

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM DOIS SISTEMAS
TRADICIONAIS DE USO E MANEJO: CITROS E MANDIOCA**

LÍCIA LEMOS DE CARVALHO

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

MAIO - 2008

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM DOIS SISTEMAS TRADICIONAIS DE USO E MANEJO: CITROS E MANDIOCA

LÍCIA LEMOS DE CARVALHO

Engenheira Agrônoma
Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2005.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

C331

Carvalho, Lícia Lemos de.

Diagnóstico da qualidade do solo em dois sistemas tradicionais de uso e manejo: citros e mandioca/ Lícia Lemos de Carvalho.- Cruz das Almas- BA, 2008.

67f.

Orientador: Prof. José Fernandes de Melo Filho.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

1. Manejo de solos – citros. 2. Manejo de solos – mandioca.
I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD 631.4

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA
ALUNA LÍCIA LEMOS DE CARVALHO**

Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB
(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB

Dr. José Eduardo Borges de Carvalho
Embrapa - Mandioca e Fruticultura Tropical

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em.....
Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em.....

"Pedras no caminho? Guardo todas, um dia vou construir um castelo..."

Fernando Pessoa

Meus Amores,
Geraldo, João Miguel e Artur
OFEREÇO

Meus pais,
Manoel e Célia
Meus irmãos,
Liliam, Ronivon, Lília, Lívia, Rogério, Lígia e Rógeson
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela presença constante em minha vida, cercado-me de pessoas especiais.

Ao meu marido e amado, Geraldo Silveira, pelo caráter, honestidade e companheirismo.

Aos meus filhos, João Miguel e Artur, pela renovação constante do meu amor como mãe, mulher e filha.

Aos meus pais, Manoel (lozinho) e Célia (Lili), pelo caráter, incentivo, força e principalmente pela educação familiar e profissional.

Aos meus irmãos, Liliam, Ronivon, Lília, Lívia, Rogério e Lígia, pela alegria, incentivo, perseverança, confiança e amizade.

Ao meu irmão Rógeson, meu braço direito na realização desse trabalho, obrigada pela amizade, sorrisos, carinho e apoio constante.

Aos meus sobrinhos, Edilly, Paullinha, Ananda, Eric, Victor, Pedrinho, Matheus, Clarinha, Rafael, Guilherme, Carole, Rogério, Eduardo e aos que ainda virão pela alegria de viver.

Ao Prof. José Fernandes de Melo Filho, pela confiança, incentivo, apoio e principalmente pela amizade constante. Meu eterno carinho e respeito.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Pesquisador Dr. José Eduardo Borges de Carvalho, pela confiança e apoio na realização desse trabalho.

Aos laboratoristas “Val” e Roque do Laboratório de Física do solo da EMBRAPA - *Mandioca e Fruticultura*, pela contribuição tão generosa nesse trabalho.

Aos meus amigos do curso de graduação (2005.1), Anameire, Davi, Ádila, Jefferson, Andréa e Márcio, pela enorme saudade dos momentos únicos de formatura.

Às minhas amigas, Fernanda, Geise, Denise, Adriana Queiroz e Fábria pela amizade sempre verdadeira.

Aos colegas de mestrado (2006) pela convivência, em especial à Graça, Bruna e Roselete, pelas horas de estudo e boas gargalhadas.

A José Augusto e Fernanda, pela ajuda sempre constante.

À Dreid, pelo apoio decisivo na elaboração desse trabalho.

À Edvana Pinto, pela amizade, incentivo e apoio.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que torceram para que mais essa batalha na minha vida fosse vencida com sucesso.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
 Capítulo 1	
 ÍNDICADORES DE QUALIDADE PARA UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM MANDIOCA EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO NO RECÔNCAVO DA BAHIA.....	13
 Capítulo 2	
 ÍNDICE DE QUALIDADE PARA UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM CITROS EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO.....	37
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM DOIS SISTEMAS TRADICIONAIS DE USO E MANEJO: CITROS E MANDIOCA

Autora: Lícia Lemos de Carvalho

Orientadora: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

Resumo: O solo como um sistema natural ativo e dinâmico se caracteriza pela habilidade em servir como um meio para o crescimento das plantas. Neste contexto, os sistemas de preparo do solo criam as condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das culturas. No entanto, dependendo do solo, do clima e da cultura, o manejo pode promover a degradação da qualidade física do solo com a conseqüente redução da sua capacidade produtiva. Entretanto, a maioria dos estudos realizados com o objetivo de comparar as alterações dos atributos químicos e físicos dos solos em relação aos sistemas de manejo o faz individualmente, sem considerar o efeito conjunto destas alterações no comportamento agrícola e no seu potencial ou qualidade para funcionar na sustentação de culturas agrícolas. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do manejo e práticas agrícolas tradicionais para as culturas de citros e mandioca nos indicadores e índice de qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso nas condições ambientais do Recôncavo da Bahia. O modelo de avaliação do índice de qualidade do solo foi o proposto por Karlen & Stott (1994). Os resultados mostram que os sistemas tradicionais de uso e manejo para citros e mandioca alteram os indicadores e o índice de qualidade em profundidade, concentrando seus efeitos positivos na superfície do solo. Verificou-se também que existem limitações relativas ao suprimento de nutrientes e ao crescimento do sistema radicular em profundidade, o que demanda a necessidade de utilização de práticas agrícolas que possam minimizar essas limitações, a exemplo das plantas de cobertura, produção e incorporação de resíduos orgânicos e subsolagem.

Palavras-chaves: Tabuleiros Costeiros, qualidade do solo, sistemas tradicionais.

DIAGNOSIS OF SOIL QUALITY UNDER TWO CONVENTIONAL SYSTEMS: CITRUS AND CASSAVA

Author: Lícia Lemos de Carvalho

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: Soil is a dynamic, living, natural resource characterized by its ability to serve as medium for plant growth. In this context, the plant growth and development are influenced by soil tillage systems. However, depending on the soil, plant and climate data, the soil management can promote the physical soil quality degradation with decrease in its productive capacity. Although the major of studies have been conducted with the aim of compare the changes in the physicals and chemicals soil attributes with respect of the management systems, without considerate the accumulate effect of these changes in the agriculture behavior and in its potential to function in the maintenance of the culture. The purpose of this paper was verify the effect of the conventional management systems and agricultural practices to the culture of citrus and cassava (*Manihot esculenta*) on soil quality index and indicators of cohesive yellow latosol in Recôncavo Baiano. It was used the soil quality index model proposed by Karlen & Stott (1994). The results show that the conventional management systems to citrus and cassava plants modify the indicators and soil quality index in depth, with positive effect in a surface. Was verified some limitations concerned to nutrients supply and root growth in depth, in which require the use of agricultural practices with the purpose to minimize these problems, such as the use of cover crop, production and addition of organic material to soil and subsoiling.

Key words: Costal table lands soil, soil quality, conventional systems.

INTRODUÇÃO

1. Solo: qualidade, sistemas de manejo e sustentabilidade

O solo como um sistema natural ativo e dinâmico se caracteriza pela habilidade em servir como um meio para o crescimento das plantas, regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera e atuar como um tampão ambiental (LARSON & PIERCE, 1994; KARLEN et al., 1997). Neste contexto, os sistemas de preparo do solo criam as condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das culturas. No entanto, dependendo do solo, do clima e da cultura, o manejo pode promover a degradação da qualidade física do solo com a conseqüente redução da sua capacidade produtiva (ALBUQUERQUE et al, 2005; REZENDE et al., 2002; TORMENA et al., 2002). Por isso, compreender e quantificar o impacto do manejo e uso do solo na sua qualidade para a produção vegetal são duas premissas fundamentais para o desenvolvimento de sistemas agrícolas, práticas de cultivo e manejo sustentáveis (DEXTER & YOUNGS, 1992).

O conceito de qualidade do solo (QS) começou a ser formulado no início dos anos 1990. Primeiro por Larson & Pierce (1991), que definiram QS como “a aptidão para o uso”. Anos depois, Doran & Parkin (1994) definiram qualidade do solo como “a aptidão do mesmo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas, animais e dos homens”.

Considerando que a capacidade do solo exercer suas funções na natureza está relacionada com seus atributos físicos, químicos e biológicos, VEZZANI (2001), admite que um solo tem qualidade quando o sistema está organizado em um alto nível de ordem. Por isso, um solo com qualidade fornece as condições necessárias para as plantas expressarem o seu potencial produtivo.

Nesse caso, as dificuldades residem em selecionar quais atributos serão avaliados e definir os valores considerados adequados ou ideais, os quais podem variar de acordo com a classe de solo investigada (ARSHAD & MARTIN, 2002). Além disso, alguns anos são necessários para se verificar a resposta das propriedades do solo às alterações do sistema de manejo.

Segundo Carter et al. (1997) independente da ferramenta que se utilize para avaliar a qualidade do solo deve-se primeiramente, descrever cada função em que a qualidade estiver relacionada, selecionar as características ou propriedades do solo que influenciem sua capacidade de prover cada função, escolher indicadores mensuráveis, e, utilizar métodos que forneçam inferências precisas dos indicadores selecionados. Além disso, dependendo da função para a qual uma avaliação está sendo feita, muitos parâmetros podem ser utilizados e o processo de avaliação deve de alguma maneira influenciar a função para a qual está sendo avaliada (KARLEN et al., 1997).

Os atributos indicadores da qualidade do solo são aqueles que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema, influenciando a capacidade do solo na produção vegetal ou no desempenho de funções ambientais. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados em três grupos: indicadores físicos, indicadores químicos e indicadores biológicos (DORAN & PARKIN 1994; ARAÚJO, 2007).

Um indicador eficiente de sustentabilidade deve: permitir avaliações de curto e longo prazo, ser sensível a variações do manejo, ser bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, de mensuração fácil e barata. Preferencialmente, devem ser aplicados em condições de campo ou que reflitam a real função que desempenham no ecossistema (CAMINO & MULLER, 1993; KARLEN & STOTT, 1994; LARSON & PIERCE, 1994; DORAN & PARKIN, 1996).

A quantidade de atributos do solo a serem utilizados, para que se configure um índice de qualidade com precisão e confiabilidade ainda causa controvérsias. Várias estratégias têm sido propostas, dentre elas destacam-se as que consideram que um número reduzido de atributos chaves, como a matéria orgânica do solo (MOS) ou a curva de retenção de água, pode expressar eficientemente a QS (GREGORICH et al., 1994; SEYBOLD et al., 1998). Em oposição a estas, existem as que consideram a necessidade de um conjunto numeroso de atributos químicos, físicos e biológicos do solo (LARSON & PIERCE, 1991; DORAN & PARKIN, 1994). Em realidade ainda não há universalmente um conjunto preciso de indicadores que possa ser utilizado para caracterizar a qualidade do solo. Isso se deve à complexidade do sistema solo, associado ao uso de diversos manejos e condições climáticas. Sabe-se, porém que nenhum indicador individualmente consegue

descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo. Nem mesmo uma única função do solo é suficiente, já que deve haver uma relação entre todos os seus atributos. Por isso, os estudos focados na seleção de indicadores vêm crescendo em todo mundo (STENBERG, 1999; BOUMA, 2002; SILVEIRA, 2007).

2. Os Tabuleiros Costeiros

Os Tabuleiros Costeiros são formações terciárias distribuídas desde o Amapá até o Rio de Janeiro. São planícies litorâneas com elevação média de 200 m acima do nível do mar, onde predominam Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, distróficos ou álicos, coesos e de textura média, caracterizando-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de argila e matéria orgânica, e pelo adensamento, que ocorre nos horizontes AB e BA, entre as profundidades de 15 a 80 cm do solo (JACOMINE, 1996; CARVALHO et al., 2002).

A unidade de paisagem dos Tabuleiros Costeiros acompanha todo o litoral do Nordeste do Brasil, em área estimada de 8,42 milhões de hectares, apresentando como característica comum a todas as dezessete unidades geoambientais que a compõem, topografia plana a suave ondulada, raramente excedendo 3%, baixa fertilidade natural e elevada profundidade dos solos (EMBRAPA, 1994).

Desde muitos anos, vários estudos têm sido desenvolvidos nos tabuleiros visando explicar a origem da coesão presente nesses solos. Alguns autores afirmam que a coesão é originada da acomodação de colóides que migraram da superfície, provocando a obstrução dos macroporos, e, como conseqüência, diminui a permeabilidade e a aeração (PANOSO 1976; AGUIAR NETTO et al., 1988).

Embora considerados profundos, os solos dos Tabuleiros Costeiros apresentam como principal limitação para sua exploração agrícola, a presença dos horizontes subsuperficiais coesos ou adensados que reduzem a profundidade efetiva e prejudica a dinâmica da água no perfil, promovendo, com freqüência, sérios problemas no suprimento de água para as plantas (SOUZA, 1996; REZENDE, 2000). São solos que apresentam ainda, baixa disponibilidade de nutrientes, alta saturação de alumínio e acidez elevada, resultando em baixa qualidade para a produção vegetal (HAYNES, 1970; MELO FILHO et al., 2004; MELO FILHO et al., 2007; SOUZA, 1997; SOUZA et al., 2003).

3. Cultura de citros na região dos Tabuleiros Costeiros

O Brasil é o maior produtor mundial de citros com uma área plantada próxima de 1 milhão de hectares e produção de frutas superior a 19 milhões de toneladas, a maior no mundo há alguns anos. O país também é o maior exportador de suco concentrado congelado de laranja, cujo valor das exportações desse e de outros derivados tem gerado cerca de 1,5 bilhões de dólares anuais (RODRIGUES NETO & LOPES, 2003; IBGE, 2004).

A região Sudeste é a maior produtora de citros do Brasil. O setor citrícola somente no estado de São Paulo gera mais de 500 mil empregos diretos e indiretos. Porém, há que se considerar a importância da citricultura para a economia de regiões pobres como o Nordeste, que apesar de ter um longo caminho a percorrer em termos de adoção de tecnologia e organização dos produtores, gera emprego e renda para a maioria da população e contribui com parte expressiva da receita proveniente da atividade agropecuária nesta região (CUENCA, 2001; AZEVEDO, 2003).

Na região Nordeste, a citricultura é de grande importância social, pois é cultivada principalmente por produtores com áreas menores do que 10 ha. Na Bahia e Sergipe, segundo e terceiro produtores nacionais, a cultura do citros ocupa uma área de 103.559 hectares, representando 11% da área cultivada com citros no Brasil (IBGE, 2003; SOUZA et al., 2004). Nestes Estados é explorada sobre diversas condições tecnológicas, desde as mais avançadas, com índices elevados de produtividade, até as mais tradicionais, em maior número, apenas para subsistência (SOUZA et al., 2006).

Os pomares instalados sobre solos dos Tabuleiros Costeiros têm pouco tempo de vida produtiva. A maioria das plantas com a idade de 12 a 15 anos apresenta baixa produtividade de frutos, sem resposta às práticas usuais de adubação e controle fitossanitário. Isso ocorre, principalmente, devido ao estabelecimento da cultura do citros com base na suposição da existência de solos com profundidade efetiva elevada, bem drenados e com características físicas favoráveis ao seu desenvolvimento. Assim, nos Tabuleiros Costeiros, onde coexistem a camada coesa mais os longos períodos de déficit hídrico as vantagens relacionadas à profundidade do solo e à drenagem deixam de existir devido à

restrição que as zonas coesas impõem ao desenvolvimento das raízes, reduzindo a profundidade efetiva do solo, possibilitando a formação de zonas temporárias de encharcamento na estação chuvosa e o ressecamento na estação seca (CINTRA & LIBARDI, 1998).

Entre outros problemas, questiona-se o fato da utilização de práticas culturais, comumente utilizadas nessa cultura, como roçadeiras no inverno e grade no verão, ou grade durante todo ano, que contribuem para aumentar a densidade do solo na superfície (PORTELA et al, 2001). Esse adensamento gera um efeito negativo significativo ao restringir o aprofundamento do sistema radicular dos citros, concentrando-o quase que totalmente na camada de solo acima da camada coesa, nos primeiros 30 cm de profundidade. Esses aspectos, associados à ocorrência de vários períodos de estiagem ao ano, em média cinco meses de poucas chuvas, tem acentuado a deficiência hídrica nas plantas, com prejuízo na produtividade da cultura (CARVALHO et al., 2002).

4. Cultura da mandioca na região dos Tabuleiros Costeiros

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma cultura de grande importância econômica e social para o Brasil, sendo bastante explorada principalmente na região Nordeste. Suas raízes são utilizadas para diversos fins. Na alimentação humana, devido ao elevado potencial de produção de carboidratos, é usada na forma de raízes processadas domesticamente. Na alimentação animal, como fonte de alimento energético e no setor industrial, onde a fécula extraída de suas raízes tuberosas é utilizada no setor de alimentos e outros produtos industriais (SOUZA & CARVALHO, 1994; OLIVEIRA, 1995).

A produção nacional de mandioca foi, em 2006, de 26,6 milhões de toneladas de raízes, 3,0% maior que a de 2005 (25,9 milhões de toneladas). A área colhida praticamente manteve-se estável (1.896.509 ha), mas o rendimento superou o de 2005 (13.605 kg/ha), alcançando 14.046 kg/ha. Apesar de ser cultivada em todo o país, 50% da produção brasileira de mandioca concentra-se em três Estados: Pará (5,1 milhões de toneladas, ou 19,1% da produção nacional), Bahia (4,4 milhões de toneladas, ou 16,5%) e Paraná (3,8 milhões de toneladas, ou 14,4%). Porém,

mesmo sendo o segundo maior produtor nacional de raízes, o Estado da Bahia tem uma produtividade que é considerada baixa (IBGE, 2004).

As principais regiões consumidoras do país são a Norte e Nordeste, sendo que a produção, essencialmente utilizada na dieta humana, está na forma de farinha (CARDOSO, 2003). O consumo “per capita” de raízes no Brasil está em torno de 70 kg/habitante/ano, que se eleva para 150 kg/habitante/ano nos Estados da região Nordeste (LORENZI & DIAS, 1993; AZZINI et al., 1996).

O consumo da mandioca adquire maior importância para famílias com renda na faixa de menos de um salário mínimo, uma vez que representa em torno de 10% da renda anual destinada para a alimentação, só perdendo em importância para o feijão, que apresenta um consumo equivalente a 13% da renda (CARDOSO et al. 1999; CARDOSO, 2003).

Na Bahia e no Recôncavo baiano, a mandioca é cultivada principalmente, consorciada a outras culturas, geralmente aquelas que apresentam ciclo curto como amendoim, feijão e milho. A mandioca é produzida na sua maioria por agricultores de pequeno porte e por isso, seu modelo de exploração ainda é baseado em técnicas tradicionais de preparo e cultivo do solo, com pouco ou nenhum uso de tecnologia moderna, especialmente agroquímicos, explicando-se assim, o baixo índice de produtividade, na região. Também são escassos ou quase inexistentes trabalhos de avaliações relativos ao efeito deste sistema de exploração nos atributos do solo e sua sustentabilidade, uma vez que dentre as práticas possíveis para aumentar o rendimento da cultura está o preparo solo (SOUZA & CARVALHO, 1994; CARDOSO, 2003).

O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do manejo e práticas agrícolas tradicionais para as culturas de citros e mandioca nos indicadores e índice de qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso nas condições ambientais do Recôncavo da Bahia.

LITERATURA CITADA

AGUIAR NETTO, A.O.; NACIF, P.G.S.; REZENDE, J. de O. **Caracterização morfológica e físico-hídrica de solos representativos do Recôncavo Baiano. I.**

Determinação da capacidade de campo "in situ" e suas relações com dados obtidos em laboratório. Cruz das Almas: UFBA, 1988. 59p.

ALBUQUERQUQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. & KUNTZE, A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistema de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.415-424, 2005.

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

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

AZEVEDO. L. C. L. Produção Integrada de citros-Ba. EMBRAPA/ CNPMF, 2003. Versão eletrônica. Disponível em: <www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br> Acesso em Janeiro/2008.

AZZINI, A.; GONDIM. T.; ARAUJO, R. M.; COSTA, A. A. et al. Caracterização tecnológica de caules de quatro variedades de mandioca como fonte de fibras celulósicas para papel. **Bragantia**, 1996, v.55, n.2, p.293-297.

BOUMA, J. Land quality indicators of sustainable land management across scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.88, n. 2, p. 129 – 136, 2002.

CAMINO, R. & MULLER, C. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores. IICA.134p. (Série documentos de programas IICA, 38), 1993.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

CARDOSO, C.E.L.; INÁCIO, E.S.B.; LIMA, R.M.R. Mandioca: Preço maduro. *Agroanalysis*, v.19, n.12, p. 24-25, 1999.

CARTER, M.R.; GREGORICH, E.G.; ANDERSON, J.W. Concepts of soil quality and their significance. In: GREGORICH, E.G. **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Netherlands, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1997.

CARVALHO, J. E. B. de.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, P.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M. & SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja-'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 24, n.1, p.82-85, 2002.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.55, n.3, 1998.

CUENCA, M.A.G. Importância econômica dos Tabuleiros Costeiros Nordestinos na agropecuária da região. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 28p. Série Documentos, 31.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed). *Method for Assessing Soil Quality*. Madison. **Soil Science Society of American**. (SSSA), 1996. p 25-38.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al., (Eds.). **Defining Soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American/American Society of Agronomy, 1994. p.3-21. (SSSA special publication,35).

DEXTER, A.R.; YOUNGS. I.M.; Soil physic toward 2000. **Soil Till. Res.**, v.24, p.101-106, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. Plano diretor do Centro de Pesquisa

Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC). Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994. 37p.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v.74, n.2, p.367-375, 1994.

HAYNES, J. L. Uso agrícola dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil – um exame das pesquisas. 2. ed. Recife: SUDENE, 1970. 139 p.

IBGE. **Valor da produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA, 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> - acesso em: out/2007.

IBGE. **Valor da produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> - acesso em: out/2007.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais...** Aracaju, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.13-26.

KARLEN, D.L; STOTT, D.E. A framework for evaluating physics and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W, et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American/American Society of Agronomy, 1994. p.53-71. (SSSA Special publication, 35).

KARLEN, D.L.et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial). **Soil Science Society of American Journal**, n.61, p. 4-10, 1997.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT, 12., 1991, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: [s.e.], 1991. v.2.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, WI: **Soil Science Society of America**, 1994, p.37-52, (Special publication, 35).

LORENZI, J.O; DIAS, C.A.C. **Cultura da mandioca**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1993. 41p. (Boletim Técnico, 211).

MELO FILHO, J. F.; DEMATTÊ, J. A. M.; LIBARDI, P. L. & PORTELA, J. C. Comportamento espectral de um latossolo amarelo coeso argissólico em função de seu uso e manejo. **Magistra**, v.16, n.2, p.105-112, 2004.

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

OLIVEIRA, E.A.M. **Efeito da distribuição espacial e da arquitetura de plantas no comportamento vegetativo e produtivo de mandioca (Manihot esculenta Crantz)**. Piracicaba, 1995. 62p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PANOSO, L.A. **Latossolo Vermelho Amarelo de tabuleiro do Espírito Santo: formação, características e classificação**. Recife: UFRPE, 1976. 116p. Tese de Livre Docência.

PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L.; VAN LIER, Q. de J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.49-54, 2001.

REZENDE, J. O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador. SEAGRI- SPA, 2000. 117P. (Série estudos agrícolas, n.1.

REZENDE, J. O; MAGALHÃES, A.F. de J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C. & REZENDE, V.J.R.P. **Citricultura nos solos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões**. Salvador, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2002. 97p.

RODRIGUES NETO, J.; LOPES, S. A. Manejo integrado de doenças bacterianas dos citros. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, supl., p.72-75, 2003.

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

SILVEIRA, E. C.P. **Qualidade do solo em dois sistemas de uso e manejo no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano**. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2007.

SOUZA L.D.; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA. L da S.; LEDO. C.A da S.; SOBRINHO. A.P.da C. Distribuição das raízes dos citros em função da profundidade da cova de plantio em latossolo amarelo dos Tabuleiros Costeiros 2006. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.28, n.1, p. 87-91, 2006.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S.; LEDO, C.A.S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido à poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.69-73, 2004.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F. da S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 29.2003, Ribeirão Preto. **Palestras...** Ribeirão Preto /SP: Agromidia, 2003.CD-ROM.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.1 – 10,1997.

SOUZA, L. da S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais...** Aracaju: Embrapa-CPATC/ Embrapa-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p.36-75.

SOUZA, L.S.; CARVALHO, F.L. Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. II Alterações em propriedades do solo. **Revista Brasileira de Mandioca**. V.13, p.147-156, 1994.

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

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia agricola** 2002, vol.59, n.4, p.795-801.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre, 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

CAPÍTULO 1

INDICADORES DE QUALIDADE PARA UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM MANDIOCA EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO NO RECÔNCAVO DA BAHIA

INDICADORES DE QUALIDADE PARA UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM MANDIOCA EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Resumo: A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um dos vegetais mais cultivados no mundo, especialmente nos trópicos, onde o Brasil é um dos principais países produtores. No Recôncavo baiano é cultivada, predominantemente, por pequenos agricultores em sistema convencional, repetidamente em uma mesma área, na qual o preparo do solo é feito com arado de disco e os tratos culturais com enxada, sem correção e uso de fertilizantes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sistema de manejo tradicionalmente utilizado para a produção de mandioca nos indicadores e no índice de qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso no Recôncavo da Bahia. O estudo foi realizado em um agroecossistema de cultivo com mandioca instalado na Fazenda Araçá, no município de São Felipe – BA e para determinação do índice de qualidade do solo utilizou-se o método proposto por Karlen & Stott (1994). As amostras foram coletadas em um transecto de 48 m, com pontos de coleta espaçados de 12 em 12 m, totalizando 5 pontos de amostragem. Em cada ponto foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. Os resultados mostram que o sistema tradicional de manejo do solo para mandioca altera os indicadores e índice de qualidade em profundidade, concentrando seus efeitos positivos na superfície do solo. Verificou-se também que existem limitações à produção da mandioca quanto ao suprimento de nutrientes até 0,4 m e que as raízes encontram restrições ao crescimento em profundidade.

Palavras-chaves: Tabuleiros Costeiros, qualidade do solo, *Manihot esculenta*.

QUALITY INDICATORS TO COHESIVE YELLOW LATOSOL WITH CASSAVA UNDER CONVENTIONAL TILLAGE SYSTEMS, IN RECÔNCAVO OF BAHIA.

Author: Lícia Lemos de Carvalho

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: A cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is one of the most cultivated vegetable of the world, especially in the Tropics, where the Brazil is one of the main producing countries. In Recôncavo Baiano, it has been cultivated for small farmers in conventional tillage systems, in the same area, in which the soil tillage is done with disc-harrow and hoes, without correction and fertilizer applications. So, the purpose of this paper was analyze the effect of the management system used to the production of the *Manihot esculenta Crantz* in the quality indicators of the cohesive yellow latosol in Recôncavo of Bahia. The study was carried out in a cassava agroecosystem, located in Araçá Farm, in São Felipe – BA and to determinate the soil quality index it was used the model proposed by Karlen & Stott (1994). The soil samples were collected with a regular distance of 12 m, in a transect of 48 m, in depths of 0,00 - 0,20; 0,20 - 0,40 m. The results show that the conventional management systems to cassava modify the soil quality index and indicators in depth, with positive effect in a surface. Was verified some limitations concerned to nutrients supply up to 0,40 m depth and restriction of root growth in depth.

Key words: Costal table lands soil, soil quality, *Manihot esculenta*

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um dos vegetais mais cultivados no mundo, especialmente nos trópicos, onde o Brasil é um dos principais países produtores. Suas raízes são usadas como matéria-prima industrial, na alimentação humana e animal, tanto in natura quanto na forma de farinhas e outros derivados. Também é importante geradora de emprego e renda, notadamente nas áreas pobres da região Nordeste (Cardoso, 2003; Pereira, 2004), onde o consumo “per capita” de raízes é de 150 kg/habitante/ano (Lorenzi & Dias, 1993; Azzini et al., 1996).

Segundo o IBGE (2006), a cultura da mandioca na Bahia tem uma área colhida de 3,4 milhões de hectares com produtividade média de 12,7 toneladas por hectare, gerando uma produção de 4,4 milhões de toneladas de raízes. Essa produtividade está muito próxima da média no Brasil, de 14,0 toneladas por hectare, porém muito aquém da média do maior estado produtor da cultura, São Paulo, cuja produtividade média é de 23,4 toneladas por hectare. Esses índices de produtividades resultam do uso de variedades pouco produtivas e deficiências no sistema de produção, incluindo a etapa relativa ao preparo do solo (Souza, 1996; Tormena et al., 2004).

No Recôncavo baiano a mandioca é cultivada, predominantemente, por pequenos agricultores. O sistema de preparo normalmente utilizado para o plantio da cultura é o convencional e consiste de uma aração com arado de disco seguido de coveamento com enxada, onde são depositadas as “manivas” sementes. Para os tratamentos culturais também se utiliza à enxada. Não se faz correção de solo e o uso de adubo, quando ocorre, limita-se a colocação de pequenas quantidades de esterco ou torta de mamona nas covas. Outra característica inerente ao uso do solo para a cultura da mandioca nesta região é o seu caráter permanente, tendo em vista que as áreas são utilizadas por muitos anos, repetidamente, com a mesma cultura. Assim, o preparo constante, com a utilização de implementos de discos, sempre na mesma profundidade, resulta na formação de camadas compactadas, reduz a estabilidade dos agregados, aumenta a densidade do solo e a resistência à penetração de raízes, afetando a distribuição, crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas (Souza, 1988; Kirkegaard et al., 1993; Rosolem et al., 1998; Cavalieri et al., 2006), o que, aliado as naturais restrições impostas pelos horizontes coesos (Cintra, et al.

1997; Rezende 2000; Libardi & Melo Filho, 2001; Melo Filho, et al. 2004) mais a sensibilidade das plantas tuberosas a essas condições adversas, resulta nos baixos índices de produtividades na mandioca na Bahia.

Dos componentes do manejo do solo, o preparo talvez seja a atividade que mais influi no seu funcionamento, pois atua diretamente na estrutura (Oliveira et al., 2003). Por isso, geralmente, o solo mantido em estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas, como permeabilidade, estrutura, densidade e porosidade, adequadas ao desenvolvimento das plantas (Andreola et al., 2000). No entanto, quando o solo é utilizado no processo produtivo agrícola, suas características sofrem alterações cuja intensidade e duração varia com as condições de clima, natureza do solo, uso e manejos adotados, além é claro, de afetar a qualidade do solo para funcionar como meio natural de crescimento e produção vegetal (Silveira, 2007; Melo Filho et al., 2004; Spera et al., 2004).

Entender e quantificar como os sistemas de manejo afetam os atributos do solo que definem sua qualidade para funcionar na produção vegetal é uma etapa fundamental para a melhoria dos sistemas produtivos, tendo em vista que a identificação das alterações que causam permitirá a adoção de medidas específicas para mitigá-las, quando negativas ou mantê-las quando positivas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sistema de manejo tradicionalmente utilizado para a produção de mandioca nos indicadores e no índice de qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso no Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

O estudo foi realizado na região do Recôncavo baiano no período de 2006/2007, em um agroecossistema de cultivo com mandioca instalado na Fazenda Araçá, no município de São Felipe – BA, cujas coordenadas geográficas são: 12° 50' 50" S, 39° 05' 22" W, em uma altitude de 195 m, temperatura média anual de 23,8 °C, caracterizado como clima tropical úmido, pluviosidade com variações entre 1.100 e 1.500 mm, (SEI, 2008).

A área cultivada tem em média 1,5ha e produz mandioca da variedade “cigana preta” há cinco anos com produção média estimada de 15 ton/ha a cada ciclo. O preparo do solo é realizado com uma aração e uma gradagem na profundidade até 0,4 m e os tratos culturais são feitos com enxada, quando necessário, para controlar as plantas infestantes. A adubação consiste na aplicação a lanço de esterco bovino, sem quantidade definida ou controlada.

Solo e coleta das amostras

O solo da área é um Latossolo Amarelo Coeso (Embrapa, 1999) e as amostras foram coletadas em um transecto de 48 m, com pontos de coleta espaçados de 12 em 12 m, totalizando 5 pontos de amostragem, conforme Souza (2005). Em cada ponto foram coletadas, amostras, deformadas e indeformadas, em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. A coleta das amostras indeformadas foi feita com extrator de solo tipo Uhland (Bravifer) e as deformadas com trado pedológico, tipo sonda.



Figura 1. Detalhamento do perfil do solo (a) e do equipamento utilizado para coleta de amostras indeformadas (b).

Indicadores de qualidade

Foram avaliados os seguintes indicadores de qualidade do solo e seus respectivos métodos: porosidade total, macro e micro e densidade do solo, pH, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio (Embrapa, 1997); retenção de água em câmaras de pressão de Richards (Kiehl, 1979); condutividade hidráulica no solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente (Libardi, 2000) e matéria orgânica (Walkley & Black, 1937), descrito em Raij & Quaggio (1983).

Para a determinação da resistência à penetração utilizou-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, seguindo metodologia proposta por Stolf et al. (1983). Os dados experimentais de resistência à penetração foram obtidos em Kgf cm^{-2} e depois multiplicados pela constante 0,098 para transformação em MPa (Beutler et al., 2001). Objetivando padronizar as medidas de resistência a penetração para uma mesma umidade, neste caso retida na tensão de 100 kPa, medidas de resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica (Ug) foram coletadas durante 6 meses, abrangendo desde a época mais úmida até a mais seca, de maneira a obterem-se medidas para diversas umidades no solo. Os pares de dados foram plotados em um gráfico de RP x Ug e equações de regressão foram ajustadas conforme Busscher et al. (1977) sendo possível obter-se o valor da RP para 100 kPa.

O cálculo do índice de qualidade do solo, foi feito de acordo com a metodologia proposta por Karlen & Stott (1994) e conforme descrito em Melo Filho et al., (2007). Os resultados foram enquadrados de acordo com a classificação proposta por Souza (2005). A síntese das funções principais, indicadores de qualidade e limites críticos utilizados estão registrados no quadro 1.

Os valores dos indicadores de qualidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quadro 1. Funções principais e indicadores físicos e químicos utilizados para avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso sob sistemas tradicionais de uso e manejo com mandioca

Funções Principais	Ponderadores das funções	Indicadores de qualidade (*)	Ponderadores dos indicadores		Limites Críticos		Referências dos Limites Críticos
			Indicadores	Inferior	Superior		
Crescimento radicular em profundidade (FCRP)	0,40	RP _{100 kPa} (MPa)	0,40	2,00			Taylor et. al. (1966)
		MP (m ³ m ⁻³)	0,30	0,10	0,30		Carter (2002)
		DS (kg dm ⁻³ m (%))	0,10	1,59			Souza et al. (2003)
			0,20	50			Lepsch (1983)
Condução e Armazenamento de água (FCAA)	0,40	K _o (cm h ⁻¹)	0,20	2,00	20		Lepsch (1983)
		MP (m ³ m ⁻³)	0,20	0,10	0,30		Carter (2002)
		UV _{33kPa} /PT	0,30	0,55			Souza et al. (2003)
		AD/PT	0,30	0,125			Souza et al. (2003)
Suprimento de Nutriente		pH em água	0,10	5,0	6,5		Alvarez et al. (1999)
		CTC (cmol _c dm ⁻³)	0,40	4,0			Lepsch (1983)
(FSN)	0,20	V (%)	0,20	50			Lepsch (1983)
		MO (g kg ⁻¹)	0,30	15			C.E.F Solo (1989)

(*)RP_{100kPa} = resistência à penetração a 100kPa de tensão na umidade do solo; MP = macroporosidade do solo; Ds = densidade do solo; m% = saturação por alumínio; K_o = condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33kPa}/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; AD/PT = relação água disponível/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V % = saturação por base e MO = matéria orgânica. Fonte: Souza et. al. (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores físicos

Os valores encontrados para a resistência à penetração ($RP_{100 \text{ kPa}}$) (Quadro 4) estão compreendidos nas classes: moderada na camada superficial e alta na camada subsuperficial do solo (Beutler, 2001), cujos valores foram, respectivamente, 1,77 e 2,65 MPa (Quadro 4) e, conforme Rezende (1997) caracterizam limitações para o desenvolvimento e crescimento das culturas.

Na figura 1, observa-se a relação entre umidade e resistência à penetração para as duas profundidades estudadas. Verifica-se que a resistência à penetração de raízes aumentou com a redução da umidade do solo, o que é natural e reproduz a relação de causalidade entre essas duas variáveis, mas pode-se observar diferenças importantes entre elas. Verifica-se uma variação mais acentuada de RP na profundidade 0,20 m, principalmente na faixa de umidade mais baixa, até $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$. Tal aspecto pode ser explicado pelo maior teor de areia presente na camada 0 – 0,20 m (Quadro 2), uma vez que a densidade e a macroporosidade permaneceram praticamente constante em ambas as profundidades (Quadro 4). Outros aspectos que contribuíram para essa situação foram os efeitos cumulativos dos implementos agrícolas utilizados (arado e grades) no preparo do solo e os ciclos de umedecimento e secamento do solo, que segundo Tormena (1998) e Cunha (2001) podem contribuir para o aumento da RP do solo. Outra característica bem distinta entre as curvas é que para valores de umidade mais elevado, acima de $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$, o comportamento se inverte e são verificados valores mais elevados de RP para a camada 0,20 – 0,40 m, cujos valores mantiveram-se sempre acima do limite crítico de 2,0 MPa, (Quadro 1), sendo esta, também, outra diferença entre elas.

Os valores da densidade do solo em profundidade não foram significativamente diferentes (Quadro 4), porém ficaram acima do limite crítico de $1,59 \text{ kg dm}^{-3}$. Por isto, pode-se inferir que os valores apresentam-se com algum grau de limitação à produção da mandioca, tendo em vista que, segundo Kayombo & Lal (1993) o adequado desenvolvimento das raízes das tuberosas depende da habilidade do solo em acomodá-las volumetricamente o que, conseqüentemente, exige baixa densidade do solo.

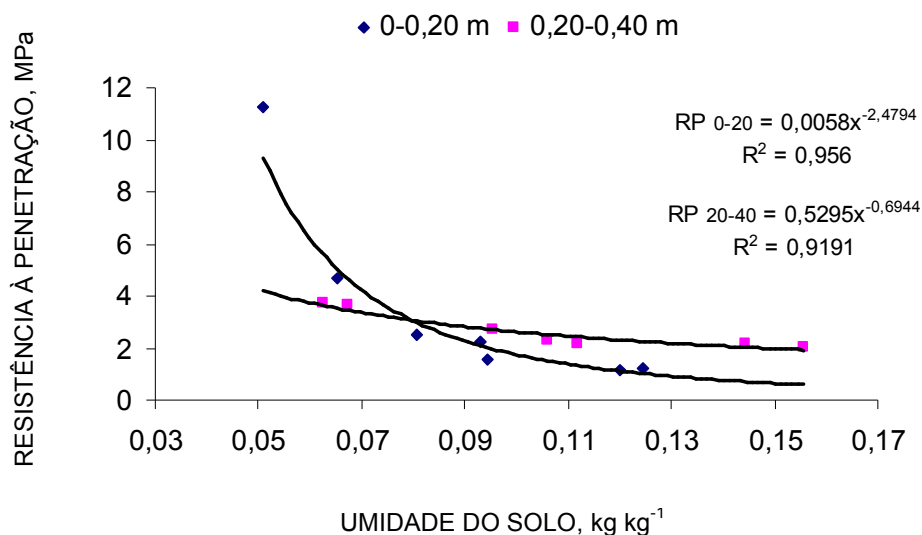


Figura 1. Curva de resistência do solo a penetração para um Latossolo Amarelo coeso sob sistema tradicional de uso e manejo com mandioca.

As práticas de preparo e cultivo do solo utilizadas no sistema tradicional de uso e manejo para mandioca parecem não interferir no espaço poroso do solo. Os valores observados nas duas profundidades avaliadas apresentaram-se semelhantes (Quadro 3). Em relação à macroporosidade verificou-se que os valores estão dentro dos limites críticos estabelecidos por Souza et al. (2002) e, segundo esses autores, garantem as condições satisfatórias e necessárias para as trocas gasosas e drenagem do solo.

A condutividade hidráulica saturada (K_0) foi semelhante nas duas profundidades (Quadro 4). Apresenta grau de permeabilidade lenta a moderada (Beutler et al, 2001), indicando uma leve limitação na capacidade do solo para conduzir água. Comumente os sistemas de manejo que resultam em menores densidades encontram-se associados a maiores níveis de porosidade e condutividade hidráulica saturada (Ribeiro, 2007), porém não houve relação direta entre esses atributos no solo sob cultivo tradicional de mandioca, tendo em vista que os valores de K_0 , MP e Ds foram praticamente iguais nas duas profundidades avaliadas (Quadro 4). Essa situação deve está associada, provavelmente, à presença de argila dispersa que ao migrar para a camada subsuperficial entope os

poros, principalmente os microporos, diminuindo assim a condutividade hidráulica saturada sem, contudo aumentar a densidade do solo. Esse fato pode ser reforçado pelo o valor da macroporosidade, o qual não foi limitante, e pela granulometria (Quadro 2) que apresenta elevados teores de areia na camada superficial do solo, tendendo a um aumento de argila em profundidade. Situação semelhante foi encontrada por Melo Filho et al. (2007) e Souza (2005) quando estudaram Latossolos Coesos do Recôncavo da Bahia.

Quadro 2. Composição granulométrica para duas profundidades de um Latossolo Amarelo Coeso em sistema tradicional de uso e manejo com mandioca no Recôncavo da Bahia

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
m	g kg ⁻¹			
0,00-0,20	709,6	75,0	215,4	Franco argilo arenoso
0,20-0,40	632,0	77,6	290,4	Franco argilo arenoso

Os outros indicadores de qualidade do solo relacionados com a disponibilidade de água no solo UV_{33Kpa}/PT e AD/PT apresentaram-se dentro dos limites críticos em ambas as profundidades.

Quadro 3. Distribuição da porosidade de um Latossolo Amarelo Coeso em sistema tradicional de uso e manejo com mandioca

Profundidade	PT	MP	MI	AD
m	%			
0,0 - 0,20	34,37	14,00	20,37	6,75
0,20 - 0,40	33,18	12,00	21,18	6,31

PT = Porosidade total; MP = Macroporosidade; MI = Microporosidade; AD = Água disponível.

Indicadores químicos

O conteúdo de matéria orgânica (Quadro 4) foi diferente estatisticamente em profundidade, atingindo aproximadamente, 50% a mais na camada superficial no solo. Assim, pode-se observar que a aplicação de esterco bovino da forma feita pelo produtor está concentrando-se principalmente na camada mais superficial do solo. Para Takahashi & Gonçalo (2005) uma importante característica da mandioca em relação a outras culturas é sua elevada capacidade de extração de nutrientes, o que lhe confere muita eficiência de produção, mesmo em áreas já bastante esgotadas. Talvez por essa razão os pequenos produtores da região do Recôncavo não tenham a devida preocupação em adubar o solo, restringindo-se apenas em aplicar esterco na camada superficial, muito embora Conceição (1981) recomende que se faça a rotação da mandioca com leguminosas evitando-se o seu plantio numa mesma área por anos seguidos.

A concentração da MO na camada superficial refletiu nos valores da CTC, que foi maior na profundidade 0,0 - 0,20 m (Quadro 4), confirmando as afirmações de Sanches (1976) quanto à importância da matéria orgânica para manutenção da CTC do solo, principalmente os tropicais bastante intemperizados. Observa-se que o valor da CTC na camada superficial do solo está acima do limite crítico de $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Lepsch, 1983) (Quadro 1) porém na camada de 0,20 - 0,40m seu valor é baixo ($3,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e se apresenta limitante, com reflexos na fertilidade do solo e perdas de nutrientes por lixiviação (Chaves, 2004).

Assim como a MO e a CTC, o pH também é um importante indicador de qualidade do solo, estando associado à disponibilidade de nutrientes e consequentemente produtividade das culturas (Veloso, 1992). Os valores de pH encontrados diferiram estatisticamente em profundidade (Quadro 4). Indicou acidez mediana na camada superficial e elevada na camada subsuperficial (Alvarez, 1999). Conforme Tomé Junior (1997) essa situação é coerente, podendo-se esperar que o valor do pH, diminua em profundidade. A diminuição do pH implicou no aumento da saturação por alumínio e na diminuição da saturação por bases, mas manteve-se inferior a 50%, indicando que a acidez potencial é determinada principalmente pelo hidrogênio.

Quadro 4. Indicadores de qualidade para um Latossolo Amarelo coeso em duas profundidades sob sistemas tradicionais de uso e manejo com a cultura da mandioca

INDICADORES ¹	Profundidade	
	0,0 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
Função crescimento radicular em profundidade		
*RP _{100 KPa} (MP _a)	1,77	2,65
MP (m ³ m ⁻³)	0,12a	0,12a
Ds (kg dm ⁻³)	1,66a	1,64a
m (%)	11,16a	47,35b
Função condução e armazenamento de água		
Ko (cm h ⁻¹)	2,35a	2,31a
MP (m ³ m ⁻³)	0,12a	0,12a
UV _{33KPa} /PT	0,55a	0,54a
AD/PT	0,19a	0,19a
Função suprimento de nutrientes		
pH em água	5,74b	4,68a
CTC (cmol _c dm ³)	4,24a	3,77a
V (%)	50,40b	23,80a
MO (g kg ⁻¹)	5,23b	3,55a

1. RP_{100KPa} Resistência do solo a penetração a 100 kPa de umidade do solo; MP = Macroporosidade do solo; Ds = Densidade do solo; m % = Saturação por alumínio; K_o = Condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33KPa}/PT = Relação umidade volumétrica retida a 33 KPa/ Porosidade total; AD/PT = Relação água disponível/ Porosidade total do solo; CTC = Capacidade de troca de cátions; V % = Saturação por bases e MO = Matéria Orgânica do solo. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

* Dados sem comparação estatística

Outro indicativo das condições gerais da fertilidade deste solo nesta condição de uso e manejo é a saturação por bases (V %) (Quadro 4), cujos valores diferiram estatisticamente entre as profundidades constatando-se caráter distinto entre elas,

uma vez que apresentou caráter eutrófico na camada de 0,0 - 0,2 m e distrófico na camada de 0,20 - 0,40 m, indicando assim que a camada superficial apresenta fertilidade superior, ocorrendo o inverso com relação à saturação por alumínio (m%).

O conjunto dos indicadores químicos (Quadro 4) mostra que nesta área a fertilidade está concentrada na camada 0,0 - 0,20 m do solo, uma vez que atributos importantes como MO, CTC, pH e V% encontram-se com teores mais elevados na mesma.

Função Crescimento Radicular em Profundidade (CRP)

Com relação aos indicadores avaliados para representar a função CRP (Quadro 5) observar-se que esses indicadores contribuíram para melhorar o índice global de qualidade do solo. Porém, vale ressaltar, que essa contribuição limitou-se à camada superficial do solo, uma vez que a resistência à penetração e a saturação por alumínio são dois indicadores com funções do tipo “menos é melhor” e, como seus valores medidos nessa profundidade ficaram abaixo dos limites críticos estabelecidos (Quadro 1), realmente contribuíram para melhorar o IQS, conforme também verificou Souza (2005). Pode-se observar que o valor dessa função na camada superficial foi mais de 2,5 vezes maior que aquele determinado para a camada subsuperficial do solo (Quadro 5). Assim, pode-se inferir que as práticas de adubações aplicadas pelo agricultor favorecem esses indicadores químicos, mas limita-se a camada superficial comprometendo a penetração das raízes tuberosas em profundidade.

A participação efetiva de cada indicador na composição da função CRP foi à seguinte: MP = 49%; m% = 27%; RP = 21% e Ds = 3% (Figura 2b). A densidade do solo foi o indicador que menos contribuiu para o índice desta função. Isto é consequência dos valores limitantes apresentados pela Ds em ambas as profundidades.

Função Condução e Armazenamento de Água (CAA)

A função CAA, foi a que contribuiu de forma mais regular para o índice final de qualidade, uma vez que apresentou valor acima de 0,5 em ambas as profundidades (Quadro 5). Vale salientar que dentre os indicadores desta função, o

que mais contribuiu para sua composição foi à relação AD/PT com 46,74%, o que é considerado bom, tendo em vista a importância da disponibilidade de água para o rendimento da mandioca. Neste caso vale destacar que os valores da K_0 , foram muito limitantes e determinaram uma baixíssima contribuição desse indicador para formação do índice da função condução e armazenamento de água, notadamente na camada 0,20 – 0,40 m.

Função Suprimento de Nutrientes (SN)

A função SN foi a que menos contribuiu para o índice final de qualidade do solo nesta condição de uso, participando com 11% (Figura 2d). Os valores desta função (Quadro 5), sempre abaixo de 0,5, indicam sérias limitações à produção agrícola pela deficiente capacidade do solo em disponibilizar nutrientes. A saturação por bases, por exemplo, foi inferior a 50% na camada 0,2 – 0,4 m, indicando que o solo sob sistema tradicional de uso com mandioca, apresenta caráter distrófico e limitações quanto à retenção e oferta de nutrientes. Situação semelhante em relação a esses valores de V % para solos coesos também foram verificados em cultivos de banana, manga, eucalipto, pastagens e mata natural (Borges & Kiehl, 1997; Matias, 2003; Souza, 2005; Melo Filho, 2007). Outro indicador de suma importância nesta função é a MO, porém a mesma contribuiu com menos de 1%, para a formação do índice da SN, fato esse que refletiu de forma direta na reduzida participação dessa função na composição do IQS final.

Quadro 5. Índice de qualidade para um Latossolo Amarelo Coeso, em duas profundidades, sob sistemas tradicionais de uso e manejo cultivado com mandioca

Prof (m)	FCRP	FCAA	FSN	IQS
0,00 – 0,20	0,86	0,68	0,42	0,70
0,20 – 0,40	0,33	0,58	0,21	0,40

FCRP = Função Crescimento Radicular em Profundidade, FCAA = Função Condução e Armazenamento de Água, SN = Função Suprimento de Nutrientes e IQS = Índice de qualidade do solo.

Índice de Qualidade do Solo (IQS)

No método de Karlen & Stott (2004) cabe ao pesquisador estabelecer a participação considerada ideal para cada função na formação do índice final. Esta decisão é tomada a partir de resultados de pesquisa e/ou banco de dados que possibilitem estabelecer o grau de importância dos indicadores e das funções para a produção da cultura em avaliação. Para este estudo considerou-se a seguinte composição: CRP = 40%; CAA = 40% e SN = 20%. Observou-se que apenas a função CRP teve participação efetiva conforme esperado na formação do índice, enquanto que a CAA ficou acima do desejado e a SN muito abaixo da contribuição considerada ideal (Figura 2a), reforçando o caráter limitante da mesma para a produção da mandioca. Outro aspecto importante é que os índices relativos das funções foram bem diferenciados entre as profundidades, reforçando a idéia de Silveira (2007) sobre a necessidade de se avaliar o solo em no mínimo duas profundidades para obtenção de um IQS médio representativo quando se realiza este tipo de avaliação em sistemas agrícolas. Os resultados também mostram que o IQS foi regular na profundidade 0 – 0,20 m e ruim em 0,20 - 0,40 m (Souza, 2005), ou seja, com limitações em profundidade.

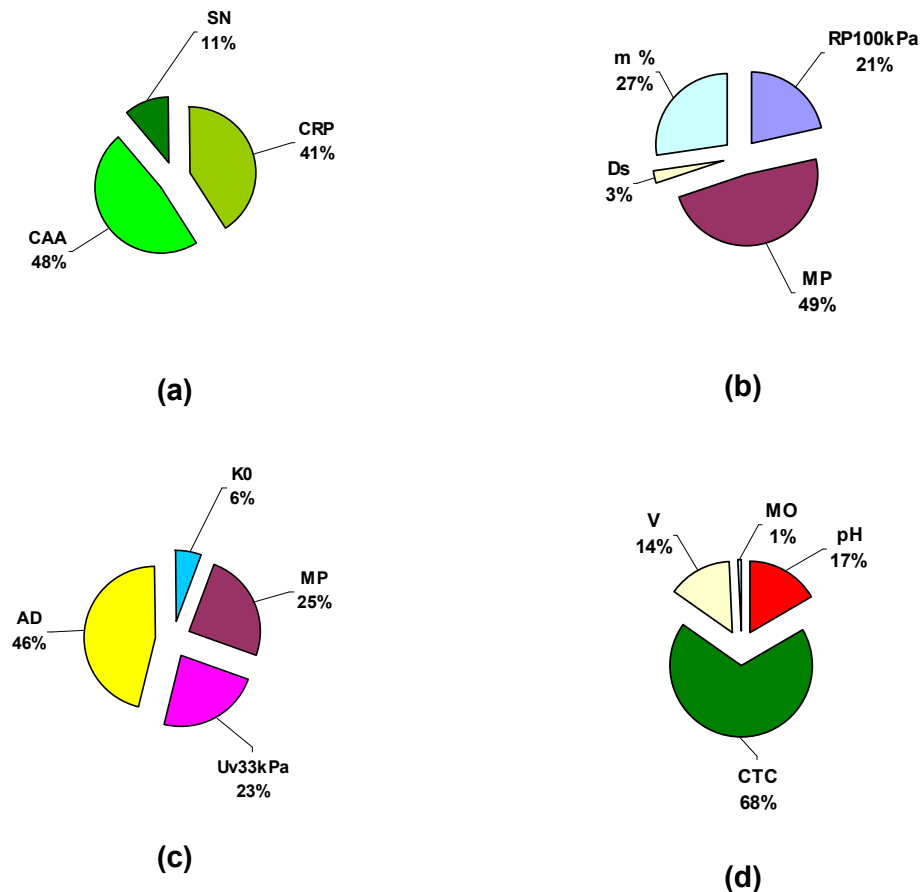


Figura 2. Participação relativa das funções principais e indicadores de qualidade na composição do Índice de qualidade para a camada superficial do solo (0 – 0,4 m) sob sistema tradicional de uso e manejo com mandioca: IQS; b) função CRP; c) função CAA; e d) função SN.

CONCLUSÃO

O sistema tradicional de manejo do solo para mandioca altera os indicadores e o índice de qualidade do solo em profundidade, concentrando seus efeitos positivos na superfície do solo. Verificou-se também que existem limitações à produção da cultura quanto ao suprimento de nutrientes até 0,4 m e que as raízes encontram restrições ao crescimento em profundidade.

LITERATURA CITADA

- 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.; ALVARES V., V.H, eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M. & OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:857-865, 2000.
- AZZINI, A.; GONDIM. T.; ARAUJO, R. M.; COSTA, A. A. & VALLE. T. L. Caracterização tecnológica de caules de quatro variedades de mandioca como fonte de fibras celulósicas para papel. *Bragantia*, 55:293-297, 1996.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C. & PERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 167-177, 2001.
- BORGES, A. L. & KIEHL, J C. Cultivo de fruteiras perenes e de mandioca sobre as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:341-345, 1997.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil & Tillage Research*, 43:205-217, 1977.
- CARDOSO, C.E.L. Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil. 2003. 188f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

- CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A. & COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:137–147, 2006.
- CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G. & SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo Aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:431-437, 2004.
- CINTRA, F.L.D.; COELHO, Y.S.; CUNHA SOBRINHO, A.P. & PASSOS, O.S. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja "Baianinha". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18:173-179, 1983.
- CONCEIÇÃO, A. J. da. *A mandioca*. São Paulo: Nobel, 1981. 382 p.
- CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERE, F.; FREITAS, P.L. de & AGUIAR, A. de C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Ciência Rural*, 31:27-36, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Valor da produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> - acesso em: fevereiro/2008. .

KARLEN, D. L. & STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical 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.53-57. (Special publication, 35).

KAYOMBO, B., LAL, R. Tillage systems and soil compaction in Africa. *Soil & Tillage Research*, 27:35-72, 1993.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica "Ceres", 1979. 262p.

KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B. & TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. *Soil & Tillage Research*, 26:163-178, 1993.

LEPSCH, I.F. Manual de levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. ed. Piracicaba, O autor. 2000, 509p.

LIBARDI, P. L. & MELO FILHO, J. F. de. Influência dos horizontes coesos na dinâmica da água no solo. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. Coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.193-208, 2001.

LORENZI, J. O. & DIAS, C. A. C. Cultura da mandioca. Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. 41p. (Boletim Técnico, 211).

MATIAS, M. I. A. S. Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Cruz das Almas, 2003.

- MELO FILHO, J. F. de; SOUZA, A. L. V. & SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1599-1608, 2007
- MELO FILHO, J. F. de; DEMATTÊ, J. A. M.; LIBARDI, P. L. & PORTELA, J. C. Comportamento espectral de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico em função de seu uso e manejo. *Magistra*, 16:105-112, 2004.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S. & CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:291-299, 2003.
- PEREIRA, L. T. P. & BELEIA, A. del P. Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24:59-63, 2004.
- RAIJ, B. V. & QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31 p.
- REZENDE, J.O. de. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000.117p.
- REZENDE, J. O. Compactação e adensamento do solo: metodologias para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Palestras. Rio de Janeiro, SBCS/EMBRAPA, 1997. CD-ROM.
- SEI - SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA.
Disponível em:
http://www.sei.ba.gov.br/side/frame_tabela.wsp?tmp.volta=sg46&tmp.tabela=t1
06 - Acesso em: 03/03/2008

- SILVEIRA, E. C.P. Qualidade do solo em dois sistemas de uso e manejo no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2007.
- RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. da G. B. de F. & SAMPAIO, F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras - MG. *Ciência Agrotécnica*, 31:1167-1175. 2007.
- ROSOLEM, C.A.; SCHIOCHET, M.A.; SOUSA, L.S. & WITACKER, J.P.T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. *Soil Scientia. Plant. Anal.*, 29:169-177, 1998.
- SANCHES, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, J. Willey. 1976. 618p.
- STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf. *Revista STAB: açúcar, álcool e subprodutos*, Piracicaba, 1:3-11, 1983.
- SOUZA, A. L. V. Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.
- SOUZA, L. S.; SOUZA, L.D. & SOUZA, L.F. da S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. Palestras... Ribeirão Preto /SP: Agromidia, 2003. CD-ROM.

SOUZA, L.S.; BORGES, A.L.; CINTRA, F.L.D.; SOUZA, L.D. & MELLO IVO, W. M.P. Perspectivas de uso dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: ARAÚJO, Q.R.A., org. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus, Editus, 2002. p.521-580.

SOUZA, L. S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS. Cruz das Almas. 1996, Anais. Cruz das Almas, EAUFBA/GVFBA, EMBRAPA/CNPMPF, 1996, p. 36 – 75.

SOUZA, C. M. Efeito do uso contínuo de grade pesada sobre algumas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, fase cerrado, e sobre o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes pela cultura de soja. 1988. 105f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 1988.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:533-542, 2004.

TAKAHASHI, M. & GONÇALO, S. A cultura da mandioca. Paranaíba: Olímpica, 2005. 116 p.

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

TORMENA, C.A. et al. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 8:65-71, 2004.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. & SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:301-309, 1998.

VELOSO, C. A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S. & VEIGA, I. A. de J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. *Scientia Agrícola*, 49:123-128.1992.

CAPÍTULO 2

ÍNDICE DE QUALIDADE PARA UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM CITROS EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO

Artigo ajustado para submissão ao comitê Editorial do periódico científico: Revista Brasileira de
Ciência do Solo

ÍNDICE DE QUALIDADE EM UM LATOSSOLO AMARELO COESO CULTIVADO COM CITROS EM SISTEMA TRADICIONAL DE USO E MANEJO

Resumo: O Brasil é o maior produtor mundial de citros e exportador de suco concentrado de laranja. Na região Nordeste a citricultura tem grande importância social, onde é cultivada predominantemente por produtores com áreas menores do que 10 ha. Na Bahia a citricultura é explorada sobre diversas condições tecnológicas e especialmente nos Tabuleiros Costeiros os pomares têm baixa longevidade e produtividade em função das sérias limitações dos solos coesos à produção agrícola. Este trabalho tem como objetivo determinar a qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso cultivado com citros em sistema tradicional no ambiente dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. O estudo foi realizado na região do Recôncavo baiano no período de 2006/2007, tradicionalmente cultivada com laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* L. Osb.). Para determinação do índice de qualidade do solo utilizou-se o método proposto por Karlen & Stott (1994) e amostras foram coletadas em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. Os resultados indicam que sob condições de cultivo tradicional o citros encontra limitações químicas e físicas ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade sendo o índice de qualidade do solo médio, com sérias limitações determinadas pela RP_{100kPa} , permeabilidade e matéria orgânica. Pode-se inferir também que o solo apresenta dificuldade para prover o fornecimento e a disponibilidade de água para as plantas cítricas durante os longos períodos sem recarga, o que demanda a necessidade de utilização de práticas agrícolas que possam minimizar essa limitação, a exemplo das plantas de cobertura, produção e incorporação de resíduos orgânicos e subsolagem.

Palavras-chaves: Tabuleiros Costeiros, qualidade do solo, laranja.

QUALITY INDEX TO COHESIVE YELLOW LATOSOL WITH CITRUS UNDER CONVENTIONAL TILLAGE SYSTEMS.

Author: Lícia Lemos de Carvalho

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: Brazil is the greatest producer of citrus and exporter of concentrated orange juice in the world. In Northeast, the citriculture has a large social importance to farming family, which is predominantly, cultivate for small farmers. In Bahia the citriculture has been exploited under several technology conditions and especially in the Coastal table lands soil, the orchards have low longevity and productivity based on the cohesive soils limitations for rural production. The purpose of this paper was characterize the quality of the cohesive yellow latosol with citrus crop in a conventional tillage system of the Coastal Table Lands in Bahia. The study was developed in Recôncavo Baiano region, Brazil, from 2006 through 2007, where the orchards are usually cultivated with “Pera” sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osb.) grafted on 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* L. Osb.). It was used the soil quality index model proposed by Karlen & Stott (1994) and the soil samples were collected in depths of 0,00 - 0,20 and 0,20 - 0,40 m. The results showed that under conventional tillage systems the citrus finds chemical and physical limitations to the root growth in depth, presenting a medium soil quality index, with limitations in RP_{100kPa} , permeability and organic matter. The soil presents difficulties to maintain water supply and availability to citrus crops during the long period of water shortage, what demand the use of agricultural practices with the purpose to minimize these problems, such as the use of cover crop, production and addition of organic material to soil and subsoiling.

Key words: Coastal table lands soil, soil quality, orange.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de citros e exportador de suco concentrado de laranja. No país são plantados próximos de um milhão de hectares com citros nos quais são produzidos 18 milhões de toneladas de frutas (IBGE, 2006) e gerados 1,5 bilhões de dólares anuais só com a exportação. A região Sudeste é a maior produtora do país, e somente no Estado de São Paulo essa atividade gera mais de 500 mil empregos diretos e indiretos.

Na região Nordeste a citricultura também tem grande importância social. Nesta região é cultivada predominantemente por produtores com áreas menores do que 10 ha. Na Bahia e Sergipe, segundo e terceiro produtores nacionais, a cultura do citros ocupa uma área de 108.319 hectares, representando 11% da área cultivada com a cultura no Brasil (IBGE, 2006; Souza et al., 2004). Nestes Estados a citricultura é explorada sobre diversas condições tecnológicas, desde as mais avançadas, com índices elevados de produtividade, até as mais tradicionais, em maior número, apenas para subsistência e com baixos índices de produtividade (Souza et al., 2006).

Os pomares instalados sobre solos dos Tabuleiros Costeiros têm pouco tempo de vida produtiva. Normalmente apresentam baixa produtividade de frutos e não respondem às práticas usuais de adubação e controle fitossanitário (Rezende, 2002). Segundo Cintra & Libardi (1998) tal situação decorre do estabelecimento da cultura com base na pressuposição da existência de solos com profundidade efetiva elevada, bem drenados e com características físicas favoráveis ao seu desenvolvimento. Em realidade os solos dos tabuleiros apresentam baixa qualidade e sérias limitações tanto químicas quanto físicas à produção agrícola (Souza, 1996; Carvalho et al., 1999; Cintra et al., 1999; Cintra et al., 2000; Rezende, 2000; Libardi & Melo Filho, 2001; Jacomine, 1996). Para Rezende (2000) os sistemas de preparo do solo com arado e grade que são utilizados para a implantação dos pomares, por serem inadequados para solucionar as limitações específicas desses solos, também contribuem para agravar o problema. Além disso, o sistema de cultivo predominante, com o uso de roçadeiras no inverno e grade no verão ou mesmo grade durante todo ano, contribui significativamente para acentuar as limitações físicas dos solos coesos (Portela et al., 2001). Portanto, este trabalho tem como objetivo determinar o

IQS um Latossolo Amarelo Coeso cultivado com citros em sistema tradicional no ambiente dos Tabuleiros Costeiros da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

O estudo foi realizado na região do Recôncavo baiano no período de 2006/2007, em um agroecossistema de cultivo de citros instalado na Fazenda Oliveira, no município de Cruz das Almas - BA, cujas coordenadas geográficas são: 12° 40' 12" S, 39° 06' 07" W, em uma altitude de 220 m, temperatura média anual de 24,5 °C, clima tropical subúmido a seco, pluviosidade média de 1.224 mm por ano, com variações entre 900 e 1.200 mm, sendo os meses mais chuvosos, de março a agosto, e os mais secos, de setembro a fevereiro (SEI, 2008).

A área é cultivada com laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* L. Osb.) com espaçamento 5 x 3 m totalizando uma área produtiva de mais ou menos 6,5 ha e 18 anos de implantado. O agricultor realiza adubação na projeção da copa, com formulação comercial do tipo 10-10-20, conforme análise de solo feita a cada três anos. O pomar recebeu aração na época do plantio e atualmente são feitas cinco gradagens anuais para tratos culturais. Durante a colheita também ocorre trânsito de máquinas para o transporte dos frutos.

Solo e coleta das amostras

O solo da área é um Latossolo Amarelo Coeso (Embrapa, 1999), cujas características texturais estão indicadas no quadro 1. As amostras foram coletadas, conforme Souza (2005), em um transecto de 48 m, com pontos de coleta espaçados de 12 em 12 m, totalizando 5 pontos de amostragem. Em cada ponto foram coletadas, amostras, deformadas e indeformadas, em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. A coleta das amostras indeformadas foi feita com extrator de solo tipo Uhland (Bravifer) e as deformadas com trado pedológico, tipo sonda.

Quadro 1. Funções principais e indicadores físicos e químicos utilizados para avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso sob sistemas tradicionais de uso e manejo

Funções Principais	Ponderadores das funções	Indicadores de qualidade (*)	Ponderadores dos indicadores		Limites Críticos		Referências dos Limites Críticos
			Indicadores	Inferior	Superior		
Crescimento radicular em profundidade (FCRP)	0,40	RP _{100 kPa} (MPa)	0,40	2,00			Taylor et. al. (1966)
		MP (m ³ m ⁻³)	0,30	0,10	0,30		Carter (2002)
		DS (kg dm ⁻³ m (%))	0,10	1,59			Souza et al. (2003)
			0,20	50			Lepsch (1983)
Condução e Armazenamento de água (FCAA)	0,40	K _o (cm h ⁻¹)	0,20	2,00	20		Lepsch (1983)
		MP (m ³ m ⁻³)	0,20	0,10	0,30		Carter (2002)
		UV _{33kPa} /PT	0,30	0,55			Souza et al. (2003)
		AD/PT	0,30	0,125			Souza et al. (2003)
Suprimento de Nutriente		pH em água	0,10	5,0	6,5		Alvarez et al. (1999)
		CTC (cmol _c dm ⁻³)	0,40	4,0			Lepsch (1983)
(FSN)	0,20	V (%)	0,20	50			Lepsch (1983)
		MO (g kg ⁻¹)	0,30	15			C.E.F Solo (1989)

(*)RP_{100kPa} = resistência à penetração a 100kPa de tensão na umidade do solo; MP = macroporosidade do solo; Ds = densidade do solo; m% = saturação por alumínio; K_o = condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33kPa}/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; AD/PT = relação água disponível/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por base e MO = matéria orgânica. Fonte: Souza et. al. (2003).

Indicadores de qualidade

Foram avaliados os seguintes indicadores de qualidade do solo e seus respectivos métodos: porosidade total, macro e micro e densidade do solo (Embrapa, 1997); retenção de água em câmaras de pressão de Richards (Kiehl, 1979); condutividade hidráulica no solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente (Libardi, 2000); pH, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio (Embrapa, 1997); e matéria orgânica (Walkley & Black, 1937), descrito em Raij & Quaggio (1983).

Para a resistência à penetração utilizou-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, seguindo metodologia proposta por Stolf et al. (1983). Os dados experimentais de resistência à penetração foram obtidos em Kgf cm^{-2} e depois multiplicados pela constante 0,098 para transformação em MPa (Beutler et al., 2001). Objetivando padronizar as medidas de resistência a penetração para uma mesma unidade, neste caso retida na tensão de 100 kPa, medidas de resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica (Ug) foram coletadas durante 6 meses, abrangendo desde a época mais úmida até a mais seca, de maneira a obterem-se medidas para diversas umidades no solo. Os pares de dados foram plotados em um gráfico de RP x Ug e equações de regressão foram ajustadas conforme Busscher et al. (1977) sendo possível obter-se o valor da RP para 100 kPa.

Para o cálculo do índice de qualidade do solo, utilizou-se a metodologia proposta por Karlen & Stott (1994), conforme descrito em Melo Filho et al., (2007) e os resultados foram enquadrados de acordo com a classificação proposta por Souza (2005), onde $\text{IQS} \leq 0,5$ = ruim; $0,5 < \text{IQS} \leq 0,7$ = regular; $0,7 < \text{IQS} \leq 1,0$ = boa.

Os valores dos indicadores de qualidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As profundidades estudadas apresentaram textura predominantemente arenosa com leve redução da areia e incremento de argila em profundidade (Quadro 2). Considerando os valores médios das duas profundidades avaliadas (Quadro 3) observa-se que o solo apresenta acidez média à moderada, caráter eutrófico e baixa

saturação por alumínio. A CTC e a matéria orgânica são baixos, o que indica elevado potencial de perdas de nutrientes por lixiviação.

A densidade apresenta valor próximo do limite crítico de $1,59 \text{ kg dm}^{-3}$ e estabelecidos para esses indicadores (Souza et al., 2003; Alvarez, 2002) (Quadro 1). Porém, a resistência do solo a penetração ($RP_{100\text{kPa}}$) apresentou-se limitante, pois os valores estão muito acima do limite crítico de 2,0 MPa estabelecido para este indicador (Taylor et. al., 1966) (Quadro 1). Na profundidade mais superficial, 0 – 0,2 m, o valor da $RP_{100\text{kPa}}$ foi muito alta (Arshad et al., 1996) de 5,4 MPa, quase três vezes maior que limite crítico e mais do dobro daquela verificada na profundidade 0,2 – 0,4 m, (Quadro 3), cujo valor indica a classe alta de resistência à penetração (Beutter et al., 2001). Essa realidade decorre do trânsito de máquinas e implementos durante as sete operações anuais para tratos culturais e colheita (Quadro 2).

Quadro 2. Composição granulométrica para duas profundidades de um Latossolo Amarelo Coeso em sistema tradicional de uso e manejo com mandioca no Recôncavo da Bahia

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
m	g kg ⁻¹			
0,00-0,20	709,6	75,0	215,4	Franco argilo arenoso
0,20-0,40	632,0	77,6	290,4	Franco argilo arenoso

A curva de resistência à penetração para as duas profundidades avaliadas está na Figura 1. Os resultados mostram que a relação da resistência à penetração com a umidade manifesta-se de maneira similar entre as profundidades, no entanto, há de se destacar que mesmo para umidades mais elevadas o solo apresenta valores de RP acima de 2,0 MPa e que muito rapidamente esse valores podem alcançar até 23 MPa como verificado na camada 0 – 0,20 m. Considerando a influência desse indicador para o crescimento e alongação das raízes das plantas, pode-se supor às sérias limitações físicas, que as raízes do citros encontram para o seu crescimento em profundidade nesta área de produção. Admite-se que tal

situação tem sido a realidade para essa cultura nos Tabuleiros do Recôncavo tendo em vista os resultados semelhantes encontrados por Dias (2006) e apresentados por Rezende (2000) e Rezende et al. (2002). Esses resultados estão de acordo com as conclusões de Beutler et al. (2001) e Cavalieri et al. (2006) os quais concluíram ser a curva de resistência à penetração uma das principais alterações determinadas pelos sistemas de uso e manejo do solo.

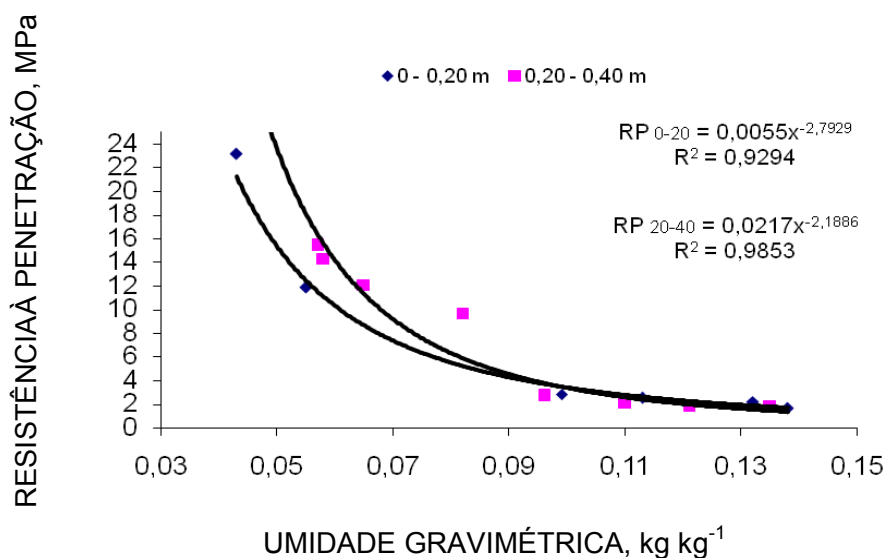


Figura 1. Curva de resistência à penetração para um Latossolo Amarelo Coeso sob cultivo com citros em sistema tradicional de uso e manejo.

Quadro 3. Indicadores de qualidade para um Latossolo Amarelo Coeso em duas profundidades sob sistema tradicional de uso e manejo com citros no Recôncavo da Bahia

Prof.	FSN				FCRP				FCAA			
	pH	CTC	V	MO	m	Ds	*RP _{100kPa}	MP	UV _{33kPa/PT}	AD/PT	K ₀	MP
m	-	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	g cm ⁻³	MPa	m ³ m ⁻³	-	-	cm h ⁻¹	m ³ m ⁻³
0,00 - 0,20	6,1b	5,4b	76,2b	6,7a	0,95a	1,51a	5,42	0,16a	0,39a	0,15a	10,83a	0,16a
0,20 - 0,40	5,4a	4,1a	52,4a	5,1a	8,5a	1,53a	2,39	0,11a	0,62b	0,21b	2,29a	0,11 ^a

FSN = Função Suprimento de Nutrientes, FCRP = Função Crescimento Radicular em Profundidade, FCAA = Função Condução e Armazenamento de Água. RP_{100kPa} = resistência à penetração a 100kPa de tensão na umidade do solo; MP = macroporosidade do solo; Ds = densidade do solo; m% = saturação por alumínio; K₀ = condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33kPa/PT} = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; AD/PT = relação água disponível/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por base e MO = matéria orgânica. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *Dados sem comparação estatística.

O espaço poroso do solo, determinado pela sua distribuição por tamanho, forma e continuidade, influencia no movimento e distribuição de água, gases e crescimento do sistema radicular das plantas (Kiehl, 1979). Integra, portanto, uma série das funções do solo para a produção agrícola, com forte influência na produtividade das culturas. Para o citros, muito embora existam controvérsias, normalmente as práticas mecânicas utilizadas para o manejo e tratos culturais, além do trânsito de máquinas durante a colheita provocam modificações em vários atributos físicos do solo (Fildasli & Tormena, 2007; Carvalho et al. 2002; Cintra, 1983).

Quadro 4. Distribuição da porosidade para um Latossolo Amarelo Coeso sob sistema tradicional de uso e manejo com citros no Recôncavo da Bahia

Prof.	PT	MP	MI	AD
m	%			
0,0-0,20	36,46	16,52	19,93	5,54
0,20-0,40	32,48	11,34	21,13	6,91

PT = porosidade total; MP = macroporosidade; MI = microporosidade; AD = água disponível.

Os valores de macroporosidade, encontrados (Quadro 3) estão adequados, facilita o fluxo de gases e a aeração do solo não se constituindo em limitação ao crescimento radicular e a distribuição de água no perfil (Reynolds et al., 2002; Silva, 2005). Em média nas duas profundidades, a porosidade total apresenta-se abaixo do limite inferior considerado por Kiehl (1979) para solos com textura semelhante ao deste estudo. Outra característica deste atributo está relacionada com a distribuição de poros por tamanho. Na profundidade 0,20 – 0,40 m apesar da baixa porosidade total a distribuição atende a relação considerada ideal (Kiehl, 1979), no entanto para a profundidade 0,0 – 0,20 m essa relação está completamente fora do padrão estabelecido por Kiehl (1979), tendo em vista que os percentuais de macro e micro poros praticamente se equivalem. Os valores relativos à porosidade refletem a densidade do solo (Quadro 4), que por sua vez apresenta valores ainda não totalmente influenciados pelo trânsito das máquinas, mas não explicam os valores encontrados para K_0 (Quadro 4), cuja classe de permeabilidade foi lenta na

profundidade 0 – 0,20 m, passando para muito lenta em 0,20 – 0,40 m (Beutter, 2001).

Os outros indicadores relativos ao armazenamento de água, (UV_{33kPa}/PT) e (AD/PT) também estão relacionados com a aeração do solo e os resultados mostram diferenças significativas entre as profundidades. O valor da relação UV_{33kPa}/PT foi inferior ao limite crítico estabelecido para este indicador e, portanto, limitante para a profundidade 0 – 0,20 m, enquanto que na profundidade 0,20 – 0,40 observou-se o contrário (Quadro 3).

A condutividade hidráulica (K_0) foi bem diferente entre as profundidades (Quadro 3), porém restritiva ao movimento de água em ambas. Apresentou-se na classe lenta na profundidade 0 - 0,20 m, passando a muito lenta em 0,20 - 0,40 m. Importante ressaltar que a condutividade hidráulica foi dentre os indicadores da função condução e armazenamento de água o único que se apresentou com valores muito restritivos, o que contribuiu para o baixo valor do IQS dessa função. Tendo em vista seu efeito na redistribuição e importância para o armazenamento de água, esse resultado indica a dificuldade do solo prover o fornecimento e a disponibilidade de água para as plantas cítricas durante os longos períodos sem recarga, o que demanda a utilização de práticas agrícolas que possam melhorar essa característica da área, a exemplo das plantas de cobertura, leguminosas ou gramíneas, escarificação, produção e incorporação de resíduos orgânicos ou mesmo subsolagem nas ruas. Certamente essas práticas resultariam em melhorias nos teores de matéria orgânica, permeabilidade e redução da resistência à penetração, principais indicadores limitantes desta área. Outro aspecto importante em relação às limitações do solo nesta situação de uso e manejo refere-se ao efeito da condutividade hidráulica do solo na resistência à penetração. Considerando o comportamento exposto na figura 1 e a dificuldade do solo em conduzir água, pode-se afirmar que na maior parte do ano as plantas cítricas desta área não conseguem realizar o alongamento do sistema radicular, os quais devem ter distribuição superficial potencializando os efeitos da constante deficiência hídrica associada à distribuição atual das chuvas no Recôncavo da Bahia.

Os resultados para o índice global de qualidade (IQS) mostram que os valores das duas profundidades foram próximos (Quadro 5), pouco acima de 0,5 e estão classificados como regular (Souza, 2005). São resultados semelhantes aos

encontrados por Dias (2006), quando avaliou o sistema tradicional de uso e manejo do solo para a cultura do citros no ambiente dos Tabuleiros Costeiros.

Quadro 5. Índice de qualidade para um Latossolo Amarelo Coeso sob sistema tradicional de uso e manejo com citros no Recôncavo da Bahia

Prof (m)	FCRP	FCAA	FSN	IQS
0,00 – 0,20	0, 502	0, 494	0, 660	0, 542
0,20 – 0,40	0, 434	0, 648	0, 412	0, 514

FCRP = Função Crescimento Radicular em Profundidade, FCAA = Função Condução e Armazenamento de Água, SN = Função Suprimento de Nutrientes e IQS = Índice de qualidade do solo.

Na profundidade 0,0 - 0,2 m (Quadro 5) a melhor função foi a suprimentos de nutrientes (SN), cujo valor foi muito próximo do limite superior da classe média regular estabelecida por Souza (2005). Nesse caso todos os indicadores apresentaram-se em condições favoráveis, a exceção da matéria orgânica cujos valores foram muito baixos e limitantes. Esse mesmo efeito sobre a matéria orgânica para o manejo do solo em citros baseado no uso de grade ou capinas nas entrelinhas para controle de plantas infestantes foi constatado por Cintra et. al. (1983) e confirmado por estudos mais recentes de Neves et al. (2005) quando comparou cultivo de citros com mata nativa em relação ao estoque de carbono orgânico. Nesta mesma linha Auler et al. (2008) concluíram que a utilização das plantas de cobertura resulta em significativas melhorias nos indicadores químicos de qualidade do solo cultivado com citros, especialmente em relação aos teores de carbono orgânico, pH, V% e CTC.

Na profundidade 0,20 – 0,40 m as funções CRP e SN foram limitantes, refletindo os elevados valores da RP_{100KPa} e os teores baixos da matéria orgânica (Quadro 5).

CONCLUSÃO

O Latossolo Amarelo Coeso apresentou sob condições de uso e manejo tradicionais limitações químicas e físicas ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, com sérias limitações determinadas pela RP_{100kPa} , permeabilidade e matéria orgânica. Pode-se inferir também que o solo apresenta índice de qualidade regular (0,52) dificuldade para prover o fornecimento e a disponibilidade de água para as plantas cítricas durante os longos períodos sem recarga, o que demanda a necessidade de utilização de práticas agrícolas que possam minimizar essa limitação.

LITERATURA CITADA

- 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.; ALVARES V., V.H, eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- AULER, P.A.M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M.A. & NEVES, C.S.V.J. Produção de laranja “pera” em sistemas de preparo de solo e manejo nas entrelinhas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:363-374, 2008.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J. eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America. 1996. p.123 -141 (SSA Special publication 49)
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C. & PERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:167-177, 2001.

- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil Till. Res.*, 43:205-217, 1977.
- CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L. da S.; JORGE, L.A. de C.; RAMOS, W.F.; NETO, A. de O.C.; ARAUJO, A.M. de A.; LOPES, L.C. & JESUS, M.S. de. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja 'Pêra'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21:140 -145, 1999.
- CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, P.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M. & SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja -'Pêra'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24:82-85, 2002.
- CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA, C. A.; FIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C. de A. & COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:137-147, 2006.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para portaenxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4:3-28, 2000.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & JORGE, L.A.C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistemas de Tabuleiro Costeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21:313-317, 1999
- CINTRA, F.L.D. & LIBARDI, P.L. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do Tabuleiro Costeiro. *Scientia Agrícola*, 55:367-378, 1998.

CINTRA, F.L.D.; COELHO, Y.S.; CUNHA, SOBRINHO, A.P. & PASSOS, O.S. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja Baianinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:173-179, 1983.

DIAS, R.C. dos S. Qualidade do solo e desenvolvimento radicular de citros em Latossolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo. 2006. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Valor da produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> - acesso em: março/2007.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1, Cruz das Almas, 1996. Anais. Aracaju, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.13-26.

KARLEN, D. L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physics and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W, et al. ed. Defining soil quality for a sustainable environment, Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of American, 1994. p. 53-71.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica “Ceres”, 1979. 262p.

- LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. ed. Piracicaba, O autor. 2000, 509 p.
- LIBARDI, P.L. & MELO FILHO, J. F. Influência dos horizontes coesos na dinâmica da água no solo. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS. Aracaju, 2001, Anais. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, p.193-208.
- MELO FILHO, J. F. de; SOUZA, A. L. V. & SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros sob floresta natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1599-1608, 2007
- NEVES, C.S.V.J.; FELLER, C. & LARRÉ-LARROUY, M.C. Matéria orgânica das frações de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. Semina: Ciências Agrárias, 26:17-24, 2005.
- PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L. & VAN LIER, Q. de J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema Tabuleiro Costeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 5: 49-54, 2001.
- RAIJ, B. V. & QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31 p.
- REYNOLDS, W.D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. Geoderma, 110:131-146, 2002.
- REZENDE, J. O; MAGALHÃES, A.F. de J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C. & REZENDE, V.J.R.P. Citricultura nos solos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões. Salvador, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2002. 97p.

REZENDE, J. O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador. SEAGRI- SPA, 2000. 117p. (Série estudos agrícolas, n.1)

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA - SEI.
Disponível em:
http://www.sei.ba.gov.br/side/frame_tabela.wsp?tmp.volta=sg46&tmp.tabela=t106. Acesso em: 03/03/2008

SILVA, M. A. S. da; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A. BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. *Ciência Rural*, 35:544-552, 2005.

SILVEIRA, E.C.P. Qualidade do solo em dois sistemas de uso e manejo no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA., 2007.

SOUZA L.D.; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA. L da S.; LEDO. C. A da S. & SOBRINHO. A.P. da C. Distribuição das raízes dos citros em função da profundidade da cova de plantio em latossolo amarelo dos Tabuleiros Costeiros 2006. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28: 87-91, 2006.

SOUZA, A. L. V. Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.

SOUZA, L. D.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA. L. da S. & LEDO, C. A. da S. Avaliação de plantas cítricas, em diferentes profundidades de plantio, em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26:241-244, 2004.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L.D. & SOUZA, L.F. da S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Ribeirão Preto, 2003. Palestras... Ribeirão Preto /SP: Agromidia, 2003. CD-ROM.

SOUZA, L. da S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. Anais. Aracaju: Embrapa-CPATC/Embrapa-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p.36-75.

STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf. Revista STAB: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, 1:3 – 11, 1983.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER JR., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. Soil Scientia, 102:18-22, 1966.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade das culturas é afetada tanto pelo seu potencial genético como pelas condições físicas, químicas e biológicas do solo. Assim, o estudo sobre qualidade do solo possibilita a identificação de indicadores limitantes para as culturas e a possibilidade de adoção de práticas de manejo que minimizem os efeitos causados por práticas culturais inadequadas. Portanto, na análise do índice de qualidade para o Latossolo Amarelo Coeso cultivado com citros e mandioca há ocorrência de indicadores importantes que se manifestam com sérias limitações refletindo nos baixos índices de produtividade para essa cultura. Para as plantas cítricas, o solo apresenta dificuldades para prover o fornecimento e disponibilidade de água durante os longos períodos sem recarga e na cultura da mandioca, o sistema tradicional de manejo do solo altera os indicadores e o índice de qualidade em profundidade, concentrando seus efeitos positivos na superfície do solo. Os indicadores que contribuíram de forma negativa para a formação do índice de qualidade do solo foram a resistência do solo à penetração, condutividade hidráulica e teor de matéria orgânica. Dessa forma, evidencia-se a importância de práticas agrícolas que objetivem atenuar ou solucionar os problemas causados por manejos e usos do solo de forma indevida e prejudicial a essas culturas.