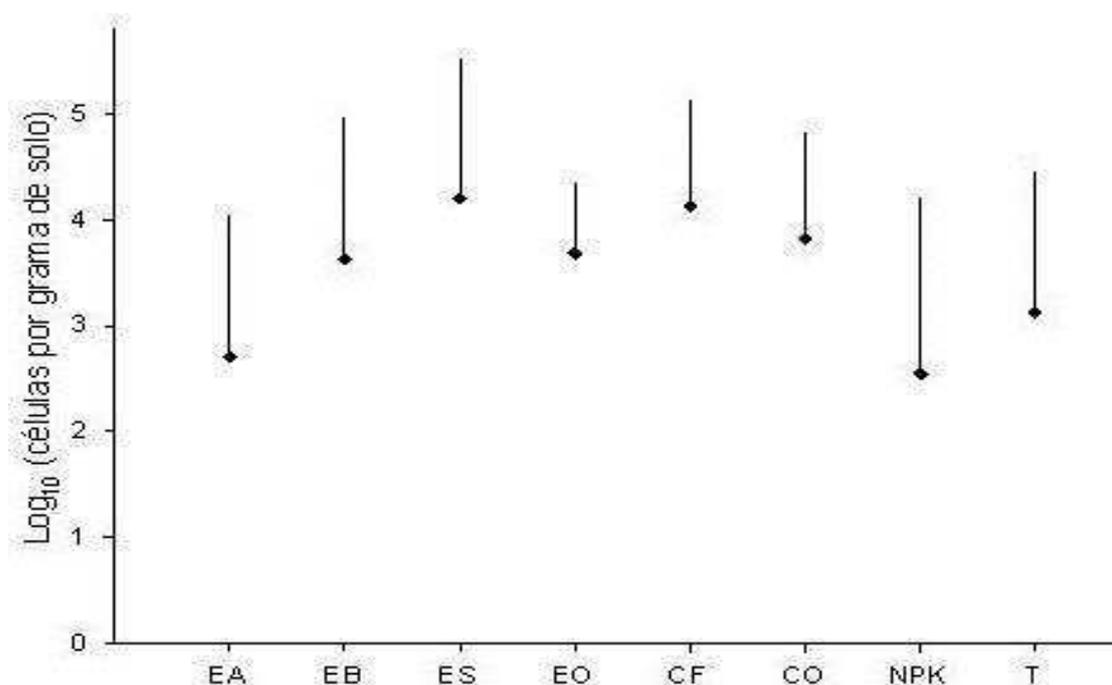


FIGURA 6. Número mais provável (NMP) de células de solubilizadores de fosfato e seus respectivos limites de confiança nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

Barros et al. (2010) verificaram que a ocorrência de bactérias totais em trabalho realizado a uma profundidade de 0 a 5 cm do solo, foi o mais abundante na contagem microbiana, com número médio de propágulos viáveis variando entre 10^4 e 10^6 UFC g^{-1} de solo seco, seguidas pelas bactérias esporuláveis e fungos, os quais apresentaram variação entre 10^3 e 10^5 FC $^{-1}$.

Observam-se diferenças significativas para os atributos biológicos fungos e solubilizadores de fosfato (Figura 7).

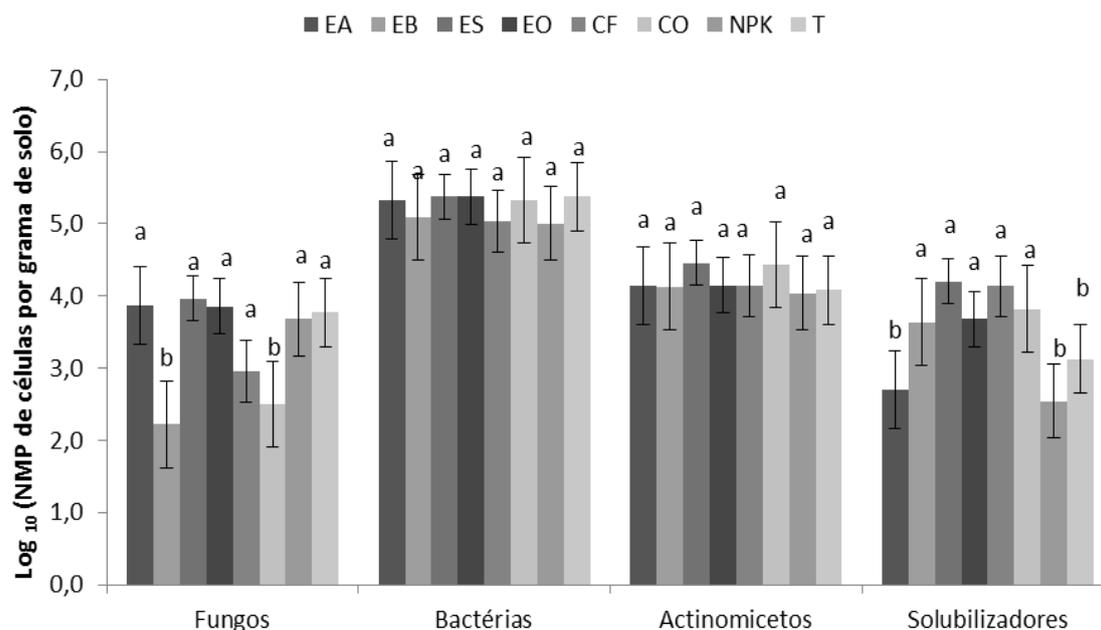


FIGURA 7. Número mais provável (NMP) de células de bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores de fosfato de solo nas amostras de solo das mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

Os valores obtidos para a respiração edáfica, na qual se avaliou a atividade microbiana através do uso de adubações orgânicas, mineral e testemunha não diferiram entre si, ou seja, não foram observadas diferenças marcantes, o que corresponde a um comportamento similar para todos os tratamentos (Tabela 5; Figura 8).

Tabela 5. Atributos biológicos indicadores da qualidade de solo cultivado com mangueiras ‘*Tommy atkins*’, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo-PB 2014.

Fontes	Atributos do Solo							
	Orgânicas	Bactérias	Fungos	Actinomicetos	Solubilizadores	Resp	CB	qCO ₂
EA		5,30a	3,90a	4,10 ^a	2,70b	20,00a	91,69b	0,22a
EB		5,10a	2,20b	4,10 ^a	3,60a	23,00a	395,88a	0,07b
EO		5,40a	4,00a	4,50 ^a	4,20a	19,00a	297,33a	0,06b
ES		5,40a	3,90a	4,10 ^a	3,70a	18,00a	241,04a	0,08b
CF		5,00a	3,00a	4,10 ^a	4,10a	20,00a	233,99a	0,10b
CO		5,30a	2,50b	4,40 ^a	3,80a	22,00a	115,27b	0,19a
NPK		5,00a	3,7a	4,00a	2,50b	20,00a	310,02a	0,07b
T		5,40a	3,80a	4,10 ^a	3,10b	22,00a	253,79a	0,10b
DMS		0,33	2,02	1,12	1,33	9,21	292,48	0,09
CV (%)		5,01	18,19	9,50	11,22	15,91	42,65	31,18

Para cada atributo, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

A avaliação da quantidade de CO₂ liberado ou de O₂ consumido pode fornecer informações sobre o comportamento da comunidade microbiana do solo, mas não permite a avaliação de alterações qualitativas que possam ocorrer, sendo esta a maior limitação desse dado (LOPEZ et al., 1998).

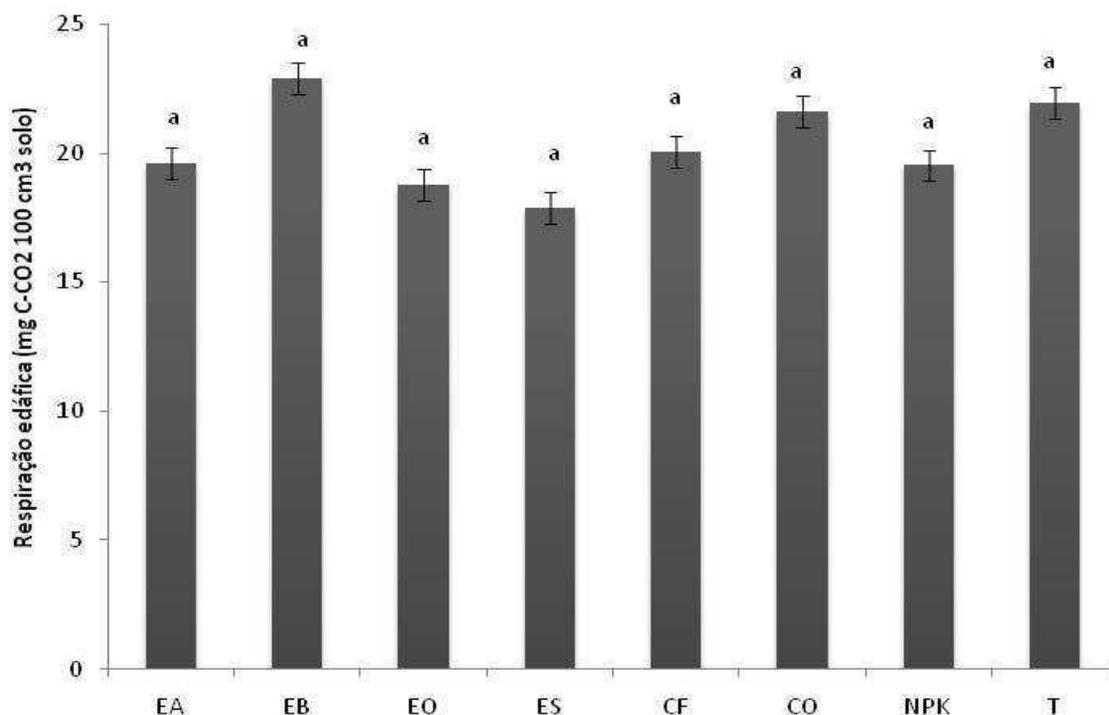


FIGURA 8. Respiração edáfica (mg C-CO₂.100 cm³ solo) nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

As diferentes adubações utilizadas em solos das mangueiras promoveram alterações no C da biomassa microbiana, apresentando maiores valores para o tratamento com esterco bovino que não difere do EO, ES, CF, NPK e T, e esterco de aves que não difere do CO (Figura 9). Possivelmente, isso ocorreu em detrimento à menor relação C/N deste material, e de acordo com Ferreira et al. (2007), a mobilização do solo, por proporcionar a incorporação de resíduos orgânicos, pode elevar a biomassa microbiana a curto prazo, por disponibilizar substrato orgânico com a quebra dos agregados.

Os menores valores foram obtidos para a utilização do esterco de aves (EA), fato que ocorre devido ao nitrogênio ser um dos elementos de maior concentração encontrado no esterco de aves. Kelleher et al. (2002) assinalam que cerca de 60 a 80% do nitrogênio eliminado pelas fezes das aves encontram-se tipicamente em formas orgânicas, como proteína e ácido úrico, e que boa parte deste nitrogênio orgânico já começa a ser mineralizado assim que adicionado. Apesar dos elevados teores de N e da menor recalcitrância de esterco de aves em relação aos demais resíduos, é provável que isso tenha sido resultado da mineralização mais intensa do N presente na forma amoniacal no esterco de aves (VANEGA CHÁCON et al., 2011; FIOREZZE et al., 2012).

Estes materiais constituem fonte imediata de nutrientes para as plantas (MELO et al., 2008), embora possam apresentar, em função do tipo de solo, das doses e da forma de aplicação, perdas elevadas de N por volatilização de amônia, escoamento superficial e lixiviação de nitrato (CERETTA et al., 2003; MELO et al., 2008), fato comprovado neste trabalho.

Os menores valores de C da biomassa foram encontrados com aplicação de EA e CO, que podem ser explicados pelo maior aporte de C por esse resíduo e pela presença de formas de C mais estáveis e de mais difícil e lenta decomposição (EGHBALL, 2002). Fato confirmado por Silva et al. (2012) nos valores de estoque de carbono e por Chaves et al. (2010), quando avaliaram a decomposição destes materiais, pois o composto orgânico utilizado foi produzido utilizando esterco bovino, materiais provenientes da poda de mangueira, restos culturais de coqueiros (folhas, ráquis e frutos secos) e de taboa (*Typha SP*).

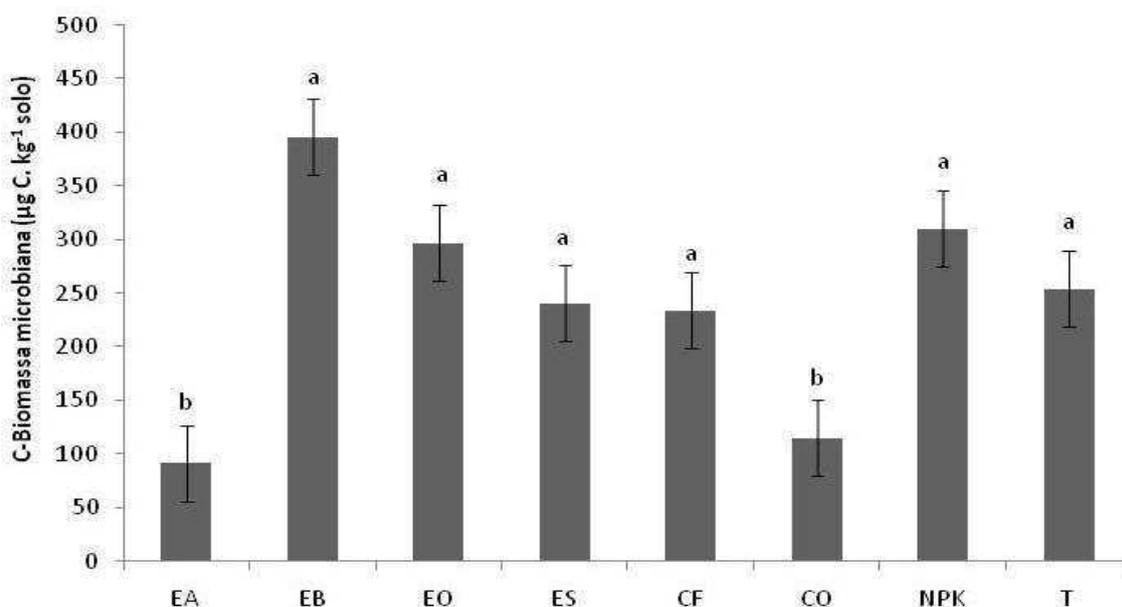


FIGURA 9. Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g C. kg}^{-1}$ solo) nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

Os maiores valores observados para o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi para o esterco de aves (EA) que não diferiu do CO (Figura 10), ocorrendo o inverso no C-Biomassa. Segundo Martins et al. (2010), o aumento nos valores de $q\text{CO}_2$ estão relacionados a resposta a mineralização da biomassa microbiana. Em geral, um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete

um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio, refletindo também em uma qualidade de solo melhor, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio, o que prejudica a qualidade do solo. Frequentemente, solos com alto quociente metabólico são denominados por organismos colonizadores de crescimento rápido (SAKAMOTO; OBO, 1994).

Os atributos biológicos do solo podem ser alterados devidos ao manejo do solo, de tal forma que estes constituem indicadores sensíveis de qualidade para a detecção de sistemas de manejo que estejam causando impactos no solo, visto que, foram necessárias as combinações de diferentes atributos (BROOKES, 1995; PEIXOTO, 2010; MELLONI et al., 2008; MARTINS et al., 2010; GOMIDE et al., 2011).

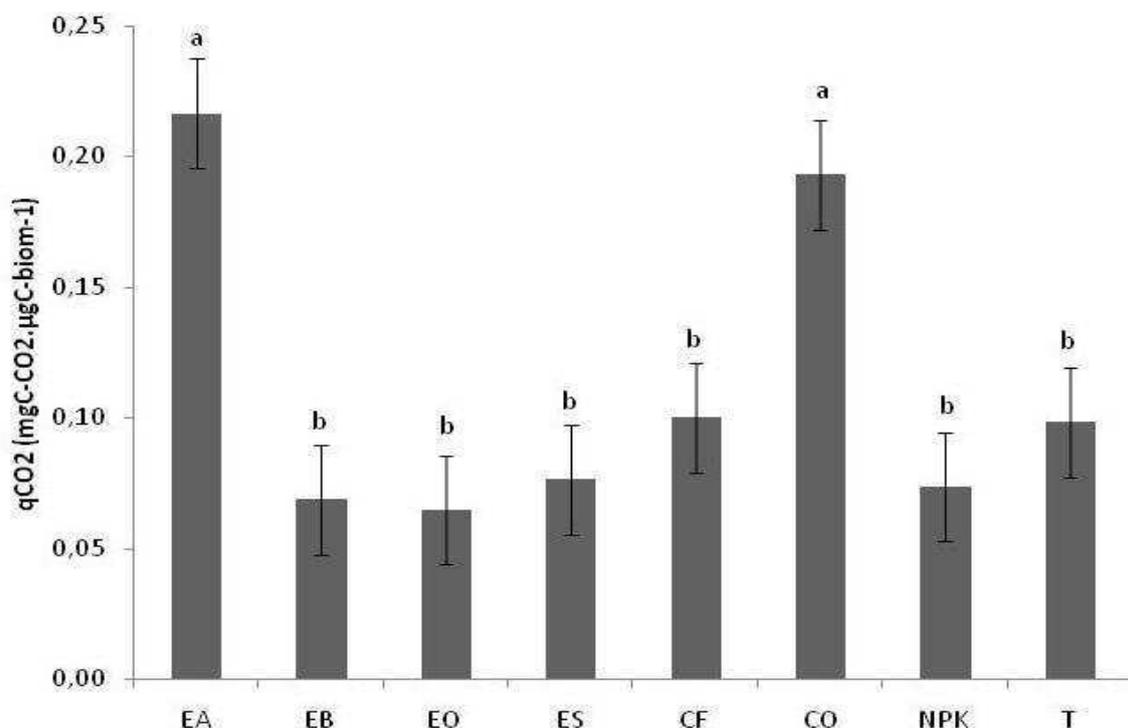


FIGURA 10. Quociente metabólico ($\mu\text{g C. kg}^{-1}$ solo) nas amostras de solo das mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (NPK) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, menos CO_2 é perdido pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos, resultando em diminuição do qCO_2 . Menores valores de qCO_2 indicam agroecossistemas mais estáveis. Em ecossistemas estáveis, nos quais predominam condições favoráveis, há tendência de aumento da

atividade microbiana e, em consequência, o qmic tende a crescer, até atingir um nível de equilíbrio (INSAM; DOMSCH, 1988).

O componente 1, gerado para os atributos biológicos, explicou 99,93 % da variação total dos atributos estudados (Figura 11).

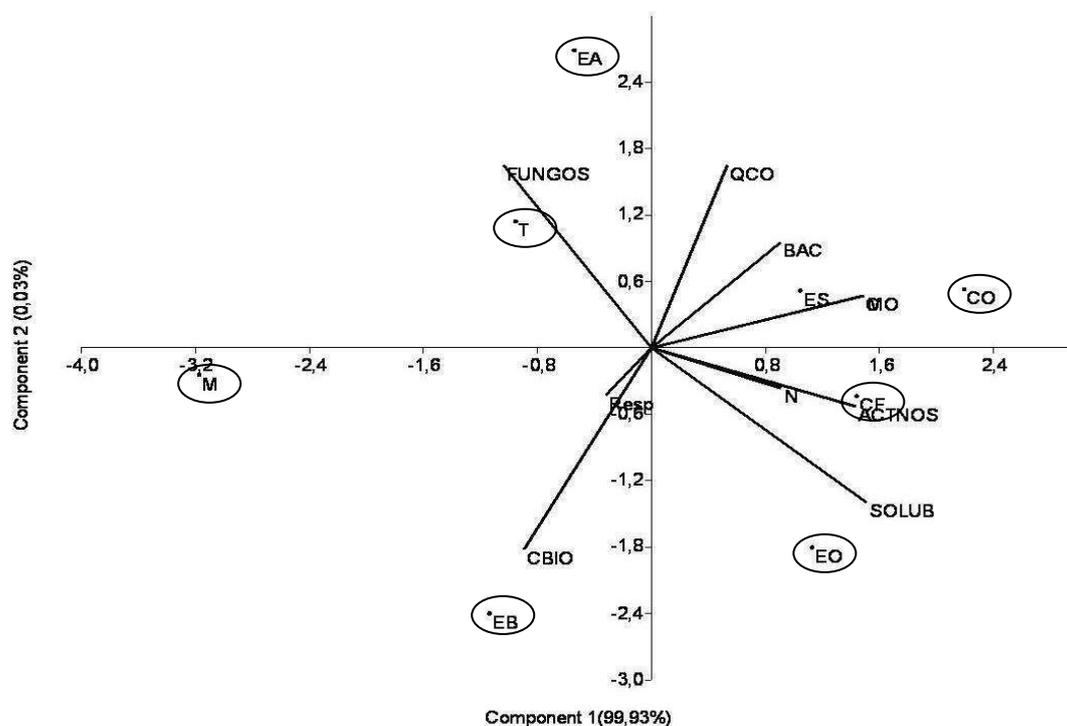


FIGURA 11. Componentes principais dos atributos biológicos indicadores da qualidade de solo de pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, adubadas com esterco de aves (EA); esterco bovino (EB); esterco ovino (EO); esterco suíno (ES); cama de frango (CF) e composto orgânico (CO), adubação mineral (M) e uma testemunha absoluta (sem adubação) (T), São Gonçalo, PB 2014.

A dispersão dos tratamentos foi influenciada, principalmente, pelos solubilizadores, actinomicetos, pelo C-Biomassa, bem como pela respiração microbiana.

Wick et al. (1998), utilizando a análise de componentes principais, observaram que as variáveis relacionadas à dinâmica de nutrientes da matéria orgânica do solo contribuíram para explicar mais de 80 % da variância total dos dados, confirmando que variáveis como C-Biomassa e CO podem ser utilizadas como indicadores sensíveis na avaliação da qualidade do solo.

A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade do solo (Figura 12).

conservados, moderadamente degradado e ambiente degradado por meio do uso de análises de componentes principais, que demonstraram que alguns atributos químicos e microbianos são mais sensíveis ao avanço da degradação do solo, como o Ca, C-biomassa microbiana do solo, carbono orgânico total.

Devido à alta sensibilidade relacionada à atividade antrópica e à determinação, dos atributos biológicos, como a densidade e diversidade de grupos funcionais de microrganismos e bioquímicos, sendo biomassa microbiana e atividade de microrganismos, apresentam grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos dessa forma a avaliação dos atributos biológicos permite identificar as principais limitações do ecossistema, propondo medidas estratégicas que busquem manter a sustentabilidade desse ecossistema.

Melloni et al. (2008), estudando a qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagens no sul de Minas Gerais, por meio de análise de componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos, semelhantes aos estudados neste trabalho, afirmaram que com o MO e a maioria dos atributos biológicos mostraram eficientes na discriminação dos diferentes ecossistemas, sendo, portanto, recomendados em estudos da qualidade ambiental.

5. CONCLUSÕES

- Não houve diferença para os atributos químicos e físicos indicadores da qualidade do solo cultivado com mangueiras *Tommy atkins*, adubadas com fontes orgânicas, mas foram observados aumentos nos teores dos atributos com a adição dos adubos orgânicos.

- Não se observaram diferenças para a respiração edáfica, o que corresponde a um comportamento similar para o solo em pomar de mangueiras *Tommy atkins* com 17 anos, adubadas ou não com fontes orgânicas.

- As diferentes adubações utilizadas em solos das mangueiras promoveram alterações no C da biomassa microbiana, apresentando maiores valores para o tratamento com EB e os menores valores foram encontrados com aplicação de EA.

- Os maiores valores observados para o quociente metabólico foram para o EA e para o CO, que diferiram dos demais tratamentos.

- O atributo areia foi responsável pela dispersão da adubação mineral e do EB. Os atributos porosidade, silte e densidade de partículas foram responsáveis pela separação do CO.

- A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos, permitindo observar como os atributos foram afetados pela presença ou ausência de fontes orgânicas.

6. REFERÊNCIAS

- ALEF, K. NANNIPIERI, P., eds. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London, Academic Press, 1995. 576p.
- ALMEIDA, C. O. de; CARDOSO, C. E. L.; SANTANA, M. do A. Comercialização. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Ed.). Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 15, p. 177-184. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- AMORIM, T.B.F. Colheita e pós-colheita: manejo e conservação da manga. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Org.). O agronegócio manga: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002, p.346-356. 1 CD-ROM.
- ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem*, 25:393-395, 1993.
- ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L.; CAMBARDELLA, C.A. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, v.68, p.1945-1962, 2004.
- ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 p.153-160, p. 155-157, 2002.
- BARBOSA, C. A. Manual de adubação orgânica. 1º ed. Viçosa, MG, 224p. 2009.
- BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores de qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. 2007. 158p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BARROS, Y. B. Indicadores biológicos de qualidade de solos de área de mineração e processamento de chumbo, no município de Adrianópolis (PR). Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2008. 109p. (Tese de Mestrado).
- BAYER, C., MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. (Ed.), Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, p. 7-16, 2008.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:167-177, 2001.

BORGES, A.L.; SOUZA, L. da S.; CORDEIRO, Z.J.M. Cultivo orgânico da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006c. 10p. (Embrapa-CNPMP. Circular Técnica, 81).

BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.14, p.319-329, 1982.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, 19:269-279, 1995.

CAMARGO, F. A. O., GIANELLO, C., VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, 21: 575-579, p. 578, 1997.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERA, J. G. M.. Macromoléculas e substância húmicas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gêneses. 1999. p. 27-40.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.

CARTER M. R., GREGORICH, E. G., ANDERSON, D. W., DORAN, J. W., JANZEN, H. H., PIERCE, F. J. Chapter 1 Concepts of soil quality and their significance. *Developments in Soil Science*, volume 25, 1997.p.1-19.

CAVALCANTE, L. F.; BARRETO, C.M.; FEITOSA FILHO, J.C.; BATISTA, R.B.; DIAS, I.M.; LEITE JÚNIOR, G.P.; SANTOS, C.J.O. Avaliação da salinização do solo, da água e de dados pluviométricos para fins de irrigação. *Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água*, Areia, v. 22 p.77-87, 2000.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, J.C.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

CHAER, G.M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2001. 89f.

CHAER, G. M. TÓLOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *R. Bras. CI. Solo*, 31: 1381 – 1396, 2007.

CHAER, G.M.; FERNANDES, M.F.; MYROLD, D.D.; BOTTOMLEY, P.J. Shifts in microbial community composition and physiological profiles across a gradient of induced soil degradation. *Soil Science Society of America Journal*, v.73, p.1327-1334. 2009.

CHAVES, S.R.M.; SILVA, A.P.; SANTOS, D.; GOMES, E.M.; DANTAS, A.A.; ARAÚJO, J.L. Decomposição de materiais orgânicos em sistema de produção de manga orgânica, no semiárido Paraibano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2010, Guarapari. Anais... Guarapari, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. CD ROM.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. de. Atributos Químicos de solos sob diferentes usos em Perímetro Irrigado no Semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, p.305-314, 2009.

COSTA, M. B. B. Nova síntese e novo caminho para a agricultura “adubação orgânica”. São Paulo: Ícone, 1994. 102 p.

CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.

CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. do; SANTOS FILHO, H. P.; FONSÊCA, N. A cultura da manga. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 54 p. (Coleção Plantar, 10).

CUNHA, G. A. P. da; PINTO, A. C. de Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 2, p. 31-36.

DE-POLLI, H. GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 389-412.

DONADIO, L. C. Variedades de manga. In: São José, A. R. (Org.). O agronegócio manga: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002. p. 119-126. 1 CD-ROM.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA, 1994. p. 3-21.

DORAN, J.W; SARRANTONIO, M.; JANKE, R. Strategies to promote soil quality and health. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (eds.). Soil Biota Management in sustainable farming systems. Commonwealth Scientific Industrial Research Organization, p.230-237, 1994.

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

EGHBALL, B. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agron. J.* 94: 128–135, 2002.

EMBRAPA. Manual de métodos e análise de solo. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 86, 1997.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FARAONI, A.S.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. Programa e Resumos... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FERREIRA, E. A. B., RESCK, D. V. S., GOMES, A. C., RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v.31, p. 1625-1635, 2007.

FIDALGO, E. C.; COELHO, M. R.; ARAÚJO, F. O; MOREIRA, F. M. S.; SANTOS, H. G.; BREFIN, M. L. M. S.; HUISING, J. Levantamento do uso e cobertura da terra de eis áreas amostrais relacionadas ao projeto “Conservation and sustainable management of below-ground biodiversity: phase1”, município de Benjamin Constant, (AM). *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos*, Rio de Janeiro, p. 1-47, 2005.

FIOREZZE, C.; CERETTA, C.A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. *Ciência Rural*, 36 (6): 1788-1793 2006.

FIOREZE, S. L.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, L. T. Tillering of two wheat genotypes as affected by phosphorus levels. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 34, n. 3, p. 331-338, 2012.

FOTH, H. D. *Fundamentals of soil science*, 8a. Edição. Michigan-USA. Ed. WILEY, 1990, 382 p.

FREITAS, L; CASAGRANDE, J. C; OLIVEIRA, I. A; MORETI, T. C. F; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.9, n.17; p. 362-374, 2013.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. *Fertilidade do Solo*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

FURTUNATO, T. C. S. *Indicadores Biológicos Edáficos de Áreas de Caatinga Impactadas pela Exploração de Madeira*. 2014. (Monografia).

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. A cultura da mangueira. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452 p.

GOMES, R. P. Fruticultura brasileira. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 446 p.

GOMIDE, P.H.O.; SILVA, M.L.N. SOARES, C.R.F.S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. R. Bras. Ci. Solo, 35:567-577, 2011.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian J. Soil Sci., 74:367-375, 1994.

GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição e adubação da mangueira. Informe Agropecuário 8 (86):28-35, 1982.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T., AND P. D. RYAN. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp, 2001.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA: Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 de fev. 2014.

ISLAM, K.R. WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biology and Fertility of Soils, v.27, p.408-416, 1998.

ISLAM, K.R., WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. J. Soil Water Conserv, 55:69-79, 2000.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. Microbial Ecology, v.15, p.177-188, 1988.

IYER, C.P.A. Growing mango under organic system. Acta Horticulturae, 645:71-82.

KELLEHER, B. P.; LEAHY, J. J.; HENIHAN, A. M.; O'DWYER, T. F.; SUTTON, D.; LEAHY, M. J. Advances in poultry disposal technology - a review. Bioresource Technology, v.83, p.27-36, 2002.

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

KARLEN, D.L.; STOTT, D. A framework for evaluating physical and chemical indicators. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1994. Cap.4, p.53-72. (Special Publication, 35).

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos / Piracicaba; Editora Agronômica “Ceres” Ltda., 492p. 1985.

KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. Piracicaba: O autor, 1993. 189p.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: O autor, 1998. 171p.

KUMMER, L., MELO, V. de F., BARROS, Y. J., AZEVEDO, J. C. R. Uso da análise de componentes principais para agrupamento de amostras de solos com base na granulometria e em características químicas e mineralógicas. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.11, n.6, p.469-480, Nov/Dec. 2010.

JANSEN, H.H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? *Canadian J. Sci.*, 85:467-480, 2005.

LAL, R. Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos; tradução e adaptação de Cláudia Conti Medugno e José Flávio Dynia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97p. (Embrapa Meio Ambiente – Documentos, 03).

LARSON, W. E., PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication no. 35, Madison, Wisconsin. p. 37-51, 1994.

LÓPEZ, A; JESUS, H.S. de; ROCHA, M. de M.; FRIES, M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. Diagnóstico do potencial de nitrificação e desnitrificação em solo sob pastagens de *Bracharia sp.* E solo sob plantio direto e convencional. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, nov. 1998. 24p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 78).

MAGALHÃES, A.F.J.; BORGES, A.L. Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. de (Org). Manga: produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p.35-44.

MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola: Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo. 3a Ed., São Paulo, Ceres, 1976. 528 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I.M. et al. (Eds) Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação. Porto Alegre: Cinco Continentes, p.215-274, 2001.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1883-1890, 2010.

MARZALL, K., ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Cadernos de Ciências & Tecnologia*. Brasília, v. 17, n. 1,

p.41-59, 2000.

MELO FILHO, J. F; SOUZA, A. L.V; SOUZA, L.S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.6, p.1599-1608, 2007.

MELO, J.T. de; SILVA, J.A. da; TORRES, R.A. de A.; SILVEIRA, C.E. dos S. da; CALDAS, L.S. Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de plantas do cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: ecologia e flora. v.1. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.321-50.

MELLONI, R., ALVARENGA, M. I. N., VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 06, p. 2461-2470, 2008.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. Cerne, v. 12(3), p. 211-220, 2006.

MESSIAS, R. S.; POTES, M. L.; ÁVILA, L. O., SILVEIRA, C. A. P., SILVA, S. D. A. Qualidade de grãos de sete genótipos de milho submetidos à diferentes tipos de adubação. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem. Poços de Caldas, MG. 2013. p.12. Anais, disponível em: <http://congressorochagem.com.br/portal/Anais_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem.pdf>. Acesso em: 08 de Mar. 2014.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, MG. V. 3, p. 217, 220, 221 e 222, 2003.

MIRANDA, C.S.S.; FERREIRA, M.G.V.X. MENEZES, M. Atividade biológica de solos com A Chernozêmico na Zona da Mata Norte de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.1-4.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. 2ed. Microbiologia e Bioquímica do Solo, UFLA, 2006. 729p.

MORRISON, D. F. Multivariate statistical methods. 4 ed. New York: Duxbury Press, 2003. 415 p.

NEVES, C.M.N.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M. SOUZA, F.S. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. Sci. For., 74:45-53, 2007.

NIELSEN, M.N. WINDING, A. Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Reserch Institute, Denmark. Technical Report No. 388, 2002.

NÓBREGA, R. F. da. Qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido da Paraíba. Pombal–PB, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, abril de 2013. 43 p.il. Trabalho de Graduação.

OLIVEIRA, K. R. M.; FURTUNATO, T. C. S.; LIMA, A. S. Ocorrência e densidade de microrganismos em solos de áreas degradadas no semiárido da Paraíba. I Reunião Nordestina de Ciência do solo. De 22 a 26 de Setembro 2013. CCA/UFPB-Areia/PB.

PANDOLFO, C, M.; CERETTA, C.A.; MASSIGNAM, A.M.; VEIGA, M.; MOREIRA, I.C.L. Análise ambiental do uso de fontes de nutrientes associadas a sistemas de manejo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12 (5): 512-519, 2008.

PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M., GUPTA, V. V. S. R. Biological indicators of soil health: synthesis, In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V.V.S.R. Biological indicators of soil health, CAB International, p. 424, 1997.

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

PEIXOTO, R.S.; CHAER, G.M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, F.B.; MENDES, I.C.; ROSADO, A.S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. Antonie van Leeuwenhoek, v.98, p.403-413, 2010.

PENTEADO, S. R. Introdução à agricultura orgânica. Campinas: Ed. Grafimagem, 114p. 2000.

PENTEADO, S. R. Adubação na Agricultura Ecológica-Cálculo e recomendações – numa abordagem simplificada- Campinas. SP. Edição do autor-1ª edição 2007 p.174.

PEREIRA, A. A., HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., KASCHUK, G., CHUEIRE, L. M. de O.; CAMPO, R. J., TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, p.1397-1412, 2007.

PINTO, A. C. de Q.; COSTA, J. G. da; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 5, p. 93-116.

PINTO, P.A.C. Nutrição e adubação da mangueira. In: LIMA, M.A.C.; BARBOSA, F.R.; MENEZES, E.A. Simpósio de manga no São Francisco, 1., 2005, Juazeiro, BA, Palestras...Petrolina, PE: Embrapa semiárido, 2005 (Embrapa semiárido, documentos, 189).

QUAGGIO, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres/Potafos, 1991. 343p.

REICHERT J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Santa Maria/RS. *Ciência & Ambiente* 27, julho/dezembro p. 29-48, p. 16 e 48, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5, aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of ungalto bacterial ratio on the relations between CO₂ evolution and total microbial biomass. *Biology Fertility Soils*, v.17, p 39 - 44, 1994.

SANTOS, B. M., GILREATH, J. P. Influence of chemical and organic fertilization programs on Keitt mango yield. *Proc. Fla Soc. Hort. Soc.*, 117: 209-210, 2004.

SANTOS, B.M. Effects of adding compost to fertilization programs on Keitt mango *Journal of Agronomy*, 6 (2):382-384, 2007.

SANTOS, P. R. dos. Atributos do solo em função dos diferentes usos em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2010.

SHELLER, E. Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica. I Seminário Estadual sobre Agroecologia, Rio do Sul – SC, Anais, Botucatu, SP: ABD - Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, p. 23 e 24, 1999.

SCHMIDT, T. M. The maturing of microbial ecology. *International Microbiology*, v.9, p. 217-223, 2006.

SENA, M.M.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J.; TOKESHI, H.; POPPI, R.J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil & Tillage Research*, v.67, p.171-181, 2002.

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

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. BREDJA, J.J. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. *Soil Sci*, 164: 224-233, 1998.

SILVA, D.J.; LIMA, M.F. Influência de húmus de minhoca e de esterco de gado na concentração foliar de nutrientes e na produção de manga *Tommy Atkins*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23 (3): 748-751, 2001.

SILVA JÚNIOR, A.M.; BORGES, E.N.; SOUZA, M.A.; SILVA SOUSA, G.M.; GUIMARÃES, E.C. BORGES, E.V.S. Carbono orgânico em diferentes sistemas de manejo no Triângulo Mineiro. In.: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo*

e da Água, 15., Santa Maria, 2004. Anais... Santa Maria, Universidade de Santa Maria, 2004. CD-ROM.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; MARIA, E. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v36, n.6, 2012.

SILVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; TORRACA, S. A.; MAGALHAES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 12, n. 15-22, mar. 1982.

SOUTO, P.C. Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semi-árido paraibano. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2002. 110p. (Tese de Mestrado)

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. de.; SANTOS, R. V. dos.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, p. 151-160, 2008.

SOUZA, J. L. de. Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Vitória: EMCAPA, 1998. V.1, 188p.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843p.

SOUZA, J.L.; PREZOTTI, L.C. Avaliação das condições de solo em sistemas orgânicos de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 36., 1996 Rio de Janeiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.14, n.1, p. 122, 1996.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health, p 97 - 119. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M; GUPTA, V.V.S.R.; *Biological indicators of soil health*, CAB International, p. 108 e 109, 1997.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, v.20, p.337-343, 1988.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Soil Plant Sci.*, v. 49, p. 1-24, 1999.

SU, Y.Z.; ZHAO, H.L.; ZHANG, T.H. ZHAO, X.Y. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semiarid sandy grassland in Northern China. *Soil Tillage Res.*, 75:27-36, 2004.

TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. Using multivariate statistics. 5. ed. Boston: Pearson Allyn & Bacon. 2007. 980p.

TAN, K.H. Principles of soil chemistry. 3a ed., Athens, Georgy-USA. 1998, 556 p.

TEDESCO, M. J.; GAINELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, J. S. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 174p. 1995. (Boletim Técnico, n. 5).

TEIXEIRA, R.F.F. Compostagem. In: HAMMES, V.S. (Org.) Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, v.5, p.120-123.

THEODORO, V.C.A.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Desempenho do manejo orgânico na nutrição e produtividade de lavoura cafeeira. *Acta Scientiarum*, v29, p.631-638, 2007.

TODA, F. E.; VASQUES, T.; ARAÚJO, F. F. de. Biomassa microbiana e sua correlação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo. *Rev. Colloquium Agrariae*, v. 6, n.2, Jul-Dez. 2010, p. 01-07.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1173-1184, 2007.

VALARINI, P. J.; ALVARES M. C. D.; GASCO, J. M.; GUERREIRO, F.; TOKESHI, H. Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganisms incorporation. *R Bras. Ci. Solo*, 27: 519-525, 2003.

VANEGA CHACÓN, E. A., MENDONÇA, E. de S., SILVA, R. R. da., LIMA, P. C. de., SILVA, I. R. da., CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 58, n.3, p. 373-383, mai/jun, 2011.

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; CLAYTON, G.W. & CAREFOOT, J.P. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:962-966, 2000.

WHIETHÖLTER, S.; SIQUEIRA, O. J. F. de.; PERUZZO, G.; BEN, J. R. Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em fatores de fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 713-724, 1994.

WICK, B.; TIESSEN, H. MENEZES, R. Land use changes following the conversion of the natural vegetation into silvo-pastoral systems in semi-arid NE Brazil. *Plant Soil*, 222:59-70, 1998.

WOLLUM II, A.G. The cultural methods for soil microorganisms. In: MILLER, R.H. KEENEY, D.R., eds. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. Madison, Soil Science Society of American, 1982. p.781-802.