



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E
SANITÁRIA**

LUCIVÂNIA RANGEL DE ARAÚJO MEDEIROS

**Qualidade do solo de áreas cultivadas com cebola (*Allium cepa* L.) no
Semiárido Baiano.**

CAMPINA GRANDE-PB,

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Qualidade do solo de áreas cultivadas com cebola (*Allium cepa* L.) no Semiárido Baiano.

LUCIVÂNIA RANGEL DE ARAÚJO MEDEIROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, campus Campina Grande, como requisito necessário para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

Coorientadores: Prof. Dr. Márcio Camargo de Melo

Dra. Paula Tereza de Souza e Silva

CAMPINA GRANDE-PB,

Fevereiro/ 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- M537q Medeiros, Lucivânia Rangel de Araújo.
Qualidade do Solo de áreas cultivadas com cebola (*Allium Cepa* L.) No Semiárido Baiano / Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros. – Campina Grande, 2015.
62 f. : il. Color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.
- "Orientação: Prof.^a Dr.^a Veruschka Escarião Dessoles Monteiro, Prof. Dr. Márcio Camargo de Melo, Prof.^a Dr.^a Paula Tereza de Souza e Silva".
Referências.
1. Cultivo de Cebola. 2. Qualidade do Solo. 3. Indicadores Ambientais. I. Monteiro, Veruschka Escarião Dessoles. II. Melo, Márcio Camargo de. III. Silva, Paula Tereza de Souza e. IV. Título.

CDU 635.25(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Qualidade do solo em áreas cultivadas com Cebola (*Allium cepa* L.) no Semiárido
Baiano.**

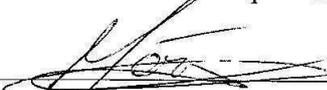
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental a Universidade Federal de Campina Grande-- UFCG, campus Campina Grande, como requisito para o título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

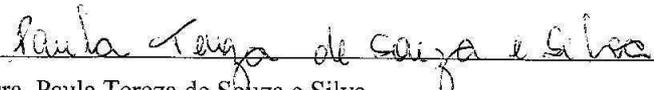
Aprovada em: 27 de fevereiro de 2015



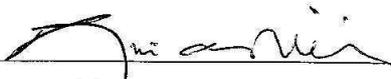
Prof. Dra. Veruschka Escarião Dessoles Monteiro
(Orientadora – Universidade Federal de Campina Grande)



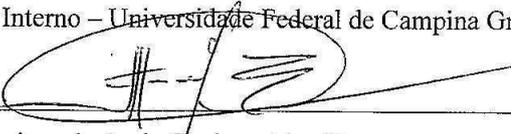
Prof. Dr. Márcio Camargo de Melo
(Coorientador – Universidade Federal de Campina Grande)



Dra. Paula Tereza de Souza e Silva
(Coorientadora – Embrapa Semiárido)



Prof. Dr. Rui de Oliveira
(Examinador Interno – Universidade Federal de Campina Grande)



Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida
(Examinador Externo – Universidade Federal de Campina Grande)

CAMPINA GRANDE-PB, 27 de fevereiro de 2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Francisco Medeiros de Araújo (in memoriam) e Olacir de Araújo Rangel, pelo amor incondicional e dedicação ao longo de todos esses anos.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora de Sant'Ana, pelo dom da vida, sabedoria, força, conquista e realização deste sonho.

Aos meus pais, Francisco Medeiros de Araújo (*in memoriam*) e Olacir de Araújo Rangel, que são minha base e o sentido da minha vida, que fizeram e fazem o possível e o impossível para a realização dos meus objetivos.

A todos os meus familiares pelo amor, dedicação e apoio sempre oferecidos.

Ao meu namorado, Brenno Arruda Pereira de Assis, pela paciência, companheirismo e amor ao longo desses sete anos.

Agradeço a Paula Tereza e Paulo Ivan, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

Aos professores Veruschka e Márcio, pela contribuição na minha dissertação.

A Indra Helena pelo apoio, ensinamentos, conselhos e amizade verdadeira.

A todos os professores do curso de pós graduação de Engenharia Civil e Ambiental.

A todos os meus colegas de mestrado de Engenharia Civil e Ambiental.

A toda equipe do laboratório da EMBRAPA Semiárido pelos ensinamentos, carinho e amizade, em especial a Klayne Samara Dias.

A EMBRAPA Semiárido pela infra-estrutura e apoio financeiro.

Ao CNPq pelo fornecimento da bolsa.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desta conquista.

SUMÁRIO

CAPÍTULO GERAL	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo Geral	2
1.2. Objetivo Específicos	2
1.3. Estrutura da dissertação	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.Cebola e sistema de produção	4
2.2.Impacto das atividades agrícolas ao meio ambiente	6
2.3. Qualidade do solo e seus indicadores para fins agrícolas	8
<i>2.3.1. Indicadores físicos</i>	11
<i>2.3.2 Indicadores químicos</i>	13
<i>2.3.3. Indicadores biológicos</i>	15
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO ÚNICO	31
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	35
Análises físicas e químicas	37
Indicadores biológicos	39
Análise dos dados	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
Propriedades biológicas do solo nos plantios de cebola (análise de variância)	40
Propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (análise multivariada)	42
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO ÚNICO:

Figura 1: Localização das cinco áreas de produção, no entorno do Lago de Sobradinho, no Município de Casa Nova- BA. 35

Figura 2: Análise multivariada das áreas de produção de cebola com os indicadores físicos, químicos e biológicos para o período de coleta nas sementeira, Casa Nova – BA..... 43

Figura 3: Análise multivariada das áreas de produção de cebola com os indicadores físicos, químicos e biológicos para o período de coleta transplântio, Casa Nova-BA. 44

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO GERAL:

Tabela 1: Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo..... 10

CAPÍTULO ÚNICO

Tabela 2: Caracterização física e química do solo dos sistemas de produção de cebola, sementeira e transplântio, ano de cultivo (SI e TI) e ao final do cultivo (SF e TF)..... 38

Tabela 3: Carbono da biomassa microbiana do solo (CBS), respiração basal do solo (RSB), quociente microbiano (qMIC), quociente metabólico (qCO₂), e a atividade das enzimas fosfatase ácida (FOS) e β- glicosidase (BETA) em sistemas de cultivo de cebola, sementeira e transplântio. 40

Tabela 4: propriedades biológicas do solo em plantio de cebola, nas épocas de sementeira e transplântio, em diferentes áreas de produção, Casa Nova- BA. 42

RESUMO

A qualidade do solo muda de acordo com o manejo adotado, sendo suas propriedades físicas, químicas e biológicas sensíveis a essas mudanças. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do solo em áreas de sementeira e de cultivo convencional (transplântio) da cultura da cebola, no semiárido baiano. O estudo foi realizado no município de Casa Nova, Bahia, que está totalmente inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, no entorno do Lago de Sobradinho. Na Região Nordeste, o Vale do São Francisco contribui com cerca de 18,0% da produção nacional da cebola, sendo o município de Casa Nova, o maior produtor da região, com uma produtividade de 40.950 t/ano. Foram selecionadas cinco propriedades rurais em função das características representativas do sistema produtivo da região e da proximidade com o lago de Sobradinho. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm nas áreas de sementeira e transplântio em dois períodos de produção, antes e depois do cultivo. As áreas de plantio foram divididas em três parcelas, proporcionais ao tamanho das áreas e em cada parcela, foram coletadas 25 amostras simples para formação de uma composta, totalizando três amostras compostas por área. Para avaliar a qualidade do solo foram selecionados indicadores físicos, químicos e biológicos. As áreas que apresentaram melhor qualidade do solo foram as áreas de produção AP3 e AP4, quando comparadas com as outras áreas avaliadas. A enzima β - glicosidase a respiração do solo e a matéria orgânica foram os indicadores mais sensíveis ao manejo do solo. A análise multivariada mostrou-se eficiente correlacionando os indicadores ambientais com o manejo adotado nas áreas em estudo.

Palavras chaves: Cultivo de cebola. Qualidade do solo. Indicadores ambientais.

ABSTRACT

The Soil quality changes according to the handling adopted having It's physical, chemical and biological properties sensitive to these changes. This study aimed to evaluate soil quality in sowing areas and conventional cultivation (transplanting) of onion culture in the semi arid region Bahia. The study was conducted in the city of Casa Nova located in Bahia, which is fully inserted into the Water parting of the São Francisco River in the surroundings of Sobradinho Lake. In the Northeast, the São Francisco Valley contributes about 18.0% of the national production of onion and having the city of Casa Nova, as the largest producer in the region, hitting a productivity of 40,950 t/year. Five rural properties were selected on the basis of representative characteristics of the production system in the region and the proximity to the Sobradinho Lake. The soil samples were collected at a depth of 0-10 cm in the areas of sowing and transplanting in two production periods, before and after cultivation. The planting areas were divided into three parts having proportional size of the areas and in each parcel, 25 simple single samples were collected to form a composite, totalizing three composites samples per area. To evaluate the quality of soil were selected physical, chemical and biological indicators. The areas that had the best soil quality were the production areas AP3 and AP4, when compared with the other areas evaluated. The β - glucosidase enzyme, the soil respiration and organic matter were the most sensitive indicators to soil **handling**. Multivariate analysis showed efficiency correlating environmental indicators with the handling adopted in the studied areas.

Keywords: Onion cultivation. Soil Quality. Environmental Indicators.

CAPÍTULO GERAL

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cebola (*Allium cepa L.*) é uma das mais importantes do mundo, uma vez que a cada ano cerca de 85 milhões de toneladas de cebolas são produzidos comercialmente (FAO, 2012). A produção média brasileira, em 2014, foi de 1.654.309 toneladas (IBGE, 2014). No Brasil, os estados que mais produzem esta olerícola são Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Pernambuco. No Nordeste, os estados da Bahia e Pernambuco respondem por, praticamente, toda a produção de cebola da Região (IBGE, 2014).

Nessa região, o Vale do São Francisco contribui com cerca de 18,0% da produção nacional (EMBRAPA, 2012). Sendo o município de Casa Nova, localizado às margens do Lago de Sobradinho, o maior produtor da região, com uma produtividade de 40.950 tonelada/ano (SEAGRI, 2012). O lago de Sobradinho, situado na região norte da Bahia, é um dos maiores lagos artificiais do mundo, destacando-se pela geração de energia e uso da água para a agricultura e pecuária (EMBRAPA, 2012).

Os sistemas de produção de cebola da região são essencialmente convencionais, sendo o sistema de irrigação tipo sulco o mais utilizado. No entanto, para essa cultura os sistemas mais indicados são o gotejamento e a microaspersão, pois o sulco favorece a intensificação de práticas fitossanitárias, exigindo aplicação frequente de agrotóxicos e uso irracional de água (COLLETI, 2004).

A aplicação indiscriminada de agrotóxicos e fertilizantes, uso intensivo de máquinas pesadas e o contínuo revolvimento do solo descoberto, são reflexos de um manejo inadequado, que pode provocar mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas afetando negativamente a qualidade do solo (VALARINI et al., 2007).

O solo é um recurso natural que funciona como um sistema vivo e dinâmico que condiciona e sustenta a produção de alimentos e fibras e proporciona o balanço global do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A sua qualidade é resultado de contínuos processos de degradação e conservação, refletindo o equilíbrio dos componentes químicos, físicos e biológicos do solo contribuindo para a manutenção da qualidade desse compartimento ambiental (NILSEN; WINDING, 2002).

A avaliação da qualidade do solo pode ser mensurada por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Dentre esses, os indicadores biológicos são os mais sensíveis às alterações que ocorrem no solo, informando, de forma precoce, as possíveis mudanças ambientais de forma precisa (PASCUAL et al., 2000; NILSEN; WINDING, 2002).

O solo diferentemente do ar ou água, não possuem padrões de qualidade definidos. Definir e quantificar a qualidade do solo é laborioso em consequência de suas ligações com fatores externos, como por exemplo, o manejo adotado; suas interações com ecossistemas e ambiente; prioridades sócio-econômicas e políticas, entre outros (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

Nesse contexto a literatura é abrangente em pesquisas (ARANTES; MELLONI, 2007, ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2008; VALARINI et al., 2011; CUNHA et al., 2011; FALCÃO et al., 2012; MENDES et al., 2012; ARCOVERDE, 2013) que avaliam a qualidade de solos cultivados, comparando seus resultados com área preservada ou com solos sob diferentes processos produtivos, que podem definir o manejo mais adequado de uso do solo.

Portanto, o conhecimento das atividades e dos componentes dos solos sob diferentes manejos, em sistemas de produção de cebola pode ajudar a compreender as mudanças da sua qualidade por meio do monitoramento dessas áreas utilizando indicadores ambientais, informando aos agricultores as práticas agrícolas que causam menos impactos aos atributos do solo maximizando a sua produção.

1.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do solo em áreas de sementeira e cultivo convencional (transplântio) da cultura da cebola nas duas etapas de produção, no semiárido baiano, correlacionando os indicadores ambientais com o manejo adotado nas áreas em estudo.

1.2. Objetivo Específicos

- Caracterizar as áreas cultivadas com cebola quanto ao tempo de uso e o tipo de manejo adotado;
- Identificar os indicadores mais sensíveis às mudanças do solo;

- Correlacionar os indicadores biológicos, químicos e físicos com o manejo adotado pelos produtores de cebola;
- Avaliar a qualidade do solo nas áreas de sementeira e cultivo convencional (transplântio) utilizando os indicadores físicos, químicos e biológicos do solo.

1.3. Estrutura da dissertação

O referido trabalho está disposto em 2 capítulos. O capítulo geral aborda a introdução que contém um resumo estatístico do índice de produção de cebola no Brasil, no estado da Bahia e no município de Casa Nova, um breve embasamento teórico sobre qualidade do solo, a relevância e a importância da pesquisa.

A revisão bibliográfica que dá um arcabouço teórico sobre o sistema de produção da cebola, o impacto que as atividades agrícolas podem causar no meio ambiente, assim como, a definição e a importância da qualidade do solo e seus parâmetros físico, químicos e biológicos.

Por fim, o capítulo único apresenta um estudo, no formato de artigo, que relaciona os indicadores de qualidade do solo com os sistemas de manejo adotados pelas áreas de produção selecionadas no município de Casa Nova- BA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cebola e sistema de produção

A cebola é originária da Ásia Central, das regiões que compreendem o Afeganistão, o Irã e partes do sul da Rússia. Pertence à família *Alliaceae*, é classificada botanicamente como *Allium cepa* L. Essa olerícola, entre as várias espécies cultivadas pertencentes ao gênero *Allium*, é a mais importante sob o ponto de vista de volume de consumo e de valor econômico (COSTA et al., 2012).

No Brasil foi introduzida pelos portugueses, inicialmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MADEIRA et al., 2013). No final da década de 40, a cebola foi introduzida no Nordeste brasileiro, destacando-se o Vale do São Francisco. O cultivo nessa região é realizado durante todo o ano, gerando cerca de 15 mil empregos diretos e indiretos para os sertanejos (COSTA, 2012).

O cultivo da cebola no Nordeste se desenvolve nas regiões do Baixo e Médio São Francisco (COSTA; RESENDE, 2007). A produção da cebola no Brasil atingiu 1.654.309 toneladas, sendo o estado da Bahia responsável por 19,64% da produção total do país (IBGE, 2014). O município de Casa Nova, margeado pelo Lago de Sobradinho, está localizado na região de planejamento do Baixo Médio São Francisco, é um dos maiores produtores de cebola da região, apresentando uma produção anual de aproximadamente 41.000 toneladas (SEAGRI, 2012).

A cebola é uma planta tenra que possui características próprias, atingindo 60 cm de altura, folhas tubulares e cerosas. Seu caule verdadeiro é um disco comprimido que se localiza na base da planta, de onde partem suas folhas e raízes. Elas possuem pseudocaules que são formados pelas bainhas foliares, cuja parte inferior é um bulbo (FILGUEIRA, 2000). Trata-se de uma cultura bienal que sob condições normais de clima, produz bulbos no primeiro ano, a partir das sementes, e sementes no segundo ano a partir dos bulbos (COSTA et al., 2012).

É uma planta que apresenta um ciclo biológico composto por duas etapas, uma vegetativa e outra reprodutiva. O desenvolvimento e o amadurecimento dos bulbos ocorrem na fase vegetativa. A bulbificação só ocorre quando o fotoperíodo é maior que o valor crítico exigido pela cultivar, ou seja, esse processo para acontecer depende do tempo de horas de luz ao qual a planta fica exposta, por ser uma espécie de dias longos, apresentando-se o fotoperíodo como fator limitante para a bulbificação. Quando as condições climáticas

satisfazem às exigências da cultivar, ocorre a bulbificação normal. As condições ideais para a cultura são temperaturas amenas ou frias durante o crescimento vegetativo e ligeiramente mais elevadas na bulbificação (FILGUEIRA, 2008).

A cebola é constituída por mais de 90% de água, necessitando de irrigação. O manejo do solo, em especial a irrigação, tem que ser bem dirigida para obter mais de um cultivo por ano, bulbos uniformes e de qualidade (PINTO et al., 2007).

A precipitação pluviométrica e a umidade do ar exercem efeito no desenvolvimento dos bulbos e estrutura floral, podendo afetar o estado fitossanitário e a qualidade dos bulbos na colheita. O excesso de chuva, durante o estágio de desenvolvimento da cebola, especialmente no final da sua maturação, prejudica a produção, causando apodrecimento dos bulbos. Umidade relativa elevada proporciona o desenvolvimento de patógenos foliares e, em condições severas, aumenta o custo de produção, podendo, inclusive, inviabilizar totalmente a produção (RESENDE et al., 2007).

No Brasil, os tipos de irrigação mais utilizados são por sulcos, aspersão e irrigação localizada. No Nordeste a irrigação de superfície vem sendo substituída pela irrigação por aspersão (COSTA; RESENDE, 2007). Na região do vale o tipo de irrigação que os produtores mais utilizam é o de sulcos, devido ao baixo custo desse sistema, sendo vantajoso para proprietários que dispõem de pouco capital e de propriedades com alta disponibilidade de água (FILGUEIRA, 2000).

No município de Casa Nova, o tipo de cultivo que os produtores utilizam é o transplântio. Esta técnica consiste na produção de mudas em áreas de sementeiras que após 30 dias serão encaminhadas para uma nova área de produção o mais rápido possível. As mudas nessa região alcançam o estágio ideal para realizar o transplântio entre 30 e 40 dias após o semeio, quando seus bulbos apresentam de 4 a 6 mm de diâmetro do pseudocaulo e uma altura média de 18 a 20 cm. Uma vez que são retirados os bulbos das áreas de sementeiras, devem ser levados, o mais rápido possível, para o local definitivo, não sendo necessário fazer nenhum tipo de poda (COSTA et al., 2007).

A colheita da cebola é realizada quando o bulbo alcança a sua maturidade fisiológica através do tombamento ou estalo da planta, isso ocorre devido ao murchamento do pseudocaulo (BOEING, 2002). Após essa etapa é realizada a cura artificial ou a campo, esse processo tem por finalidade acarretar a perda da umidade das ramas e secagem das películas externas dos bulbos, alcançando a coloração externa atrativa e a redução da intensidade de podridões (FERREIRA, 2000). Após esse processo, esses bulbos podem ser comercializados ou armazenados em condições apropriadas.

Portanto, a região de entorno do Lago do Sobradinho, onde se localizam as áreas de produção agrícola em estudo, é caracterizada pelo uso intensivo do solo em suas atividades agropecuárias com destaque para a agricultura irrigada com o cultivo de oleráceas, principalmente a cebola. O manejo dos solos agrícolas da região associado a fatores físicos e climáticos tem ocasionado sérios problemas resultando em prejuízos ambientais e impactos do ponto de vista sócio-econômico (ARCOVERDE, 2013).

2.2. Impacto das atividades agrícolas ao meio ambiente

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades, físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, podendo ser positiva ou negativa, gerada de forma direta ou indireta, por atividades humanas, podendo afetar a saúde, a segurança e/ou a qualidade dos recursos naturais (FOGLIATTI et al., 2004).

O solo é um sistema vivo, dinâmico e um recurso não renovável (DORAN; ZEISS, 2000). É constituído por plantas, macro, meso e microrganismos que interagem continuamente. Funciona como substrato fornecendo água e nutrientes para as plantas, permitindo a ciclagem de matéria orgânica e de nutrientes por atividade microbiana (BALOTA et al., 2013).

A qualidade do solo muda de acordo com o manejo adotado (LARSON; PIERCE, 1994). As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são sensíveis a situações de estresse ambiental e modificações no manejo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A utilização de práticas agrícolas inadequadas torna-se, cada vez mais, comum na produção agrícola, o manejo intensivo do solo, a monocultura, o uso indiscriminado dos agrotóxicos, contaminação das águas (superficiais e subterrâneas) e a perda de matéria orgânica do solo, vêm ocasionado vários impactos negativos no meio ambiente, além de prejuízos à microbiota e seus processos bioquímicos (ARSHAD; MARTIN, 2002).

O plantio convencional causa consequências negativas no solo, este sistema de manejo promove a retirada da vegetação e um maior revolvimento do solo expondo-o à ação da gota da chuva e, conseqüentemente, a uma maior probabilidade de erosão e empobrecimento. A compactação é outra consequência causada pelo uso de maquinário pesado proposto por esse sistema (REICHERT et al., 2009).

O solo, em áreas manejadas que fazem uso de manejo inadequado, sofre influência direta da utilização de agrotóxicos nas culturas (STEFFEN et al., 2011). Estudos comprovam

que a dispersão de agrotóxicos no solo pode causar um desequilíbrio ecológico no meio ambiente (SOARES; PORTO, 2007).

A sua utilização de forma indiscriminada e adubações excessivas causam desvio metabólico das plantas, reduzindo a biodiversidade do solo e do ecossistema como um todo (TOKESHI, 2002). O acúmulo dos resíduos de agrotóxicos ocorre nas camadas superficiais do solo, sendo que essa região as plantas retiram os nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento e onde a vasta diversidade de organismos, que é responsável pela ciclagem de nutrientes, se estabelece (COSTA; COSTA, 2004). Nestas condições, o solo fica mais suscetível à degradação de sua estrutura física (MERTEN; MINELLA, 2002).

Práticas agrícolas que visam melhorar a sustentabilidade e a qualidade do solo estão ganhando, cada vez mais, espaço, chamando a atenção dos pesquisadores e produtores (FACCI, 2008). Os sistemas agrícolas que favorecem a qualidade do solo são aqueles que cultivam plantas intensamente, de preferência de espécies diferentes, sem o revolvimento do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Estudos como os de Morris (2007) e Mercante et al. (2008) demonstraram que a qualidade do solo responde de forma positiva em sistemas que implementam agricultura orgânica ou fazem uso do plantio direto.

O sistema de plantio direto é uma das opções de sistema agrícola que tenta melhorar a qualidade do solo, sendo caracterizado por pouco revolvimento no solo, o que reduz a erosão, melhora sua estrutura física, aumenta a fertilidade e retenção de água e população e atividade dos microrganismos (CONSUEGRA, 2003).

O cultivo orgânico é uma prática agrícola que evita ou praticamente exclui o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos (ALTIERI, 2002). Os sistemas agrícolas orgânicos dependem de rotação e restos de culturas, esterco de animais, leguminosas, adubos verdes e de resíduos orgânicos de fora da propriedade, necessitando de cultivo mecânico e controle biológico para manter a estrutura do solo e a produtividade das culturas (EHLERS, 1996).

A determinação da quantidade de água é essencial para se ter um manejo adequado dos cultivos irrigados (BANDEIRA et al., 2010). O uso dos métodos de irrigação com microaspersão e gotejamento tem sido recomendado, em virtude da economia de água e da eficiência da aplicação de fertilizante (NOGUEIRA et al., 1998).

São muitas as vantagens do sistema por aspersão, podendo citar como principais sua utilização para qualquer tipo de solo e em áreas com declives, aplicação de fertilizantes via água de irrigação automação (COSTA et al., 2002). O gotejamento proporciona uma maior eficiência no uso da água, maior produtividade, eficiência na adubação, aplicação de

fertilizantes via água de irrigação, controle fitossanitário, economia de mão-de-obra, redução dos gastos com energia e possibilidade de automação (VILAS BOAS et al., 2011).

Uma irrigação bem manejada, na cultura da cebola possibilita a obtenção de bulbos uniformes e de boa qualidade, permitindo mais de um cultivo por ano (PINTO et al., 2007). No Colorado - EUA, Halvorson et al. (2008) substituíram o sistema de irrigação por sulcos pelo de gotejamento em plantações de cebola e observaram que houve uma redução na utilização de água, fertilizantes e insumos, aumentando a eficiência do uso da água com a utilização desse sistema.

Estudo realizado em Lavras - MG avaliou o efeito de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, utilizando o sistema de gotejo na produção de cebola, concluindo que às lâminas de irrigação, os fatores altura da planta, produtividade de bulbos comerciais e eficiência do uso da água tiveram efeitos significativos (GATTO, 2013).

A viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola foi avaliado por Vilas Boas et al. (2011) concluindo que adotando-se as tensões da água no solo e as cultivares estudadas por eles o gotejamento é uma técnica economicamente viável.

2.3. Qualidade do solo e seus indicadores para fins agrícolas

A temática qualidade do solo é relativamente recente que passou a ser discutido no início da década de 1990, como reflexo da preocupação da comunidade científica com a degradação dos recursos naturais, sustentabilidade agrícola e conservação do solo (ARCOVERDE, 2013).

Os conceitos de qualidade do solo para fins agrícolas são diversos, sendo alguns deles descritos a seguir:

- " a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para o desenvolvimento de plantas e de animais, de manter ou de aumentar a qualidade da água e do ar e de promover a saúde humana" (Doran; Parkin, 1994).
- "capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano" (Karlen et al., 1997).

- "A capacidade de um determinado solo em exercer suas funções, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter ou aumentar a qualidade da água e do ar, e melhorar a habitação e saúde humanas" (USDA, 2001).

A qualidade do solo pode ser mensurada por meio do uso de indicadores, que são atributos que medem ou refletem as condições de sustentabilidade do ecossistema e são classificados como físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Os indicadores são utilizados para monitorar as mudanças no solo, sendo necessário selecionar um conjunto de seus atributos, sensíveis às alterações, que possam avaliar às variações de manejo dentro do ecossistema (VARGAS, 2012).

Como os atributos do solo não podem ser medidos diretamente, os indicadores devem ser selecionados (TÓTOLA; CHAER, 2002). Um único indicador não pode ser utilizado nos estudos de qualidade do solo, sendo necessário um conjunto mínimo de indicadores que englobe os atributos físicos, químicos e biológicos de um sistema, para que haja uma boa resposta nas alterações da sua qualidade (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

Um bom indicador deve apresentar resposta rápida à perturbação; refletir alguns aspectos de funcionamento do ecossistema; ser economicamente viável; possuir uma distribuição universal e ser independente das estações do ano (HOLLOWA; STORK, 1991; VISSER; PARKINSON, 1992).

Os principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo, de acordo com Araújo; Monteiro (2007) adaptado de Doran; Parkin (1994) (Tabela 1), são matéria orgânica do solo (MOS), estrutura do solo, infiltração e densidade do solo, capacidade de retenção de umidade, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, conteúdo de N, P, K, biomassa microbiana, mineralização de nutrientes (N, P e S), respiração do solo, fixação biológica do N₂ (FBN) e, atividade enzimática do solo.

Tabela 1: Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo

Indicadores	Relação com a qualidade do solo
Matéria orgânica do solo (MOS)	Estrutura e estabilidade do solo.
Físicos	
Estrutura do solo	Retenção e transporte de água e nutrientes.
Infiltração e densidade do solo	Movimento de água e porosidade do solo.
Capacidade de retenção de umidade	Armazenamento e disponibilidade de água.
Químicos	
pH	Atividade biológica e disponibilidade de nutrientes.
Condutividade elétrica	Crescimento vegetal e atividade microbiana.
Conteúdo de N, P e K	Disponibilidade de nutrientes para as plantas.
Biológicos	
Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes.
Mineralização de nutrientes (N, P e S)	Produtividade do solo e potencial de suprimento de nutrientes.
Respiração do solo	Atividade microbiana.
Fixação biológica do N ₂ (FBN)	Potencial de suprimento de N para as plantas.
Atividade enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica no solo.

Fonte: Araújo; Monteiro, 2007 (adaptado de Doran; Parkin, 1994).

Alguns trabalhos (FRIGHETTO et al., 2000; VALARINI et al., 2003; MORENO et al., 2009; FALCÃO et al., 2013.) mostram a importância do desenvolvimento de métodos e seleção de indicadores para avaliar as mudanças que ocorrem no solo devido à adoção de práticas agrícolas inadequadas que muitas vezes são agressivas e comprometem todo um sistema de produção.

As alterações físicas e químicas do solo afetam diretamente os processos microbianos, já que os diferentes tipos de cultivo e manejo, promovem diversos graus de mobilização do solo (SOUZA et al., 2005; PEREIRA et al., 2007).

Fialho e seus colaboradores (2006), utilizaram indicadores da qualidade do solo para avaliar as alterações nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi- CE, testando a hipótese de que o uso agrícola causa alterações ambientais que reduzem a biomassa e a atividade microbiana do solo em relação à área sob vegetação natural, concluindo que a respiração basal do solo foi maior na área de mata natural do que na área cultivada e que as práticas de manejo reduziram o nitrogênio e o carbono orgânico total no solo da área de plantio.

Atualmente, verifica-se que estudos têm sido desenvolvidos para avaliar as influências das práticas de manejo sobre a qualidade do solo, observando suas consequências na sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola empregados apoiando-se em conjunto de indicadores físicos, químicos e biológicos (MENDES et al., 2009; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009; PEIXOTO et al., 2010; REGANOLD et al.; 2010, SILVA et al., 2012 e LOPES et al., 2013).

2.3.1. Indicadores físicos

Indicadores físicos exercem função de sustentação do solo e sua avaliação encontra-se em processo de expansão (REYNOLDS et al. 2002), ou seja, se houver melhora na qualidade física do solo, conseqüentemente haverá na qualidade química e biológica, já que os três indicadores estão estritamente relacionados (ARAÚJO et al., 2007).

Os indicadores físicos são importantes no monitoramento da qualidade do solo por estabelecerem relações com os processos hidrológicos, como infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão (ARCOVERDE, 2013), podendo ainda avaliar a manutenção do solo e sua sustentabilidade (SILVA et al., 2011).

As propriedades físicas do solo estão relacionadas com os processos de suporte ao crescimento radicular das plantas, atividade biológica (ARSHAD et al., 1996), armazenamento, suprimento de água, nutrientes e trocas gasosas (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Os principais indicadores físicos para avaliar a qualidade do solo são textura, espessura, densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, capacidade de retenção d'água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados (ARAÚJO, 2012).

A densidade pode ser alterada por práticas de manejo inadequadas, já que esse indicador depende da textura, da densidade e do arranjo das partícula, do solo e da matéria orgânica, esse atributo reflete funções no solo como suporte estrutural, movimento da água e a aeração. Geralmente solos porosos, ricos em matéria orgânica apresentam baixa densidade (FALCÃO, 2012).

Características mecânicas como distribuição, tamanho dos poros e compactação, influenciam outros fatores que modificam o equilíbrio do ecossistema solo, estas podendo ser mensuradas e utilizadas para verificar se o manejo do solo está adequado (LAL, 1991).

A compactação do solo é mensurada de forma indireta pela densidade do solo, caso ocorra esse fenômeno a produtividade da cultura poderá ser reduzida, o que leva há uma menor produção de biomassa, assim, o solo ficando propenso a erosão (GOERDERT et al., 2002).

Em sistemas orgânicos e convencionais, no Semiárido Cearense, as análises de densidade do solo não apresentaram diferenças estatísticas entre os dois sistemas avaliados (LIMA, et al., 2007b). Estudo no Distrito Federal, com o objetivo de avaliar a compactação do solo em duas áreas de lavouras, rotação de soja e milho, em sistema de plantio direto, verificaram que nenhuma das áreas avaliadas apresentaram densidade acima do nível crítico ($0,78$ a $0,92 \text{ Kg dm}^{-3}$) (GOERDERT et al., 2002).

A estrutura do solo é considerada fator chave no funcionamento do solo e na avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (FALCÃO, 2012), possui capacidade de reter e transmitir líquidos, substâncias orgânicas e inorgânicas, sustentar o crescimento das raízes e permitir a difusão de gases (VERHULST et al., 2010), sendo expressa como o grau de estabilidade dos agregados (BRONICK; LAL, 2005).

Ela influencia diversas propriedades físicas no solo, sobretudo a densidade (ARCOVERDE, 2013). É uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma (ALBUQUERQUE et al., 1995) e ou a sua estabilidade (CAMPOS et al., 1995).

Sistemas convencionais, que adotam o revolvimento intensivo no solo provocam distúrbios nos agregados, ocasionando efeito nocivo a estrutura do solo, afetando o teor de matéria orgânica que é um dos principais agentes formadores e estabilizadores dos agregados do solo (USDA, 2008a).

Avaliando de forma comparativa cinco áreas sob diferentes usos utilizando indicadores físicos, químicos e biológicos, concluíram que o uso intensivo do solo contribui para a redução da sua qualidade em relação ao solo sob Cerrado nativo; os indicadores físicos

foram os que melhor refletiram as diferenças de qualidade do solo entre as áreas avaliadas (ARAÚJO et al., 2007).

Estudos realizado por Cunha et al. (2011) com o uso do solo sob vegetação de Cerrado para a produção agrícola mostraram que os atributos físicos foram os mais impactados negativamente. Em culturas de feijão e milho, os atributos químicos mostram-se os mais sensíveis.

2.3.2 Indicadores químicos

Os atributos químicos são responsáveis pela manutenção de toda a atividade biológica do solo e pela sua fertilidade (MORRIS, 2007). Pode-se citar como indicadores importantes para avaliar a qualidade do solo, sob os diferentes manejos adotados, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases e de alumínio, as medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes no solo (cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes), frequentemente, os indicadores químicos utilizados para mensurar a qualidade do solo são agrupados em variáveis que possuem relação com a matéria orgânica (MO) (ARAÚJO, 2012),

O aporte da matéria orgânica no solo e o produto de suas transformações conserva e melhora a qualidade do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Este atributo está entre os principais indicadores químicos de qualidade do solo, pois mostra-se sensível às alterações das práticas de manejo (REINERT et al., 2006), e apresenta estreita relação com a maioria dos atributos relacionados às funções básicas do solo (MIELNICZUK et al., 2008).

A matéria orgânica no solo é acumulada por meio da biomassa e detritos orgânicos e está diretamente associado à microbiota do solo (SILVEIRA; FREITAS, 2007). Ela pode ser definida como a fração do solo composta de qualquer material que seja orgânico, vivo ou não. Este material inclui restos de animais e vegetais nos diferentes estágios de decomposição, células e restos de organismos, e substâncias das raízes da planta e da microbiota do solo (USDA, 1996).

A matéria orgânica influencia a capacidade de troca de cátions (CTC) de solos tropicais a depender do tipo do manejo utilizado e da matéria orgânica aplicada (LIMA et al., 2007b), outra forma é prevalência de argilas de baixa atividade nesse tipo de solo, fazendo com que a matéria orgânica apresente papel decisivo no aumento da CTC (PRIMAVESI, 2002).

A CTC é considerada um importante indicador de qualidade do solo, em consequência das suas características de reter e trocar íons no solo positivamente carregados na superfície coloidal, está sendo uma das principais formas de alcançar a fertilidade do solo (FALCÃO, 2012).

Esta capacidade de reter ou conceder, maiores ou menores, quantidades de nutrientes para as plantas se dá em função da quantidade de cargas negativas presentes na superfície dos colóides, estas originárias do pH ou de substituição isomórfica nas reações de formação de minerais (BARRETO et al., 2008).

A degradação da qualidade do solo pelo cultivo é evidenciada pela redução de matéria orgânica, perda de nutrientes, por processos erosivos, compactação do solo, redução de populações microbianas, pH e atividades enzimáticas (STABEN et al., 1997).

Potássio trocável, fósforo disponível e valores de saturação da CTC $\text{pH}_{7,0}$ por bases, não foram afetados pelo cultivo com espécies de plantas de coberturas solteiras e consorciadas, em estudo que avaliou a interferência do cultivo de plantas de cobertura sobre a produção de cebola em Cambissolo Húmico no município de Ituporanga - SC através de atributos químicos em sistema de plantio direto agroecológico (SOUZA et al., 2013).

Pesquisas realizadas nas microrregiões de Ibiúna e Socorro - SP, em pequenas propriedades familiares orgânicas e convencionais em solo sob cultivo de hortaliças, constataram o empobrecimento do solo em matéria orgânica na maioria das propriedades de ambas as regiões, resultado que pode ser explicado pela intensidade de uso do solo, comprometendo os atributos físicos e químicos e a quase ausência prática de descanso, ou de pousio, entre uma cultura e outra, observando-se além de uma queda acentuada no teor de matéria orgânica uma menor atividade de biomassa microbiana (VALARINI et al., 2011).

Com a finalidade de indicar as cultivares de cebola mais adequadas para industrialização Chagas et al. (2003) determinaram a composição físico-química e química de diferentes cultivares de cebola em Lavras - MG, e duas das conclusões que eles obtiveram foi que as cultivares Pira Ouro, Crioula, Baia Periforme e Jubileu apresentaram os maiores concentrações de sólidos totais e solúveis e a acidez mais elevada ocorreu nas cultivares Crioula e Pira Ouro e a menor foi apresentada pelas cultivares Texas Grano 502 e Granex 33.

Comparando os indicadores físicos, químicos e biológicos em sistema convencional e orgânico em cultura com algodão no município de Tauá - CE, Lima et al. (2007) concluíram que os indicadores físicos e químicos testados individualmente não foram sensíveis para diferenciar as áreas sob sistema de cultivo orgânico daquelas sob cultivo convencional.

2.3.3. Indicadores biológicos

Os indicadores biológicos possuem a capacidade de responder rapidamente as mudanças ocorridas no solo derivadas das alterações no manejo (KENNEDY; PAPENDICK, 1995; STENBERG, 1999) de estresse ou recuperação ecológica (PASCUAL et al. 2000). Essa característica que os microrganismos possuem de dar respostas rápidas às mudanças na qualidade do solo não é facilmente observada nos indicadores químicos ou físicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Portanto, as populações microbianas são reconhecidas como importantes indicadores de qualidade do solo em consequência do seu envolvimento essencial em muitos processos ecossistêmicos (YAO et al., 2000).

A atividade microbiana do solo reflete a influência conjunta de todos os fatores que regulam a degradação da matéria orgânica, fluxo de energia e a transformação dos nutrientes (GALLO et al., 2004), justificando o uso de microrganismos e processos microbianos como indicadores de qualidade do solo (KENNEDY; PAPENDICK, 1995; STENBERG, 1999).

Um solo com atividade biológica intensa e populações microbianas balanceadas, possui uma qualidade elevada, sendo vários os indicadores microbiológicos que podem fornecer uma estimativa da qualidade do seu uso (TÓTOLA; CHAER, 2002), desta forma a maioria das características biológicas do solo se enquadra nos critérios para seleção como indicador de qualidade do solo (DORAN; ZEISS, 2000).

Uma avaliação comumente utilizada para avaliar essa qualidade é a relação entre os microrganismos e a ciclagem de nutrientes. Diversos autores citam que a biomassa microbiana do solo, respiração e as enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes-chaves são indicadores sensíveis a mudanças no solo submetido a diferentes tipos de manejo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

O monitoramento da biomassa microbiana (BMS) desempenha uma função importante em sistemas agrícolas, já que ela pode refletir possíveis modificações no solo e ser um excelente indicativo biológico das alterações resultantes do seu manejo (BALOTA et al., 1998).

O resultado da estimativa de biomassa microbiana de forma isolada não fornece indicações sobre os níveis de atividade das populações de microrganismos, com isso, torna-se importante determinar parâmetros capazes de medir a atividade microbiana para avaliar o estado metabólico atual e potencial da comunidade microbiana (TÓTOLA; CHAER, 2002).

O quociente microbiano ($qMIC$) auxilia a encontrar respostas sobre a qualidade do solo, esta variável indica a medida da qualidade da matéria orgânica, e é a razão entre o carbono microbiano (CM) e o carbono orgânico (CO) (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Os valores do quociente microbiano são diretamente proporcionais aos da biomassa microbiana. Quando este indicador encontra-se sob fator de estresse, a capacidade de utilização de carbono é reduzida e a relação CM:CO também. Na ocasião que o sistema avaliado sofre alguma mudança no fator limitante, como por exemplo, incorporação de matéria orgânica de boa qualidade, a biomassa aumenta rapidamente, conseqüentemente o quociente microbiano (WARDLE, 1994).

A avaliação da respiração do solo (RBS) é uma técnica bastante utilizada para quantificar a atividade microbiana, apresentando relação positiva com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF, 1995).

A respiração basal do solo representa a taxa de produção de CO_2 resultante da atividade metabólica dos microrganismos, de raízes vivas e de macroorganismos do solo (PARKIN et al., 1996). Este indicador é bastante variável e dependente da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura (BROOKES, 1995), sensível à decomposição de resíduos, do giro metabólico do carbono orgânico do solo e distúrbios no ecossistema (PAUL et al., 1999).

Para interpretar os valores de respiração do solo é necessário ser bastante criterioso e ter muita cautela. Altos valores na respiração do solo pode apresentar resultado ambíguo: altos valores indicando, em curto prazo, a liberação de nutrientes para as plantas e, ao longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (ARAÚJO et al., 2007). Desta forma, altos valores da taxa de respiração podem representar tanto situações de distúrbio ecológico quanto alta produtividade do sistema (ISLAM; WEIL, 2000).

Resultados de respiração ou biomassa microbiana podem fornecer informações limitadas quando avaliados de forma isolada, identificando apenas se o sistema está sofrendo estresse ou perturbações. Outro indicador que pode complementar esses resultados é o quociente metabólico, apresentando-se como uma variável mais adequada para o entendimento dessas avaliações (ALVES et al., 2011).

O quociente metabólico (qCO_2) é a razão entre a taxa de respiração basal e a biomassa microbiana. Este indicador aponta que à medida que determinada massa microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido como gás carbônico pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos (TÓTOLA; CHAER, 2002; SILVA et al., 2012).

Assim, uma biomassa microbiana eficiente, apresenta um quociente metabólico baixo, e uma menor taxa de respiração. Estes resultados indicam economia na utilização de energia, provavelmente este ambiente se tornando mais estável, próximo do seu estado de equilíbrio. Em contrapartida, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (SAKAMOTO; OBO 1994).

A atividade enzimática é reconhecida como um dos principais indicadores da atividade biológica e da qualidade do solo (SILVA et al., 2012; LOPES et al., 2013). O metabolismo das plantas e microorganismos presentes no solo sintetizam as enzimas que são proteínas encontradas em células vivas (enzimas biônticas) e mortas de tecidos de plantas, e de organismos presentes no solo, ou, ainda em complexos coloidais orgânicos e minerais (enzimas abiônticas) (Dick, 1994).

Através de enzimas, que os microrganismos do solo degradam as moléculas orgânicas complexas em simples, permitindo-lhes o acesso a energia e nutrientes que estão presentes em substratos complexos (SILVEIRA, 2007), ou seja, a atividade enzimática está relacionada a inúmeras reações necessárias para a vida microbiana no solo, como ciclagem de nutrientes, decomposição de resíduos orgânicos, formação da matéria orgânica e estruturação do solo (DICK, 1994; FERNANDES, 1999).

Dentre as diferentes enzimas do solo a beta-glicosidase (BETA) e a fosfatase ácida (FOS), têm sido as mais utilizadas para avaliar a qualidade do solo (FALCÃO, 2012). A beta-glicosidase é uma enzima que atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, pela hidrólise dos resíduos de celobiose (TABATABAI, 1994). A fosfatase ácida participa do ciclo do fósforo e promove a liberação desse elemento na forma iônica, que será utilizado pelas plantas e microrganismos (EIVAZI; TABATABAI, 1990).

De acordo com diversos estudos (MATSUOKA et al., 2003; CHAER; TÓTOLA, 2007), a atividade enzimática das enzimas como fosfatase ácida e a beta-glicosidase pode sofrer possíveis influências de alguns atributos do solo, como por exemplo a quantidade de carbono orgânico e do pH.

Em estudo realizado para avaliar o comportamento de alguns indicadores de processos bioquímicos e microbianos do solo as enzimas beta-glicosidase e a fosfatase ácida sofreram influências da adição e dosagem dos compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos domésticos. A beta-glicosidase mostrou-se mais sensível, aumentando, de forma significativa na medida da adição do composto (VINHAL-FREITAS et al., 2010).

Alguns trabalhos vem empregando os indicadores microbiológicos para avaliar as influências das práticas de manejo sobre a qualidade do solo, comparando seus valores com

referências, esta podendo ser áreas preservadas ou outros tipos de manejo que fazem uso de práticas conservacionistas (ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2010; ALVES et al., 2011, VALLEJO et al., 2012; SILVA et al., 2012 e LOPES et al., 2013).

Em experimento de médio prazo, em sistema de plantio direto com cebola, foi avaliada a influência das plantas de cobertura de inverno sobre os atributos biológicos e químicos do solo e o rendimento da cultura. O estudo tinha como objetivo melhorar os atributos do solo e seus efeitos sobre o rendimento da cebola. A biomassa microbiana e a respiração basal não foram influenciadas pelas plantas de cobertura de inverno e pouco influenciaram a atividade das enzimas. Por outro lado, houve relação entre os atributos químicos (matéria orgânica, P, K, Mg, e CTC) e respiração basal, urease e beta - glicosidase, indicando ciclagem de nutrientes no solo (VARGAS, 2012).

Estudo com indicadores microbianos, relacionando carbono e nitrogênio microbiano do solo em sistemas de rotação de culturas com cebola, avaliou espécies de cobertura do solo em sistema de cultivo mínimo e rotação de cultura como alternativa ao preparo adotado no sistema convencional, após três anos de implantação dos sistemas. O carbono da biomassa microbianos não mostrou diferença entre os tratamentos com cobertura vegetal e rotação de culturas. Os quocientes microbiológicos e metabólico não apresentaram diferença entre os tratamentos. O carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana mostraram-se os indicadores mais sensíveis às flutuações sazonais na cultura de cebola (SILVA, 2012)

Pesquisa avaliando a qualidade do solo, utilizando atributos físicos, químicos e biológicos mediante coletas de amostras de solos sob cultivo de hortaliças e em solos de mata ou pastagem (áreas de referência), concluíram que as práticas agrícolas utilizadas na maioria das propriedades orgânicas e convencionais favoreceram a degradação do solo, devido, principalmente, ao revolvimento intensivo e à ausência de cobertura do solo, fatores que provocaram redução dos teores de matéria orgânica do solo, da biomassa microbiana, da emergência de plântulas e da estabilidade de agregados nas áreas de cultivo em relação às áreas testemunhas (VALARINI et al., 2011)

No semiárido dos EUA, na cidade de New Deal, foi avaliada a qualidade do solo em sistema convencional e plantio direto durante 5 anos em diferentes culturas (sorgo, centeio e algodão). Este estudo demonstrou que os indicadores de qualidade do solo variaram com o passar dos anos, proporcionando, após três anos, mais nutrientes para o solo, submetido à rotação de cultura, quando as alterações de um novo sistema se restabelecer, concluindo que as diferenças de biomassa microbiana e enzimas são mais afetadas pela rotação de culturas do que pelo manejo agrícola (ACOSTA- MARTÍNEZ et al., 2011).

Pesquisa realizada em unidade de produção comercial de morango, em Brazlândia (DF), avaliou indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo. Duas áreas eram sob sistema de produção convencional e uma sob sistema orgânico. Em função da elevada aplicação de fertilizantes, a maior condutividade elétrica foi registrada para o sistema de produção convencional, mas não houve efeito deletério sobre a produtividade. As atividades das enzimas β -glicosidase e fosfatase ácida indicaram boa qualidade biológica do solo, em todas as unidades produtivas de morango avaliadas (FALCÃO et al., 2013).

REFERÊNCIAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; ROWLAND, D. SORENSEN, R. B.; YEATER K. M. Microbial community structure and functionality under peanut-based cropping systems in a sandy soil. **Biol Fertil Soils**, 44:681–692, 2008.

ACOSTA-MARTÍNEZ, V; ACOSTA-MERCADO, D. SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D; CRUZ-RODRÍGUEZ, L. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. **Applied Soil Ecology** 46 (2010) 177–182

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; LASCANO, R.; CALDERÓN, F.; BOOKER, J. D.; ZOBECK, T. M.; UPCHURCH, D. R. Dryland cropping systems influence the microbial biomass and enzyme activities in a semiarid sandy soil. **Biol Fertil Soils**. DOI 10.1007/s00374-011-0565-1, 2011.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19: 115-119, 1995.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Londres: Academic Press, 1995. 576p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 592p, 2002.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011

ARANTES D; MELLONI R.. Efeito da declividade em atributos bioquímicos de solos da Reserva Biológica da Serra dos Toledos, Itajubá-MG. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14. FERTBIO 2007, Londrina/PR.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007.

ARAÚJO, R; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1099-1108, 2007.

Araújo, E. A.; Ker, J. C.; Neve, J. C. L.; Lani, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.5, n.1 jan/abr. (2012)

ARCOVERDE, S. N. S. Qualidade de solos sob diferentes usos agrícolas na região do entorno do Lago de Sobradinho - BA. Juazeiro-BA: UNIVASF. 2013.

ARSHAD, M. A.; LOWER, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, p.123- 141,(Special publication, 49), 1996.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 88, p. 153-160, 2002.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.

BALOTA, E. L. ; NOGUEIRA, M. A. ; MENDES, I. C. ; HUNGRIA, Mariangela ; FAGOTTI, D. S. L. ; MELO, G. M. P. ; SOUZA, R. C. ; MELO, W. J. . Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 08, p. 189-250, 2013.

BANDEIRA GRL; QUEIROZ SOP; ARAGÃO CA; COSTA ND; SANTOS CAF. **Cultivares de cebola sob diferentes métodos de manejo de irrigação**. Horticultura Brasileira 28: S3187-S3192, 2010.

BARRETO, A.C.; FREIRE, M. B. G.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p: 1471-1478, 2008.

VILAS-BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; JUNIOR, J. A. L.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, jul./ago., 2011.

BOEING, G. Descrição geral da produção no Brasil. In: JORNADA CIENTÍFICA DE CEBOLA DO MERCOSUL, 5., 2002, Pelotas. Resumos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. p.20-25. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 85). BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, 124:3-22, 2005.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19: 121-126, 1995.

COLLETI, C. **Impactos do uso da irrigação por sulcos na cultura do tomate sobre a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica**. Faculdade de engenharia agrícola, UNICAMP, 2004.

CONSUEGRA, N. P. **Agricultura orgânica: bases para el manejo ecológico de plagas**. La Habana, Cuba: ACTAF, 80p. 2003.

COSTA, M. A. G.; COSTA, E. V. **Poluição ambiental: Herança para gerações futuras**. Santa Maria: Orium, 2004. 256 p.

COSTA, E. L.; MAROUELLI, W. A.; NETO, L. F. C.; SILVA, W. L. C. **Irrigação da Cebola. Informe agropecuário**, v. 23, n.218, p.5. Belo Horizonte, 2002.

COSTA, N. A.; CUNHA, T. J. F.; RESENDE, G. M. **Cultivo da Cebola no Nordeste-Solos e plantios**. EMBRAPA Semi-Árido. Sistema de produção, 3. ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica. NOV./2007

COSTA, N. A.; RESENDE, G. M. **Cultivo da Cebola no Nordeste**. EMBRAPA Semi-Árido. Sistema de produção, 3. ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica. NOV./2007.

COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; SANTOS, C. A. F.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FRANCISCA, N. P. H.; ANGELOTTI, F.; RESENDE, G.M.; ARAÚJO

, J. C.; YURI, J. E.; ALENCAR, J. A.; ARAÚJO, J.L P.; PINTO, J. M.; ASSIS, J. S.; LIMA, M. A. C.; QUEIROZ, M. A.; TAVARES, S. C. C. H. A cultura da cebola. Coleção plantar, 70. 2. ed. rev. **ampl.** p. 116, 2012.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, 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.

CHAGAS, S. J. R; RESENDE, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de cebola no sul de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 102-106, jan./fev., 2003

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F., FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A.D; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.16, n.1, p.56-63, 2012, Campina Grande, PB.

DICK, R.P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.107-124. Special Publication, 35.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** SSSAJ, Madison, (Publication Number 35),P.3-22, 1994.

DORAN, J. W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, n.1, p.3-11, Jan. 2000.

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

EIVAZI, F. TABATABAI, M. A. Factors affecting glucosidase and galactosidase and activities in soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, V.22, n. 7, .p. 891-897, 1990.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. **Estudo do Impacto Ambiental da Cebolicultura sob a Influência do Uso dos Agrotóxicos nas margens do Lago de Sobradinho.** Disponível em:

<https://aplic10.sede.embrapa.br/ideare/pages/relatorios/formatoimpressao_submissao/Forma>
Acessado em 20 de Outubro de 2014.

FACCI, L. D. **Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos**. Campinas, SP, 2008.

FALCÃO, J. V. **Qualidade do solo e desempenho econômico do cultivo do morando em Brazilândia, Distrito Federal**. Brasília - DF, 2012.

FALCÃO, J. V.; LACERDA, M. P. C.; MENDES, I. C.; LEÃO, T. P.; CARMO, F. F. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 450-459, out./dez. 2013

FAO- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. English, M. and Raja, S. N. (1996). **Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management**. 32(1):1-14, 2012. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acessado em 26 de Dezembro de 2014.

FERNANDES, S. A. P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. Piracicaba-SP, 1999.

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

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Fernando Antonio Filgueira-Viçosa:UFV, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV,ed.3,p.255-270, 2008.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (Coord). **Indicadores biológicos e bioquímicos de qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 198p. (Embrapa Meio Ambiente.Documentos, 21), 2000.

GALLO, M., AMONETTE, R., LAUBER, C., SINSABAUGH, R.L., ZAK, D.E., 2004. Microbial community structure and oxidative enzyme activity in nitrogen-amended north temperate forest soils. **Microb. Ecol.** 48, 218–229.

GATTO, R. F. Produtividade da Cultura da cebola sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento. Lavras - MG, 2013.

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

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006.

HALVORSON, A. D.; BARTOLO, M. E.; REULE, C. A.; BERRADA, A. Nitrogen effects on onion yield under drip and furrow irrigation. **Agronomy Journal**. Volume 100, Issue 4, 2008.

HOLLOWAY, J.D.; STORK, N.E. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicators of human impact. In: HAWKSWORTH, D.L. (ed.) **The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture**. Wallingford: CAB International.. p. 37-63,1991 .

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Indicadores IBGE: Estatística de produção agrícola**. Novembro de 2014. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em: 12 de Dezembro de 2014.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agric. Ecosys. Environ.**, 79:9-16, 2000.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J. W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of American Journal**, 61: 4-10, 1997.

KENNEDY, A.C.; PAPENDICK, R. I. Microbial characteristics of soil quality. **J. Soil Water Conserv.**, 50:243-248, 1995.

LAL, R.; PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R. & PIERCE, F.J., eds. Soil management for sustainability. Ankeny, **Soil Water Conservation Society**, 1991, p. 1-5.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J. W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D. F.; Stewart, B.A. (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America**, Madison, 37-51p. 1994.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. V. 31,p. 1085-1098, 2007b.

LOPES, A. A. de C. et al. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2013.

MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, V. R.; HAMERSCHMIDT, I. **Cultivo da Cebola em Sistema de Plantio Direto**. Curitiba: Instituto Emater, 2013.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de primavera do leste (mt). **Bras. Ci. Solo**, vol. 27, n. 3, 425-433p. 2003.

MENDES, I. C. et al. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. (Documentos, 246).

MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; JUNIOR, F. B. R. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant Soil**. 359:183–195, 2012.

MERCANTE, F. M.; SILVA1, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; TOURO CAVALHEIRO, J. C.; OTSUBO1, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MIELNICZUK, J. E. M. **Matéria Orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: Santos GA, Silva LS da, Canellas LP & Camargo FAO (Eds.) Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre, Gênese. p.1-5, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MORENO, B.; RODRIGUEZ, S. G.; CAÑIZARES; CASTRO, J.; BENÍTEZ, E. Rainfed olive farming in south-eastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 131 (2009) 333–339.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, 2002.

MORRIS, M. L. M. **Avaliação da qualidade do solo em sistema orgânico de cultivo**. Brasília-DF, 2007.

NIELSEN, M. N.; WINDINING, A. **Microorganisms as indicators of soil health**. NERI Technical Report No. 388, 2002

NOGUEIRA, L. C. NOGUEIRA, L. R. Q. MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: Ferreira, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SILQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. rev e ampl. Brasília: EMBRAPA/SPI; Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1998. p. 159-187.

PAUL, E.A.; HARRIS, D.; COLLINS, H.P.; SCHULTHESS, U. & ROBERTSON, G.P. Evolution of CO₂ and soil carbon dynamics in biologically managed, row-crop agroecosystems. **Appl. Soil Ecol.**, 11:53-65, 1999.

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

PASCUAL, J. A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; MORENO, M. ROS. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. **Soil Biology & Biochemistry**. 32 (2000) 1877-1883.

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.

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**, v.31, p.1397-1412, 2007.

PINTO, J. M.; COSTA, N. A.; RESENDE, G. M. **Cultivo da Cebola no Nordeste-Irrigação**. EMBRAPA Semi-Árido. Sistema de produção, 3. ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica. NOV./2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, SP. Nobel, 2002.

REGANOLD, J. P. et al. **Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems**. **Plos One, San Francisco**, v. 5, n. 9, 2010. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0012346>>. Acesso:04/03/2014.

REICHERT, J. M. et al. **Solos Florestais**. 290 p. Departamento de solos, Santa Maria, 2009.

REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: **reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**.16, 2006. Anais... Aracaju: SBCS, 2006.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; SOUZA, C. A. F.; SANTOS, R. J. **Cultivo da Cebola no Nordeste**. (Sistemas de produção 3). Versão eletrônica. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. Nov. 2007.

REYNOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, 110: 131-146, 2002.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relation ship between Co₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biol Fertil. Soils**, 17:39-44, 1994.

SEAGRI- SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, REFORMA AGRÁRIA, PESCA E AQUICULTURA. **Produção (t), Área colhida (ha) e crescimento(%) da cebola**. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/cebola.pdf>> Acessado em 17 de novembro de 2014.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P.; **Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais**. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011.

SILVA, A. L. **Indicadores microbianos relacionados a carbono e nitrogênio do solo em sistema de rotação de culturas para cebola.** Lages-SC, 2012.

SILVA, C. F. et al. 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.** Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. Microbiota do solo e Qualidade Ambiental. **Instituto Agronômico.** Campinas (SP), 2007.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F.. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.131-143, 2007.

SOUZA, Z. M. de; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40,p.271-278, 2005.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.1, p.21-27, jan, 2013.

STABEN, M.L.; BEZDICEK, D.F.; SMITH, J.L.; FAUCI, M.F. Assessment of soil quality inconsevation reserve program and wheat-fallow soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, n.1, p.124-130, Jan./Feb. 1997.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

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

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A. & WOLLUM, A., eds. Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties, Madison, **Soil Science Society of America**, v.5. p.775-833, 1994.

TOKESHI, H. Doenças e pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos. **Revista Cultivar**, Belém - PA, p. 17 - 24, 01 maio 2002.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G.M. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo.** In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. da. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.195-276, 2002.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil quality information sheet. soil quality indicators: organic matter**, 1996.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE-. **Soil Quality Information Sheet. Soil Quality- Introduction**, 2001.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil Quality indicators: aggregate stability**. 2008a.

VALARINI, P. J.; MELO, I. S.; MORSOLETO, R. V. Controle alternativo da podridão radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*L.). **Summa Phytopathologica**, v.29, n.4, p.334-339, 2003.

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO R. T. S; SCHIAVINATO, R.J; CAMPANHOLA, C; SENA M. M; BALBINO, T. L; POPPI, R. J. Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. **Horticultura Brasileira**. 25: 60-67, 2007.

VALARINI, P. J; OLIVEIRA, F. R. A.; SCHILICKMANN, S. F.; POPPI, R. J. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**. 29: 485-491, 2011.

VALLEJO, V. E.; ARBELIA, Z.; TERÁNB, W.; LORENZC, N.; DICKC, R. P.; ROLDANA, F. Effect of land management and Prosopis juliflora (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems of Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 150 (2012) 139– 148.

VARGAS, M. M. M. **Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno.** Florianópolis - SC, 2012.

VERHULST, N.; GOVAERTS, B.; VERACHTERT, E.; CASTELLANOS-NAVARRETE, A.; MEZZALAMA, M.; WALL, P.; DECKERS, J.; SAYRE, K. D. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems/ In: LAL, R; STEWART, B. A. (Eds). **Advances in soil science: food security and soil quality**. CRC Press; Boca Raton, FL, USA, p.137-208, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VINHAL-FREITAS; WANGEN, D. R. B.; FERREIRA, A. S. CORRÊA, G. F; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 757-764, 2010.

VISSER, S.; PARKINSON, D. **Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms**. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, n.1/2, p.33-37,1992.

WARDLE, D. A. **Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo**. In:HUNGRIA, M. & ARAUJO, R.S., eds. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p.419-436.

YAO, H., HE, Z., WILSON, M. J., CAMPBELL, C. D. Microbial biomass and community structure in a sequence of soils with increasing fertility and changing land use. **Microb. Ecol.** 40, 223–237, 2000.

CAPÍTULO ÚNICO

Atributos químicos, físicos e biológicos do solo de áreas cultivadas com cebola (*Allium cepa* L.) no Semiárido da Bahia.

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade do solo em cinco áreas de produção de cebola nos cultivos de sementeira e convencional (transplântio), no semiárido baiano. As áreas de produção estão localizadas no entorno do Lago de Sobradinho no município de Casa Nova, Bahia. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10cm nas áreas de sementeira e transplântio antes do cultivo e após a colheita. Os locais de coleta foram divididos em três parcelas, sendo, em cada uma, coletadas 25 amostras simples para formação de uma amostra composta, totalizando três amostras compostas por área. A qualidade do solo foi avaliada através de indicadores físicos, químicos e biológicos. As áreas que apresentaram melhor qualidade do solo foram as áreas de produção 3 e 4 (AP3 e AP4), quando comparadas com as outras áreas avaliadas, os indicadores biológicos e os químicos foram os mais sensíveis às alterações do solo.

Palavras-chaves: cebola. qualidade do solo. indicadores ambientais.

**Chemical, physical and biological attributes of the soil of cultivated areas with onion
(*Allium cepa* L.) in the semiarid region of Bahia.**

Summary: The aim of this study was to evaluate soil quality in five areas of onion production in sowing and conventional (transplanting) cultivation, in Bahia. The production areas are located around the Sobradinho Lake in Nova House, Bahia. Soil samples were collected at a depth of 0-10 cm in the sowing and transplanting areas before cultivation and after harvesting. The collection sites were divided into three parts, collecting in each one 25 simple samples to a composite sample obtention, resulting in three samples for each area. Soil quality was evaluated through physical, chemical and biological indicators. The best quality soil areas were the production areas 3 and 4 (AP3 and AP4), comparing with the other evaluated areas, biological and chemical indicators were the most sensitive to soil changes.

Keywords: onion. soil quality. environmental indicators

INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta de alto valor econômico que possui cultivares adaptadas para as regiões temperadas e tropicais, e dependendo da cultivar e do ambiente pode ter um ciclo de 10 meses nas regiões temperadas e, nos trópicos, a colheita pode ocorrer entre três e, cinco meses após o transplântio. No ano de 2014, a produção de cebola no Brasil atingiu 1.654.309 toneladas, sendo o estado da Bahia responsável por 19,64% da produção brasileira (IBGE, 2014). Este estado possui ainda um município que se destaca na produção nacional, o município de Casa Nova, localizado na região do Vale do São Francisco, com produção anual de aproximadamente 41.000 toneladas (SEAGRI, 2012). Grande parte da produção de cebola na região de Casa Nova é dependente da irrigação, utilizando a água do lago de Sobradinho que é resultante do represamento do Rio São Francisco pela Barragem de Sobradinho da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF). Este lago artificial é um importante corpo hídrico para a região, tanto para a produção de energia, como para o desenvolvimento da agricultura irrigada.

O cultivo da cebola é um dos mais importantes, do ponto de vista econômico, pois gera empregos diretos e indiretos de forma significativa, sendo a segunda olerícola mais estimada no mundo (EL BALLA, 2013). Segundo Boeing (2002), a grande importância dessa olerícola está ligada ao aspecto social, envolvendo principalmente, o cultivo por pequenos produtores em áreas rurais que têm em média 0,65 ha.

O cultivo de cebola é feito, em geral, por meio de transplântio de mudas produzidas em sementeiras com solos caracteristicamente bem drenados, arejados e que, geralmente, possuem sistema de rotação de cultura. A irrigação ideal para sistemas de produção de cebola, sementeiras e/ou transplântio, deve ser feita por microaspersão, com uma frequência que permita solos com até 80% de umidade disponível (COSTA; RESENDE, 2007). No entanto, os sistemas de irrigação por superfície, inundação temporária, em bacias ou por sulcos, são os mais utilizados pelos pequenos produtores na região do entorno do Lago de Sobradinho, devido ao baixo custo dos sistemas. Apesar de ser um sistema que dispensa a utilização de muita água, a irrigação por inundação em sulcos minimiza o aparecimento de doenças na parte aérea, podendo, entretanto, favorecer a ocorrência de doenças no solo. O uso de defensivos na cultura é comum e as pulverizações são feitas, principalmente, com inseticidas e fungicidas diversos (COSTA; RESENDE, 2007).

O manejo inadequado, como o intenso revolvimento do solo, ausência da rotação de cultura, sistema de irrigação inadequado e uso excessivo de insumos como defensivos e

fertilizantes, afeta de forma negativa a qualidade do solo, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O solo é um recurso natural que condiciona e sustenta a produção de alimentos e fibras e regula o balanço global do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A qualidade do solo é definida como a capacidade desse recurso exercer suas funções dentro do limite do ecossistema, garantindo a produtividade biológica e contribuindo para a saúde de plantas, animais e seres humanos (DORAN; PARKIN, 1994).

A qualidade edáfica pode ser mensurada a partir da avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos e mudanças nessas propriedades podem refletir alterações no solo decorrentes de ações antrópicas ou de eventos naturais (CHAER; TÓTOLA, 2007; PESSOA-FILHO et al., 2015). Dentre os indicadores de qualidade do solo, as propriedades biológicas estão sendo consideradas as que melhor refletem os impactos das ações de manejo e outras intervenções antrópicas, pois são as que respondem mais rapidamente às mudanças ocorridas no solo, enquanto as propriedades químicas necessitam da decorrência de muito tempo para que reflitam reais alterações no sistema solo (PAUL, 2007).

Muitos dos estudos de monitoramento das características do solo têm utilizado apenas o carbono da biomassa microbiana (CBM) e a respiração basal do solo (RBS) como parâmetros biológicos da qualidade (KASCHUK et al., 2010). Entretanto, a atualização de outros aspectos do funcionamento edáfico, como a atividade de enzimas do solo (AES), por exemplo, pode prover um melhor entendimento das alterações edáficas, uma vez que as atividades das enzimas edáficas são menos lábeis do que as avaliações de CBM e RBS e menos recalcitrantes do que os atributos químicos, refletindo assim as alterações em uma escala de tempo mais adequada para a indicações de alterações em sistemas de manejo com práticas mais adequadas e menos impactantes (BALOTA et al., 2013; GODOY et al., 2013).

Atributos químicos, físicos e biológicos do solo já foram utilizados para avaliar os impactos ambientais de diferentes manejos em sistemas de produção de soja (BABUJIA et al., 2010), morango (FALCÃO et al., 2013), arroz (GODOY et al., 2013), essências florestais (SILVA et al., 2009). Estudos sobre qualidade de solo em cultivos de cebola são escassos e, em geral, estão relacionados às mudanças ocorridas em função da substituição de tecnologias de cultivo e sistemas de manejo (PAULA et al., 1992), avaliando apenas atributos químicos e ou físicos do solo.

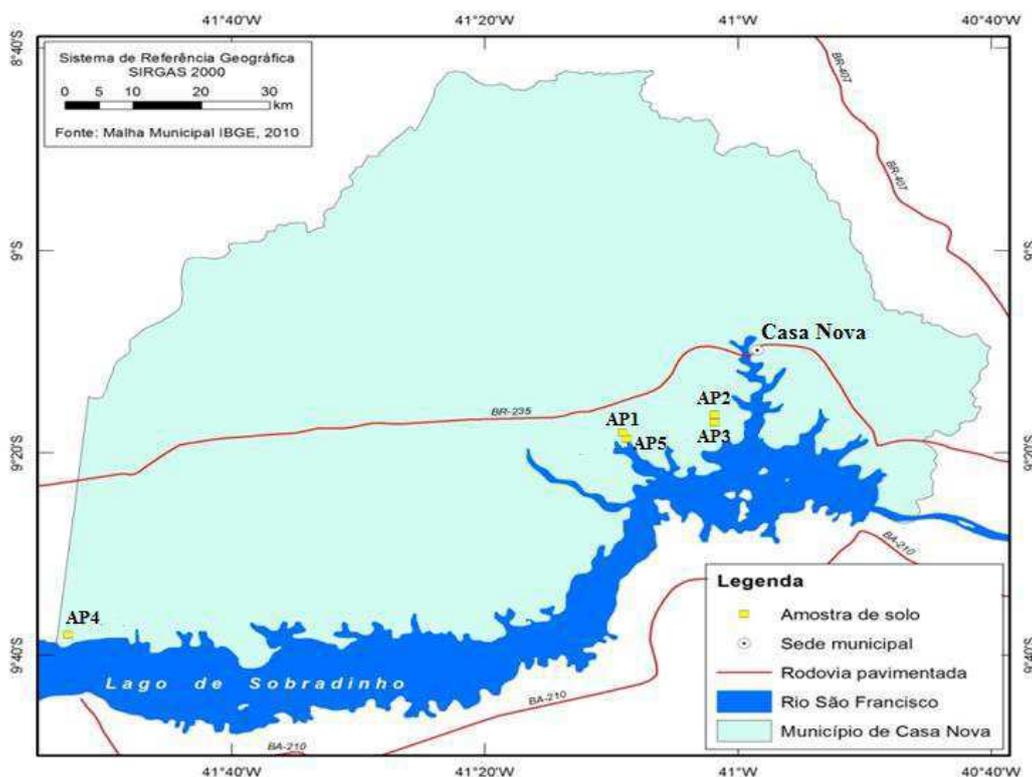
A avaliação dos atributos do solo em sistemas de cultivo de cebola, utilizando de forma integrada características edáficas de diferentes naturezas, pode gerar informações importantes sobre os impactos do uso do solo nesses sistemas, indicando a necessidade de melhorias nos sistemas de produção, como o uso de práticas de manejo adequadas aos

princípios de conservação e utilização racional desse recurso. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do solo em áreas de cultivo de sementeira e convencional (transplântio) de cebola, no município de Casa Nova, no Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido Baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo de sistemas de produção de cebola, foram selecionadas cinco propriedades rurais no município de Casa Nova, Bahia ($09^{\circ} 09' 43''$ S; $40^{\circ} 58' 15''$ W), que está totalmente inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, no entorno do Lago de Sobradinho (Figura 1).

Figura 1: Localização das cinco áreas de produção, no entorno do Lago de Sobradinho, no Município de Casa Nova- BA.



*AP1: Área de produção 1; AP2: Área de produção 2; AP3: Área de produção 3; AP4: Área de produção 4; AP5: Área de produção 5.

As áreas de produção foram selecionadas em função das características representativas do sistema produtivo da região. O clima é do tipo BSwh'- semiárido e quente,

segundo a classificação de Köppen, com chuvas anuais variando de 500 a 900 mm e temperatura média anual de 27°C. A vegetação nativa predominante é a Caatinga do tipo hiperxerófila.

As características das cinco áreas de produção avaliadas estão descritas na Tabela 1. As informações foram fornecidas pelos proprietários de cada área, esclarecendo o sistema de irrigação utilizado, a variedade da cultura da cebola, utilização da prática de rotação de cultura, técnicas de manejo e conservação do solo (na condição positiva, com qual outra cultura era feita a troca no plantio seguinte), a extensão da área de sementeira e transplântio em hectare (ha), tempo de exploração da área, forma de aplicação dos agrotóxicos e a ocorrência de análise no solo das áreas de sementeira e transplântio antes do plantio da cultura.

Tabela 1: Histórico das áreas de Produção de cebola avaliadas no estudo, Casa Nova- BA.

Área de Produção (AP)	Irrigação	Variedade da cultura	Rotatividade de cultura	Extensão da área		Uso da área		Aplicação de agrotóxicos	Análises de solo
				(ha)		(anos)			
				S	T	S	T		
AP1	Inundação	IPA11	(feijão)	4	5	NP		PCM; PTM	não
AP2	Inundação	IPA10; IPA11	Não	2	5	NP		PCM; PTM	não
AP3	Inundação	IPA11	Não	0,2	0,3	3	<5	PCM; PTM	não
AP4	Gotejo	IPA11	(tomate)	0,3	4	1	1	PCM; PTM	não
AP5	Inundação	IPA10; IPA11	Não	0,2	5	4	12	PCM; PTM	não

* S: Sementeira; T*: Transplântio; NP*: Nunca foi plantada; PCM*: Pulverização costa manual; PTM*: Pulverização tratorizada de barra mecanizada.

Para a avaliação dos parâmetros, as amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10cm, para analisar os indicadores biológicos, e 0-20cm para os físicos e os químicos, nas áreas de sementeira e transplântio, em dois períodos, antes do cultivo (sementeira inicial -

SI e transplântio inicial - TI) e no momento da colheita (sementeira final - SF e TF - transplântio final). Foram analisadas amostras compostas, com ao menos, 25 amostras simples coletadas em uma área homogênea, resultando em três amostras compostas por área e época do plantio.

Nas sementeiras, as coletas de solo foram realizadas logo após a semeadura (SI), em janeiro/2014, e após 30 dias (SF) de cultivo, em fevereiro/2014, referente ao período que antecedeu o transplântio. Nas áreas de transplântio, a primeira coleta foi realizada antes das áreas receberem as mudas (TI), em fevereiro/2014, e após 110-120 dias de cultivo (TF), antes da colheita, em julho/2014.

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, conduzidas ao laboratório e mantidas em refrigeração (4°C) até o processamento para as análises bioquímicas e microbianas, no Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Semiárido. Parte do solo foi encaminhada ao Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, para a realização das análises químicas e físicas, os laboratórios estão localizados na cidade de Petrolina - PE.

Análises físicas e químicas

As propriedades físicas avaliadas foram porosidade total (PT), densidade (d), granulometria básica (frações de areia, silte e argila) e as propriedades químicas avaliadas foram condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (v%). Os parâmetros físicos e químicos foram analisados de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997) (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização física e química do solo dos sistemas de produção de cebola, sementeira e transplantio, ano de cultivo (SI e TI) e ao final do cultivo (SF e TF)

Sistemas de produção	Ds	Dp	PT	Areia	Silte	Argila	CE	PH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
	(Kg/dm ³)		(%)	(g/kg)			(mS. cm ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg dm ⁻³)					(cmolcdm ⁻³)					(%)
SI	1,4	2,6	43,7	787,8	131,7	80,4	0,43	5,4	7,1	34,3	0,2	0,04	1,9	0,5	0,06	2,2	2,7	5,0	53,0
SF	1,4	2,6	44,6	804,2	135,0	60,8	1,67	5,4	4,9	33,5	0,2	0,05	2,4	0,7	0,06	2,5	3,4	6,0	54,9
TI	1,6	2,6	39,6	795,7	127,1	77,2	0,52	5,4	7,9	49,6	0,4	0,04	2,1	0,6	0,10	2,4	3,1	5,6	53,4
TF	1,4	2,6	43,5	768,8	151,9	79,2	0,93	5,9	6,0	44,9	0,4	0,08	2,2	0,7	0,00	1,5	3,4	5,0	68,7

*Ds:densidade do solo; *Ds: densidade de partícula; *PT: porosidade total; *CE: condutividade elétrica; pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Na: Sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; capacidade de troca de cátions; V: saturação por base.

Indicadores biológicos

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), utilizando clorofórmio, livre de etanol, como agente fumigante e sulfato de potássio (0,5 M), como extrator. A oxidação foi feita com dicromato de potássio (0,066 M), em meio ácido concentrado, e a quantificação do carbono foi realizada em espectrofotômetro a 645nm (KNUPP; FERREIRA, 2011). Os valores de CBM foram calculados pela diferença do C nas amostras de solo fumigadas e não fumigadas, considerando o coeficiente de correção (Kc) igual a 0,33. Os resultados finais foram expressos em miligrama de C por quilograma de solo seco (mg.kg^{-1}). A respiração basal do solo (RBS) foi estimada a partir da captura do CO_2 liberado de amostras de solo (50 g) em 30 mL de NaOH (0,5 M). Alíquotas de 10mL de NaOH foram adicionadas a 10 mL de cloreto de bário (0,05 M) e tituladas com HCl 0,25 M, utilizando a fenolftaleína como indicador (JENKINSON; POWSON, 1976). Os resultados foram expressos em miligramas de CO_2 por quilograma de solo seco por dia ($\text{mgC-CO}_2.\text{kg}^{-1}\text{solo.dia}^{-1}$). O quociente metabólico microbiano ($q\text{CO}_2$) foi determinado pela razão entre o C- CO_2 liberado pela respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1985). O quociente microbiano ($q\text{MIC}$) foi calculado pela razão entre o CBM e o carbono orgânico do solo (CO) (POWLSON et al., 1987). A atividade das enzimas β -glicosidase (BETA) e fosfatase ácida (FOS) foram baseadas na determinação colorimétrica do p-nitrofenol liberado em 1 g de solo após incubação por 1 h a 37 °C. Para cada enzima foram utilizados substratos específicos em soluções tamponadas (1ml), as soluções de p-nitrofenil- β -D-glucosídeo (25 M) foram utilizadas para estimar a atividade da β -glicosidase (TABATABAI; BREMMER, 1970) e a solução de p-nitrofenil-fosfato (0,05 M) foi utilizada para avaliar a atividade da fosfatase ácida (TABATABAI; BREMMER, 1969). O p-nitrofenol liberado foi extraído por filtração e determinado em espectrofotômetro a 400 nm .

Análise dos dados

As análises univariadas foram realizadas para avaliar as diferenças entre os tipos de cultivo e as propriedades biológicas do solo. Para avaliar a influência das áreas

(locais de coleta), nas fases dos plantios (inicial e final), para cada cultivo, nas propriedades biológicas do solo, os dados foram analisados separadamente. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa Assistat 7.6 beta (2011).

As análises multivariadas foram realizadas para verificar a relação das propriedades químicas, físicas e biológicas com os locais de coleta. Os dados foram relativizados, na coluna, para eliminar as diferenças nas unidades das variáveis e os escores dos eixos da ordenação por escalonamento multidimensional (NMS). Diferenças entre locais de coleta foram feitas utilizando-se o procedimento Multi-response Permutation Procedure (MRPP) que foi baseado na distância de Sørensen ($p < 0,05$). Todos os testes multivariados foram feitos utilizando o programa estatístico PC-ORD versão 6.0 (McCUNE; MEFFORD, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades biológicas do solo nos plantios de cebola (análise de variância)

Não houve diferença estatística para o CBS, $qMIC$, qCO_2 e para β - glicosidase entre os sistemas de plantio (sementeira e transplantio) nas épocas de amostragem. Para o RSB o maior valor encontrado foi no TI. Para a atividade da FOS o menor valor encontrado foi na área de SI (Tabela 3).

Tabela 3: Carbono da biomassa microbiana do solo (CBS), respiração basal do solo (RSB), quociente microbiano ($qMIC$), quociente metabólico (qCO_2), e a atividade das enzimas fosfatase ácida (FOS) e β -glicosidase (BETA) em sistemas de cultivo de cebola, sementeira e transplantio.

Sistemas de produção	CBS (mg.C kg. solo ⁻¹)	RSB (mg.C-CO ₂ Kg ⁻¹ solo.dia ⁻¹)	$QMIC$ (%)	qCO_2 (mg.C-CO ₂ mg ⁻¹ .C-BM.dia ⁻¹)	FOS (μ g PNF.g solo seco ⁻¹ .h ⁻¹)	BETA
SI	135,05a	23,14b	2,17a	0,22a	12,40b	38,04a
SF	186,75a	14,66bc	3,70a	0,21a	196,59 a	30,76a
TI	261,16a	46,49a	3,48a	0,44a	230,14 a	45,74a
TF	211,26a	7,19c	4,16a	0,05a	212,31 a	35,41a

*SI: Sementeira Inicial, SF: Sementeira Final, TI: Transplantio Inicial, TF: Transplantio Final. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,5$).

Maiores valores de RBS nos tempos iniciais dos sistemas de cultivo (SI e TI) podem indicar maior atividade biológica decorrente do manejo no início dos cultivos, como adubação e preparação do solo. A diminuição desse parâmetro ao final dos cultivos reflete uma diminuição da atividade biológica nesses solos. Segundo Parking et al., (1996), o aumento na taxa de RBS, quando ocorre em curto prazo, pode significar liberação de nutrientes para as plantas decorrente da mineralização da matéria orgânica, indicando maior atividade biológica no solo.

A enzima FOS apresentou os maiores valores durante os processos de produção SF, TI, TF esse fato pode ser justificado pela incorporação de fertilizantes no ciclo da cebola. Resultados semelhantes foram encontrados em cultivos de morango, onde a FOS foi elevada em todas as áreas de sistema convencional em solos cultivados anteriormente com pastagem (FALCÃO et al., 2013). Resultados diferentes foram encontrados por Balota et al. (2004) comparando, solos sob cultivos convencionais e não convencionais, sendo a atividade da fosfatase maior nos plantios não convencionais. Esse resultado pode estar associado à maior capacidade dos sistemas conservacionistas em aumentar o conteúdo de carbono do solo (MELERO et al., 2008). No entanto a atividade da fosfatase pode variar em função do manejo e do uso de fertilizantes durante o cultivo (BALOTA et al, 2004), o que pode justificar maior atividade dessa enzima nas áreas de SF e transplântio onde há uma maior fertilização e revolvimento do solo.

Avaliando-se as épocas de coleta nos sistemas de plantio separadamente não foram encontradas diferenças estatísticas para o CBS, q_{MIC} , q_{CO_2} , FOS (Tabela 4).

Nas áreas de sementeira os maiores valores de RSB foram encontrados para a área de produção 4 (AP4) e área de produção 5 (AP5), para BETA foram AP3 e AP4 (Tabela 4). Nas áreas de transplântio os maiores valores das variáveis encontrados foram RSB, área de produção 2 (AP2) e área de produção 3 (AP3), e para a variável BETA foi a área de produção 2 (AP2) (Tabela 4).

Tabela 4: propriedades biológicas do solo em plantio de cebola, nas épocas de sementeira e transplântio, em diferentes áreas de produção, Casa Nova- BA.

Áreas	CBS	RSB	q_{CO_2}	q_{MIC}	FOS	BETA
	Sementeira					
	(mg.C kg. solo ⁻¹)	(mg.C-CO ₂ kg ⁻¹ solo.dia ⁻¹)	(mg.C-CO ₂ mg ⁻¹ .C- BM.dia ⁻¹)	(%)	(µg PNF.g solo seco ⁻¹ .h ⁻¹)	
AP1	132,54a	8,23b	0,10 a	2,89a	57,97a	10,61b
AP2	143,67a	9,71b	0,10 a	2,51a	97,04a	25,03b
AP3	210,06a	14,95b	0,14 a	2,87a	159,22a	59,65a
AP4	169,21a	29,34a	0,26 a	2,88a	147,47a	66,66a
AP5	149,02a	32,2 a	0,51 a	3,54a	60,78a	10,06 b
Transplântio						
AP1	190,08 a	35,84 ab	0,29 a	3,71a	197,82 a	37,13 ab
AP2	358,12 a	45,14 a	0,61 a	3,09a	280,23 a	66,04a
AP3	204,43 a	38,81 a	0,19 a	5,73a	161,01 a	22,47 b
AP4	305,74 a	6,57 b	0,10 a	3,78a	200,60 a	48,30 ab
AP5	122,64 a	7,09 b	0,10 a	2,79a	266,43 a	28,92ab

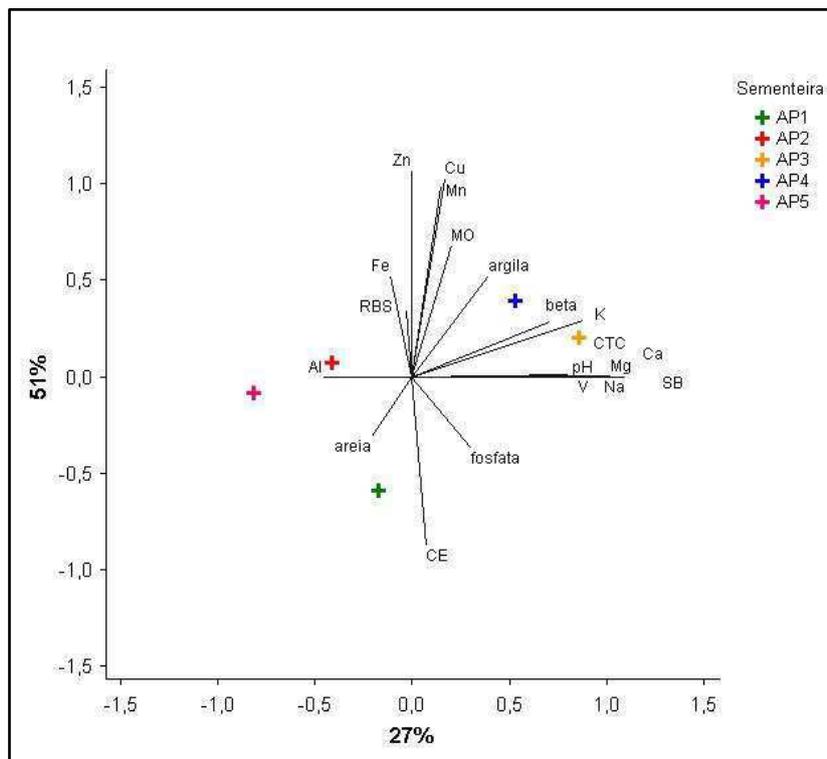
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,5).

Maiores valores de RSB nas áreas de produção 4 e 5, nas épocas de sementeira, e nas áreas de produção 2 e 3, no sistema de transplântio, podem indicar maior atividade biológica nesses locais. A quantidade do CO₂ emitida pelos microrganismos é um parâmetro relacionado à capacidade de degradação da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008). Segundo esses autores, a medida do carbono da respiração microbiana estima as atividades metabólicas que mantêm a produtividade dos ecossistemas agrícolas, uma vez que estes dependem dos processos de transformação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo.

Propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (análise multivariada)

Um gráfico bidimensional de ordenação por NMS representou 78% do total de variabilidade dos dados das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo na área de sementeira. A maior parte da variação dos dados (51%) foi associada ao eixo 2, enquanto o eixo 1 representou 27% dessa variabilidade (Figura 2).

Figura 2: Análise multivariada das áreas de produção de cebola com os indicadores físicos, químicos e biológicos para o período de coleta nas sementeira, Casa Nova – BA.



As áreas de AP3 e AP4 apresentaram correlação positiva com uma maior quantidade de indicadores (argila, BETA, K, CTC, pH, Mg e Ca). Correlacionando a Figura 1 com as características produtivas dessas áreas (Tabela 1), a semelhança entre elas deve-se ao seu pouco tempo de uso. Essas áreas diferem no sistema de irrigação e no uso de rotação de cultura, sendo que a área de produção AP4 faz rotatividade de cultura da cebola com o tomate.

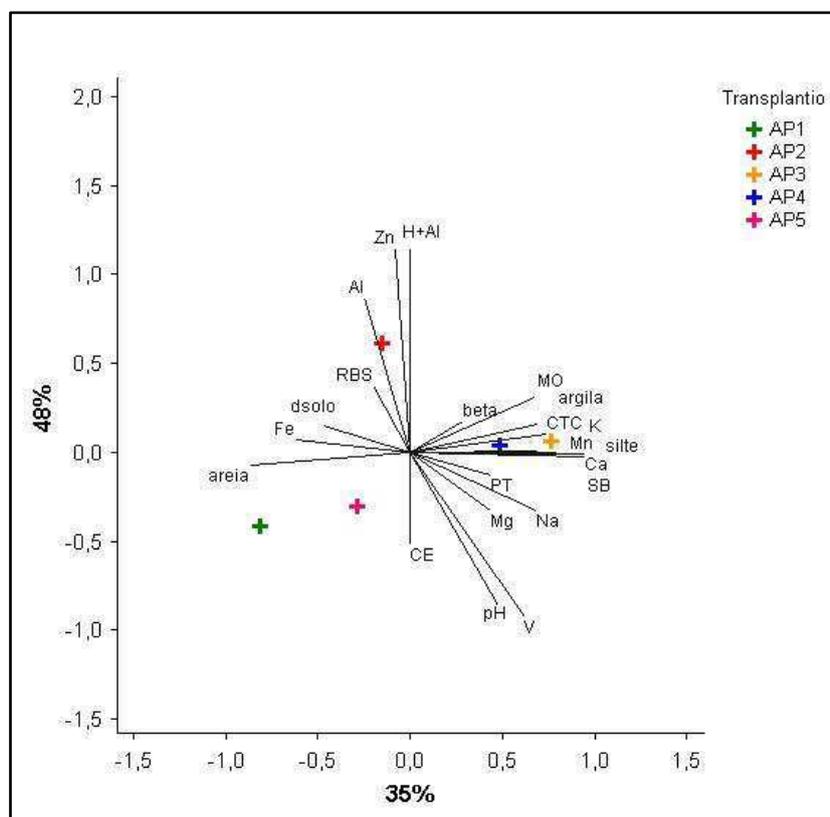
Alguns estudos avaliam o suprimento de nutrientes na cultura da cebola, concluindo que a disponibilidade de nutrientes apresenta relação direta com o manejo do solo e com o sistema de rotação empregados (PAULA et al., 2002; FAYAD et al., 2007), evidenciando o efeito negativo em sistemas de plantio que não utilizam a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura (CAMARGO et al., 2009; VARGAS et al., 2012).

Para as áreas de transplântio, os eixos representaram 83% da variação dos dados. O eixo 1 representou 35% da variação dos dados, enquanto o eixo 2 representou 48% do total da variação. As propriedades do solo estabelecidas nas diferentes áreas de produção diferem entre si ($p < 0,05$), de acordo com a técnica do MRPP.

No período de coleta de transplântio (Figura 3) as áreas de produção apresentaram separação nítida quanto aos agrupamentos. As áreas AP3 e AP4 permaneceram correlacionadas positivamente através dos atributos BETA, MO, CTC, argila, silte, K, Ca e Mn. Com a análise da estatística multivariada as áreas AP3 e AP4 demonstram uma melhor qualidade do solo quando comparadas com as outras áreas de produção de cebola. Os indicadores MO, P, K, Mg, soma de bases e CTC apresentaram correlação em estudo com cebola no Rio Grande do Sul, indicado alta fertilidade desse solo com aumento dos seus valores (VARGAS, 2012).

A AP1 e AP5 se correlacionaram através do indicador físico areia e a área AP2 diferiu das demais, apresentando correlação com os atributos RBS, Al, Zn e H+Al. As áreas AP1 e AP5 possuem o mesmo sistema de irrigação (inundação), diferindo na rotação de cultura, a área AP1 faz uso desse manejo, e, quanto ao tempo de uso nunca tinha sido plantada; a retirada da vegetação nativa foi realizada para receber os bulbos dessa produção e a AP5 produz há 12 anos, apresentando um sistema de cultivo mais estável.

Figura 3: Análise multivariada das áreas de produção de cebola com os indicadores físicos, químicos e biológicos para o período de coleta transplântio, Casa Nova-BA.



As Figuras 2 e 3 mostram correlação positiva entre MO e CTC sendo essa relação mais forte no período de transplântio. A matéria orgânica é o componente coloidal que mais interfere na CTC do solo (PEIXOTO, 1997).

Em sistema de produção de morango, foram observadas tendências análogas na variação de MO com CTC (FALCÃO, 2012). Essa mesma tendência foi observada em áreas de Cerrado nativo e pastagem natural (ARAÚJO, 2007). Cavalcante et al. (2007) observaram maior aporte de MO e elevação da CTC, quando comparados diferentes usos e manejos do solo tanto em sistema conservacionista como no convencional. Em solos que possuem baixa quantidade de argila, a CTC depende basicamente da reatividade da MO (SOUSA; REIN, 2009), assim as quantidades de matéria orgânica em solos arenosos exercem papel fundamental na CTC (ARCOVERDE, 2013). Pode ser observado, que a fração de areia apresenta valores mais altos quando comparados com os de silte e a argila nos períodos avaliados (Tabela 2), indicando provável relação entre a MO e a CTC do solo nas áreas de produção.

Os maiores valores de K e P foram encontrados nas áreas de transplântio. O aumento da CTC e do pH relacionados com a elevação da MO, aumentam a capacidade do solo em reter potássio, reduzindo perdas desse elemento por lixiviação (CAMARGO, 2011). A exigência deste nutriente em cultivos de cebola é alta, sua principal importância está na função de transportar fotoassimilados das folhas para os órgãos de reserva (FAQUIN, 2002). A cebola extrai grandes quantidades de K no solo, porém nem sempre as respostas a esse nutriente têm sido observadas (FILGUEIRA, 2008). Os resíduos, ao final do cultivo, também podem contribuir para o incremento de K trocável no solo em plantios de cebola (SOUZA et al., 2013).

Na produção de cebola é necessária a aplicação da calagem para um melhor desenvolvimento da cultura. Quando os solos são ácidos essa técnica agrícola promove a neutralização do alumínio trocável, que é um elemento tóxico às plantas, e aumenta a disponibilidade de fósforo, cálcio, magnésio e molibdênio; em solos que não têm problema com acidez, mas apresentam teores baixos de cálcio e magnésio, a aplicação de calcário faz a correção dos níveis desses nutrientes, levando a uma maior produtividade e melhor qualidade dos bulbos. Análises do solo são fundamentais para aplicação do calcário e dosagens altas desse material faz com que o pH do solo possa atingir valores acima de 7,0, o que poderá ocasionar perda de N por volatilização, desequilíbrio entre os nutrientes Ca, Mg e K, reduzindo a absorção do último, e menor disponibilidade de Cu, Fe, Mn e Zn (MENDES et al., 2008).

É comum entre os agricultores do município de Casa Nova não realizar a análise de solo (Tabela 1). O pH do solo das cinco áreas de produção foi ,em média de 5,6, valor que está dentro da faixa de classificação agrônômica considerada boa em termos agrícolas (ALVAREZ et al., 1999). Esse valor está de acordo com o de Camargo et al. (2011) em área de produção de cebola sob plantio direto, o valor encontrado pelos autores foi de pH 5,5 e está relacionado à correção da acidez do solo realizada há 15 anos.

Em cultivos de cebola, os valores de H+Al (acidez potencial) e alumínio (Al) apresentam valores inferiores nos sistemas convencionais, quando comparados aos sistemas conservacionistas, sendo as práticas de manejo para correção da acidez do solo a principal explicação para esse tipo de resultado (CAMARGO, 2011). Esse padrão pode ser observado ao final do cultivo nos locais de transplante, quando os valores da H+Al e do Al apresentam valores de 1,5 e 0,0 cmolc.dm⁻³. Os menores valores de Al nas áreas avaliadas devem estar associados a aplicação de calcário nos locais de estudo. Além de reduzir o teor de Al no solo, essa prática tende a aumentar os teores de Ca e Mg próximo a superfície do solo (ARCOVERDE, 2013).

O valor médio do P nas áreas de produção em estudo foi de 40,6 mg.dm⁻³, este valor apresenta-se superior ao encontrado por Arcoverde (2013), no sertão baiano (36 mg.dm⁻³), nos municípios ao redor do Lago de Sobradinho (Sobradinho, Casa Nova, Remanso e Sento Sé), esse estudo alertando para um processo de adubação química indiscriminada nos solos destes municípios. Porém, os valores médios de Ca e Mg estão de acordo com os encontrados no referido estudo. Os níveis de Ca⁺² e Mg²⁺, abaixo de 2,0 e 0,5 cmolc.dm⁻³, respectivamente, são restritivos à nutrição mineral das plantas (ARAÚJO et al., 2004). Esses valores indicam que esses nutrientes, para as áreas de produção analisadas, estão suprimindo as necessidades da cultura da cebola, já que apresentaram valores médios de Ca de 2,1 cmolc.dm⁻³ e Mg de 0,6 cmolc.dm⁻³.

Os estudos avaliando a qualidade do solo em sistemas convencionais de cebola são escassos, entretanto necessários. Neste estudo, pode-se observar que, nos locais onde houve retirada de floresta nativa para a inserção de plantios de cebola, houve um maior impacto na qualidade do solo, quando comparado às áreas mais antigas, demonstrando que essas mudanças podem ocorrer em função de outros processos, além dos envolvidos nos sistemas agrícolas como fertilização, calagem e preparo do solo.

CONCLUSÕES

- As áreas de produção AP3 e AP4 apresentaram melhor qualidade do solo quando comparadas com as outras áreas de produção.
- O uso de indicadores de qualidade do solo mostrou mudanças ocorridas no solo em função da etapa do plantio, tempo de uso do solo e em relação à área de produção avaliada.
- Os indicadores biológicos e os químicos foram os mais sensíveis às alterações do solo.
- A enzima β - glicosidase, respiração do solo e a matéria orgânica foram os indicadores mais sensíveis.
- A estatística multivariada mostrou-se mais eficiente do que a univariada.
- As áreas que não fazem uso das práticas conservacionistas apresentam maiores impactos na qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of eco-physiologia maintenance requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soil**, vol. 1, 81-89 p. 1985.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.307 – 315, 2004.

ARAÚJO, R; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1099-1108, 2007.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007.

ARCOVERDE, S. N. S. **Qualidade de solos sob diferentes usos agrícolas na região do entorno do Lago de Sobradinho - BA**. Juazeiro-BA, 2013.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, 42 (2010) 2174 e 2181.

BALOTA, E. L., KANASHIRO, M., COLOZZI-FILHO, A., ANDRADE, D.S., DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, 2004, 35, 300–306.

BALOTA, E. L. ; NOGUEIRA, M. A. ; MENDES, I. C. ; HUNGRIA, Mariangela ; FAGOTTI, D. S. L. ; MELO, G. M. P. ; SOUZA, R. C. ; MELO, W. J. . Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 08, p. 189-250, 2013.

BOEING, G. **Descrição geral da produção no Brasil**. In: JORNADA CIENTÍFICA DE CEBOLA DO MERCOSUL, 5., 2002, Pelotas. *Resumos...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. p.20-25. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 85).

CHAER, G. M.; TÓTOLA, 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.

CAMARGO, E. S. **Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para cebola**. Lages- SG, 2011.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC sob diferentes usos e manejos. **Ciencia Rural**, 37: 1329 – 1339, 2007.

COSTA, N. A.; RESENDE, G. M. **Cultivo da Cebola no Nordeste**. EMBRAPA Semi-Árido. Sistema de produção, 3. ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica. NOV./2007.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. SSSAJ, Madison, (Publication Number 35),.P.3-22, 1994.

EL BALLA, M. M. A.; HAMID, A. A.; ABDELMAGEED, A. H. A. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. **Agricultural Water Management**. 121 (2013) 149– 157.

FALCÃO, J. V. **Qualidade do solo e desempenho econômico do cultivo do morando em Brazilândia, Distrito Federal**. Brasília/DF, 2012.

FALCÃO, J. V.; LACERDA, M. P. C.; MENDES, I. C.; LEÃO, T. P.; CARMO, F. F. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 450-459, out./dez. 2013.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas Lavras: UFLA/FAEPE**, 2002,

FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. **Sistema de plantio direto de hortaliças: O cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC**. Florianópolis: EPAGRI, 2004. 53p. (Boletim Didático, 57)

FILGUEIRA F.A.R. **Novo manual de olericultura** .3ªed. Viçosa: UFV, 2008 . p.421, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do RIO DE JANEIRO. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1521-1530, 2008

GODOY, S. G.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M. C. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo impactado por cultivos sucessivos de arroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1278–1285, 2013

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. Indicadores IBGE: **Estatística de produção agrícola**, Novembro de 2014.

JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V: A method for measuring soil biomass. **Soil Biol. Biochem.**, 8:209-213, 1976.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**. 42 (2010) 1–13.

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. ISSN (online): 1981-0997v.6, n.4, p.588-595, out.-dez., 2011.

McCUNE, B., MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software**, Gleneden Beach, Oregon, U. S. A, 2011.

MELERO, S.; VANDERLINDENA, K.; RUIZA, J.C. & MADEJONB, E. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. **Europ. J. Soil Biol.**, 44:437-442, 2008.

MENDES, A. M. S; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J. ; RESENDE, G. M.; NETO, M. B. O; SILVA, M. S. L. **Nutrição Mineral e Adubação da Cultura da Cebola no Submédio do Vale do São Francisco**. Circular técnica online. Petrolina-PE, Dezembro, 2008.

PAULA, M. B.; PADUA, J. G.; FONTES, P. C. R.; BERTONI, J. C. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciado por fontes de potássio e doses de gesso. **Revista Ceres**, v. 49, p. 231-244, 2002.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Soil microbiology and biochemistry. Third edition. USA: **Academic Press**. publications, 2007.

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

PEIXOTO, R. T. G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, p. 186-205, 1997.

PESSOA-FILHO, M.; BARRETO, C.C.; REIS JUNIOR, F.B.; FRAGOSO, R.R.; COSTA, F.S.; MENDES, I.C.; ANDRADE, L.R.M. **Microbiological functioning, diversity, and structure of bacterial communities in ultramafic soils from a tropical savanna.**, v. 107, 2015.

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

SEAGRI. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Reforma Agrária, Pesca e Aquicultura. Disponível em:
<<http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/Cebola.pdf>>. Acesso em 17 de novembro de 2014.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; JUNIOR, F. B. R.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto no cerrado. **Informações agrônômicas**, nº 126, 2009.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.1, p.21-27, jan, 2013.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology and Biochemistry**.1;301-307, 1969.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Arylsulfatase activity of soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 34:225-229, 1970.

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

VARGAS, M. M. **Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em sistema de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno**. Florianópolis-SC, 2012.