



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

**QUALIDADE DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, EM
UMA MICROBACIA HIDROGRAFICA DO SEMIÁRIDO BAIANO**

JOSÉ AUGUSTO MONTEIRO DE CASTRO LIMA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JUNHO - 2011

**QUALIDADE DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, EM
UMA MICROBACIA HIDROGRAFICA DO SEMIÁRIDO BAIANO**

JOSÉ AUGUSTO MONTEIRO DE CASTRO LIMA

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 2003

Dissertação submetida ao Colegiado de
Curso do Programa de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia, como requisito parcial para obtenção
do Grau de Mestre em Ciências Agrárias,
área de concentração em Ciência do Solo

ORIENTADOR: PROF. DR. JORGE ANTONIO GONZAGA SANTOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

L732 Lima, José Augusto Monteiro de Castro.

Qualidade de solos aluviais, sob cultivo irrigado, em uma Microbacia Hidrográfica do Semiárido Baiano / José Augusto Monteiro de Castro Lima. Cruz das Almas, Ba, 2011.

67f.: il.

Orientador: Jorge Antonio Gonzaga Santos.

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

1.Solo - Manejo. 2.Solo - Qualidade . I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 631.432

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

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
JOSÉ AUGUSTO MONTEIRO DE CASTRO LIMA**

Prof. Dr. Jorge Antonio Gonzaga Santos
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Emanuelle Mercês Barros Soares
Universidade Federal de Viçosa - UFV

Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em

Conferindo o grau de mestre em Ciências Agrárias em

Ao senhor Hélio de Castro Lima, meu pai.

A senhora Ani d'Almeida Monteiro Lima, minha mãe.

À Isis e Helane Monteiro de Castro Lima, minhas irmãs.

DEDICO

À comunidade acadêmica

Aos agentes de desenvolvimento territorial

E a aqueles que têm nessa microbacia
uma experiência de vida e manejo do recursos naturais

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

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

À Cooperativa de Assistência à Agricultura Familiar Sustentável do Piemonte - COFASPI, pelo apoio dado na fase de pesquisa e estudo.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD, o qual possibilitou o intercâmbio científico com a Universidade Federal de Viçosa

Ao prof. Dr. Jorge Antonio Gonzaga Santos, pelo incentivo, confiança, amizade, dedicação, e orientação durante o curso.

Aos professores Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa e Dra. Emanuelle Mercês Barros Soares, pela atenção, apoio, confiança e pelas contribuições ofertadas a este trabalho e a minha formação acadêmica.

Aos amigos agricultores da Caatinga do Moura, Mizael (Paizito) e ao jovem Amaray, pela valiosa contribuição para a construção e execução deste estudo.

Aos nobres colegas, Erivaldo e Zuleide (Lêda), Adriana e Romoaldo (Lola), Danívio e Daniele, Joctã, Marcela, Cácio, José Renato, Ubiratan, Maria Iraildes, Fúlvio, Nelson, Marcão e Leandro, pelo apoio, carinho, amizade, e compartilhamento do conhecimento científico.

À Ciro, Emílio (Zé Boro), Paulo (Beço), Afrânio, Maurício (Patolino), Ralf, Alide, Adriana Alves, e em especial a Peterson e Fábio (Paraguai), que sempre deram suporte nas atividades de pesquisa.

Aos amigos Robson, Fredson, Roberto, Diomedes, Caio Marcio, Jairo, Maxuel, Edmilson, Caio Mario, Luciano, Laércio, Marcone, Patrick, Aninha, Joelito Junior, Vicente, Candice, Renata, e Ana Paula pela amizade e atenção sempre desprendida.

À minha família Hélio e Ani (pais), Isis e Helane (irmãs), pela educação, amor e apoio incondicional.

À minha namorada Francielle e sua família pelo carinho e apoio dado.

À todas as demais pessoas que se fizeram presentes nessa jornada

À Deus, por sempre estar permitindo que relações e realizações como essas sempre aconteçam em minha vida.

Registro minha gratidão!

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 1

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, DE
UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO BAIANO 7

CAPÍTULO 2

ANÁLISE MULTIVARIADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SOLOS
ALUVIAIS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAATINGA DO MOURA
..... 42

CONSIDERAÇÕES FINAIS 64

APÊNDICE 65

QUALIDADE DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, EM UMA MICROBACIA HIDROGRAFICA DO SEMIÁRIDO BAIANO

Autor: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Orientador: Jorge Antonio Gonzaga Santos

RESUMO: O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a sustentabilidade agrícola e ambiental de solos aluviais sob cultivo irrigado, no Semiárido da Bahia. A área do estudo está localizada na microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, compreendida entre as coordenadas planas 303.572 e 314.081m E, e 8.791.718 e 8.785.184 m S, Jacobina (BA), região nordeste do Brasil. Para a consecução do objetivo geral este trabalho foi estratificado em dois capítulos. O Capítulo I, aborda a influencia das alterações nas frações de carbono e nitrogênio na fertilidade do solo e na concentração de elementos-traço em solos aluviais, sob manejo agrícola irrigado. O sistema de irrigação e a posição do relevo influenciaram na redução da concentração de carbono orgânico nas diferentes frações e na elevação da concentração de cátions trocáveis e de metais pesados nos sistemas cultivados. O índice de manejo do carbono evidenciou perdas significativas de carbono em todos os sistemas agrícolas, sendo mais severo nos sistemas de menor aporte de material orgânico. No Capítulo II, o efeito dos sistemas de manejo na sustentabilidade do solo foi avaliado por meio da construção de um Índice de Qualidade do Solo baseado na Análise de Componente Principal (IQS-ACP). A análise de componentes principais permitiu reduzir o mínimo data set de 31 variáveis em cinco (IL, AREIA, C-MAM, C-MOP/C-MAM e P-disponível), distribuídas em três componentes principais que explicam 75,5% da variação total dos dados; as áreas sob manejo agrícola, apresentaram baixos valores de IQS, sendo o ambiente sob GXve2 o pior IQS-ACP (0,485), seguido do GXve1 (0,594) e GZo (0,671), porém estes dois últimos não diferem do RYn.

Palavras chave: Qualidade do Solo, Índice, Análise de Componentes Principais.

QUALITY OF ALLUVIAL SOILS, UNDER IRRIGATED CULTIVATION, IN A HYDROGRAPHIC MICRO BASIN IN THE SEMI ARID OF BAHIA

Author: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Adviser: Jorge Antonio Gonzaga Santos

SUMMARY: This study evaluated the agricultural and environmental sustainability of agricultural of alluvials soils under irrigated cultivate of the Bahia Semiarid Region. The area of the study is located in the hydrographic micro basin of the River Caatinga do Moura which is located among the coordinates plane 303.572 and 314.081m E, and 8.791.718 and 8.785.184 m S, Jacobina (BA), in the Northeast of Brazil. This study is stratified in two chapters. The first Chapter deals with the influences of the carbon and nitrogen fractions changes in the soil fertility and in the trace element concentrations in alluvial soils, under irrigated agricultural management. The inefficient irrigation system and the position of cultivation area in the relief influenced the reduction of the organic carbon concentration in the different fractions and in the elevation of the concentration of exchangeable cations and heavy metals in the cultivated systems. The Carbon Management Index evidenced significant losses of carbon in all agricultural systems, being more severe in the systems of lower organic residue input. In the second Chapter it was evaluated the effect of the management systems in the sustainability of the soil through the construction of a Soil Quality Index (SQI) based on the Principal Component Analysis (PCA) (SQI-PCA). The PCA analysis allowed to reduce the minimum dates set from 31 variables to five (IL, sand, C-MAM, C-MOP/C-MAM and P-available), distributed in three main components which explained 75,5% of the total data variation; the areas under agricultural management, presented lower SQI values, the worst SQI-PCA (0,485) occurred in the soil under GXve2, followed by GXve1 (0,594) and GZo (0,671), however these two last soils did not differ from the RYn soil.

Key Words: Soil Quality, Index, Principal Component Analysis.

INTRODUÇÃO

A região Semiárida Brasileira, localizado na região Nordeste, ocupa uma extensão territorial de 980.089,26 km². É caracterizada pelo clima semiárido, o qual apresenta irregularidade temporal e espacial das chuvas, com elevada demanda evaporativa. A precipitação média anual é de 800 mm, entretanto em 54% da região a precipitação pluviométrica fica na faixa de 500-750 mm, enquanto que 29% oscilam entre 750-1000 mm, e 17% da região têm médias anuais de 250-500 mm. De forma geral, as chuvas apresentam elevada intensidade, sendo que cerca de 20% da precipitação pluviométrica anual acontecem num único dia, e 60% em apenas um mês (Salcedo & Sampaio, 2008).

O Semiárido Baiano ocupa uma área de 393.056 Km² equivalendo a 69,6% do território do estado da Bahia, e 40% da região Semiárida Brasileira. Nessa região, a caatinga é uma vegetação típica sendo definida em Brasil (1983) como estepe, constituída por um conjunto de árvores e arbustos de porte médio e pequeno, retorcidos, de folhas pequenas e caducas, e em boa parte dotadas de espinhos, sendo a principal característica dessa vegetação, a presença de mecanismo fisiológico que permite elevada tolerância ao estresse hídrico e a elevada resiliência na capacidade de emissão das folhas e ramos tão logo haja precipitação.

A substituição dessa vegetação com adaptações morfológicas e fisiológicas para a convivência com períodos de déficit hídrico prolongado e com elevada resiliência as perturbações climáticas para dar espaço aos cultivos agrícolas e pastagens, dissociadas de sistemas de manejo adequado as condições sócio-ambientais instaurou na região semiárida processos de degradação das terras.

Como estratégia para superar as limitações naturais impostas ao desenvolvimento da agricultura convencional, a técnica da irrigação tem sido preconizada pelas políticas públicas como a solução para o desenvolvimento da atividade agrícola. Entretanto sob o aspecto ambiental o efeito da irrigação sobre a qualidade do solo depende de como esta prática influi nos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos. Silva et al.,(2004) verificaram alterações nas características físicas do solo, tais como flocculação/dispersão, estabilidade de agregados, capacidade de retenção de água e densidade do solo; nas características químicas, tais como pH, salinização e sodificação; e Bona et al., (2006) verificaram intensificação da decomposição microbiana da matéria orgânica do solo. Essas alterações a curto e médio prazo interferem na qualidade do solo em desempenhar suas funções nos ecossistemas.

Tendo em vista que o compartimento pedológico compõe a interface entre o compartimento terrestre, aquático e atmosférico, envolvendo processos de trocas e de regulação de fluxos de matéria e energia entre si, os solos, em especial, aqueles situados nas porções mais baixas do relevo, pela maior dinâmica dos processos, apresentam elevada importância para a manutenção do equilíbrio ambiental e produtivo do ecossistema, de sobre modo nas zonas semiáridas.

Para dar uma maior ênfase sobre a sustentabilidade ambiental, e uma abordagem mais holística e integradora sobre os ecossistemas terrestres, Nacif (2000) propôs a caracterização dos recursos naturais e delimitação de ambientes homogêneos, tendo como unidade de estudo as bacias hidrográficas na busca de favorecer o entendimento da auto-regulação e evolução desses sistemas, principalmente a partir da intervenção antrópica. Outro fator que contribui para essa interpretação é a definição de Qualidade do Solo, da Sociedade Americana de Ciência do Solo: "capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites dos ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, e sustentar a saúde e habitação humana" (Doran e Parkin, 1994).

Essa abordagem coloca o solo, como um componente crítico da biosfera terrestre, importante não apenas para a produção de alimentos e de fibras, mas

também para a manutenção da vida e da qualidade ambiental (Doran & Parkin, 1994). De forma que monitorando a qualidade do solo em função da interação das forças sociais e das forças naturais, tem se uma importante informação sobre a salubridade ambiental.

Nessa lógica, uma demanda continua pela definição de um índice único e economicamente viável, para mensurar e monitorar a qualidade do solo em desempenhar uma dada função ao longo do tempo (Nortcliff, 2002).

Larson & Pierce (1991), propuseram um conjunto mínimo de atributos químicos, físicos e biológicos do solo, com sensibilidade para detectar as alterações na qualidade do solo ao longo do tempo. Há também aqueles que consideram um número reduzido de atributos-chave, como a matéria orgânica do solo (Oldeman, 1994).

Glover et al. (2000) sumarizaram algumas abordagens de métodos de avaliação da qualidade do solo. Os autores destacaram o uso da estatística na avaliação temporal (Pierce & Larson, 1993); a integração dos indicadores de qualidade do solo em um índice, utilizando o técnicas de krigagem com base na geoestatística não paramétrica (Smith et al., 1993); a utilização de uma simples função multiplicativa para integrar e avaliar a qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994); e por último, a utilização das curvas de pontuação normalizada para a integração de indicadores e avaliação do impacto de um sistema de produção na qualidade do solo proposta por Karlen & Stott (1994).

A microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, está situada na porção sudeste da bacia do rio Salitre, apresenta uma extensão territorial aproximada de 62.840 hectares, totalmente inserida no semiárido baiano. Essa microbacia abriga uma população rural aproximada de vinte e seis mil habitantes, cerca de 30% da população do município de Jacobina - Bahia.

O uso agrícola da planície de inundação do rio Caatinga do Moura, tem sido praticado a mais de cem anos, sob sistema irrigado em sulcos caracterizados por apresentar baixas freqüências de irrigação e altas lâminas de água, promovendo ciclos de saturação do solo.

Historicamente, essa região é marcada por ciclos de cultivos sendo iniciado pelo plantio de arroz e cana-de-açúcar, com a redução das áreas alagadas o cultivo do arroz foi substituído pela cana-de-açúcar até meados da década de 70 quando em decorrência do declínio econômico, sendo substituído na década pelo cultivo do marmelo, do alho, tomate e da batata, neste período houve uma maior movimentação do solo e o uso de pesticidas até meados da década de 90, quando o cultivo da bananeira foi intensificado em toda a planície de inundação.

De maneira que a proposta deste estudo é avaliar qualidade de solos aluviais sob enfoque da sustentabilidade ambiental e agrícola em função das condicionantes naturais da microbacia e da sua interação com os sistemas de cultivos praticados. Para tanto o estudo encontra-se dividido em dois capítulos: o primeiro capítulo objetivou avaliar a sustentabilidade ambiental e agrícola de solos aluviais por meio de atributos químicos, tais como fertilidade do solo, dinâmica do carbono e do nitrogênio, elementos-traço, e o índice de manejo de carbono; o segundo capítulo objetivou modelar e identificar atributos químicos de maior capacidade preditiva da qualidade de quatro solos aluviais utilizando ferramentas multivariadas sob diferentes sistemas de manejo agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju / Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série Levantamento de Recursos Naturais, 30).

BONA, F. D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.921-920, 2006.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison; Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).

GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 80: 29–45, 2000.

KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America. p.53-72, 1994.

LARSON, W. E. & PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **Evaluation on for sustainable land management in the developing world, Bangkok, 1992**. IBSRAM Proceedings... Bangkok, Int. Board for Soil Res. And Management, 1991 p. 175-203.

NACIF, P. G. S. Ambientes naturais da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira com ênfase aos domínios pedológicos. Viçosa: UFV, 2000. 134 p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Vilosa, Minas Gerais.

NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 88: 161–168, 2002.

OLDEMAN, L. R., The global extend of soil degradation. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (eds.), **Soil Resilience and Sustainable Land Use**. CAB International, Wallingford, p. 99-118, 1994

SALCEDO, I. H. & SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS,G.S.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, p.419-441, 2008.

SILVA, E. F. da; ASSIS JUNIOR, R. N. de & NESS, R. L. L. A qualidade da água de irrigação e atributos físicos do solo: o caso de um neossolo flúvico. In: OLIVEIRA, T. S. de; Solo e água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino. Fortaleza, CE: Departamento de Ciências do Solo, UFC, 458p., 2004.

SMITH, J. L.; HALVORSON, J. J.; PAPENDICK, R. I. Using multiple-variable indicator kriging for evaluating soil quality. **Soil Science Society of America Journal**, 57: 743-749, 1993

CAPÍTULO 1

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO BAIANO¹

¹ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS ALUVIAIS, SOB CULTIVO IRRIGADO, DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO BAIANO

Autor: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Orientador: Jorge Antonio Gonzaga Santos

RESUMO: Esse estudo avaliou as alterações nas frações de C e N, na fertilidade do solo, na presença de metais pesados e no índice de manejo do carbono em função do manejo agrícola irrigado em solos aluviais do semiárido baiano. Foram amostrados quatro solos aluviais: GXve1, GXve2, GZo e RYn, nas cotas altimétricas de 650, 620, 610 e 590, respectivamente, em duas profundidades 0–5 e 5–10 cm, em três repetições, constituindo o delineamento experimental em Bloco ao Acaso em esquema fatorial 3 X 2, e um tratamento controle, sob vegetação nativa, Caatinga. Foram avaliados os teores de C e N no solo, nas frações granulométricas, os valores de pH (água e em CaCl_2), os teores de cátions trocáveis, de P-disponível, de P-remanescente, os valores de CE, de PST, de CTC, de pseudototal de As, Pb, Zn, Ni, Cu, Co, Mn, Cd, Cr, Mo, Fe e Al, e o índice de manejo de carbono. Com base nos resultados das análises que houve reduções significativas de COS, em ambas as frações, particulada e associada aos minerais em todos os tratamentos, o nitrogênio tem sido acumulado nas frações mais lábeis. As bases trocáveis apresentaram valores normais para os solos da região, Ca (7,7 a 12,2), Mg (1,61 a 3,76), K (0,50 e 0,70) e Na (0,06 e 3,02), expressos em $\text{cmol}_c \text{ kg de solo}^{-1}$. Para o IMC os ambientes sob domínio GXve1 e GXve2 tiveram reduções semelhantes, 62,3 e 60,6%, respectivamente, no entanto, o ambiente do GZo diferenciou-se de todos os tratamentos com declínio de 72,4%. De modo geral, verifica-se que o principal fator de redução do IMC foi devido aos baixos valores do IL. Os cátions trocáveis, PST, CTC, CE e alguns metais (Pb, Zn, Ni, Cu, Mn, Cr, Fe e Al, tenderam a acumular no ambiente GZo.

Palavras-chave: Qualidade do Solo, Atributos Químicos, Matéria Orgânica.

CHEMICAL ATTRIBUTES OF ALLUVIAL SOILS, UNDER IRRIGATED CULTIVATION, OF A HYDROGRAPHIC MICRO BASIN IN BAHIA SEMI ARID REGION.

Author: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Adviser: Jorge Antonio Gonzaga Santos

SUMMARY: The use and appropriate soil management are fundamental for maintenance of the sustainability of fragile ecosystems as the one of the savanna of Bahia semi arid region. That study evaluated the changes in the C and N fractions, in the soil fertility, in the increment of native heavy metals concentration and in the Carbon Management Index as a function of the agricultural irrigated management in the alluvial soils of the Bahia semi Arid Region. The study was established as a Randomized Block Design in a 3 X 2, factorial scheme and a treatment controls, under savanna native vegetation. Four alluvial soils GXve1, GXve2, GZo and RYn, in the altimetric height of 650, 620, 610 and 590 m, respectively, in two depths 0-5 and 5-10 cm, with three repetitions. The C and N content in the soil texture fractions, the pH values (in water and in CaCl₂), the exchangeable cations, P-available, P-remaining, the EC, PES, of CEC values and Pb, Zn, Ni, Cu, Co, Mn, Cd, Cr, Mo, Fe and Al extractant-total, and Carbon Management Index (CMI). There was a significant reduction of soil organic carbon (SOC) D, in both N- particulate and N-associated to the minerals fractions in all treatments, the nitrogen accumulated in the fractions more labile fractions. The exchangeable bases presented normal values for the soils of the area, Ca (7.7 to 12,2), Mg (1.61 to 3.76), K (0,50 and 0.70) and Na (0.06 and 3.02) in cmol_c kg soil⁻¹, expressed in at 0-5 and 5 to 10 cm, respectively. According to the CMI the soils under GXve1 and GXve2 domain had similar reductions, 62.3 and 60.6%, respectively, however, CMI reduction in the soil under GZo was greater, 72,4%, than the other treatments. The main factor for CMI reduction was low Labile Index (LI) low value of IL. The exchangeable cations, PES, CEC, EC and some metals (Pb, Zn, Ni, Cu, Mn, Cr, Fe and Al) tended to accumulate under the GZo soil.

Key Word: Soil Quality, Chemical Attributes, Organic Matter.

INTRODUÇÃO

Na região semiárida os principais processos de degradação dos solos, estão associados ao uso agrícola, relacionados: à redução da fertilidade pela diminuição da quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas; salinização e sodificação induzidas pelo manejo inadequado da irrigação ou ao uso de água de qualidade inadequada a irrigação; erosão hídrica e eólica, reduzindo a capacidade de retenção e disponibilidade de água dos solos (Ribeiro et. al., 2009a) e ao aumento da disponibilidade de elementos traços.

A planície aluvial do rio Caatinga do Moura, tem sido cultivada por mais de um século por agricultores familiares, que adotaram sistema de irrigação em sulcos, com baixa frequência e elevado volume de água, como estratégia para suprir o acesso deficitário à água para a produção e a irregularidade temporal das chuvas, fatores limitantes a sustentabilidade das atividades agrícolas nesse ecossistema. Característica que norteia as políticas públicas para manutenção da atividade agrícola no semiárido. Este sistema de manejo altera o equilíbrio edafoclimático podendo resultar em degradação da qualidade ambiental.

Pesquisadores têm buscado formas de identificar processos degradativos em seu estágio inicial nos diferentes agroecossistemas, por meio de monitoramento da capacidade do solo funcionar, dentro dos limites dos ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, e sustentar a saúde e habitação humana (Larson & Pierce, 1991; e Doran & Parkin, 1994).

Por possuir estreita relação com os processos do solo, as alterações no teor de matéria orgânica do solo (MOS) tem sido um dos indicadores mais utilizados pelos pesquisadores para avaliar os efeitos do manejo agrícola. A MOS é um atributo sensível às alterações das práticas de manejo, por estar relacionada com a maioria dos atributos do solo e com suas funções básicas (Mielniczuk, 2008). Destacam-se a infiltração e retenção de água, armazenamento e ciclagem de nutrientes, seqüestro de carbono, redução de emissões gases de efeito estufa, imobilização e degradação de compostos tóxicos.

A MOS é composta por frações que diferem quanto às características físicas e químicas e ao tempo de ciclagem (Chen et al., 2010). O entendimento da

dinâmica das frações da MOS é importante para o desenvolvimento de práticas ambientais mais sustentáveis (Cambardela & Elliot, 1992).

Diversos modelos conceituais e matemáticos tem sido construídos, para compreensão da dinâmica da MOS (Cambardela & Elliot, 1992), sendo que os modelos com 2 a 3 compartimentos são mais consistentes. Fisicamente a MOS pode ser dividida em leve e pesada. A fração leve (FL) possui baixo teor e rápida taxa de ciclagem enquanto a fração pesada (FP) possui maiores teores e taxa de ciclagem mais lenta (Sohi, 2001). O efeito da MOS na disponibilidade de nutrientes às plantas e nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos depende de onde as frações C e o N estão sendo acumulados no compartimento pedológico (Bayer et al., 2004).

A identificação do compartimento de acúmulo da MOS tem sido feito por técnicas de fracionamento físico da MO, que podem ser granulométricas (Cambardella & Elliot, 1992; Vieira et al., 2007), densimétricas (Demolinari et al., 2008, Sohi et al., 2001), ou químico que extraem preferencialmente frações mais lábeis (Blair, et al., 1995; Vieira et al., 2007; Chan et al., 2001).

Chan (1997), monitorando as alterações de uso e manejos em compartimentos da MOS em dois Vertissolos no semiárido da Austrália verificou perdas médias de 70% de carbono da fração particulada em áreas cultivadas quando comparado com as áreas da pastagens nativas. Quando submetida ao pousio, o processo de acúmulo na fração leve prevaleceu sobre o da FP e esteve associado significativamente à mineralização do nitrogênio. Bayer et al. (2004), avaliando a adoção do sistema de plantio direto por seis anos demonstraram que o estoque de C da fração particulada tem maior sensibilidade ao manejo do solo do que o carbono orgânico total do solo (COS), sendo que o estoque de C da fração associada aos minerais (FP) não foi afetado pelos sistemas de manejo, o que pode estar relacionado ao curto período sob plantio direto e a microagregação altamente estável.

Blair et al., (1995) propuseram o índice de manejo de carbono – IMC, índice que integra a fração lábil, oxidadas pelo permanganato de potássio, com a não lábil, para avaliar a influência de sistemas de manejo e uso na dinâmica do carbono orgânico quando submetido ao manejo agrícola. Existe um número expressivo de experimentos de longa duração com dados relativos ao manejo do

solo, porém são poucos os estudos que integram os diferentes compartimentos de C como mecanismo de avaliar a capacidade dos sistemas de manejo em manter ou incrementar a qualidade do solo (Vieira et al., 2007).

A interferência antrópica no ambiente é ainda capaz de potencializar características naturais como a disponibilidade de elementos traços resultando em depreciação da qualidade ambiental seja para a manutenção do ecossistema e mesmo para a saúde humana.

Muitos elementos traços são empregados ou liberados em atividades industriais, agrícolas e de mineração, sendo posteriormente lançados no ambiente como resíduo destas atividades. Conseqüentemente, os teores destes elementos traços em solos sob atividade humana são mais elevados que os encontrados naturalmente. A ocorrência natural de elementos traços em solos depende, principalmente, do material de origem sobre o qual o solo se formou, dos processos de formação, da composição e proporção dos componentes de sua fase sólida. Além da natureza do material de origem, outros fatores como o teor e a composição da fração argila, conteúdo de matéria orgânica e condições físicoquímicas dos solos podem influenciar a concentração destes elementos (Barona e Romero, 1996; Oliveira, 1996). O conhecimento da dinâmica de metais nos solos possibilita a utilização de práticas preventivas e/ou mitigadoras mais eficientes de forma a gerenciar a disponibilidade destes elementos, distribuição no ambiente e transferência para a cadeia alimentar.

A interação entre formas químicas dos metais presentes na solução do solo e a superfície de argilominerais e colóides orgânicos do solo, denominada adsorção, é o processo químico que mais altera a disponibilidade de metais no ambiente (Alloway, 1990). Este processo de elevada seletividade garante que concentrações de metais superiores a capacidade de troca catiônica sejam adsorvidos pelo solo. Os principais fatores que interferem neste processo são a concentração do metal na solução, competição com outros cátions, pH do solo e adsorção de ânions.

O presente trabalho avaliou a interação das condicionantes naturais da microbacia e cultivo irrigado de longo tempo em ambiente de Neossolo Flúvico na qualidade agrícola e ambiental utilizando as seguintes variáveis fertilidade do solo; frações de carbono e nitrogênio e concentração de elementos traço.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do meio físico

A área do estudo está localizada na microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, afluente do rio Salitre compreendida entre as coordenadas planas de 303.572 e 314.081m E, e 8.791.718 e 8.785.184 m S, no município de Jacobina integrante do Território Piemonte da Diamantina, Bahia - Brasil.

A caracterização climática da área teve como base de dados as informações do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, sistematizado pela SEI (1999). Utilizou-se as informações da estação meteorológica de Taquarendi (Figura 1), do período de 1963 a 1983, situada no município de Mirangaba–Bahia, em decorrência da maior proximidade geográfica entre as áreas. Os dados dessa estação demonstram que a temperatura média anual é de 23,2 °C, com precipitação média anual de 414 mm e evapotranspiração potencial de 1152 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de outubro e abril. O balanço hídrico, segundo a metodologia Thornthwaite, demonstra deficiência hídrica durante todo o ano. De acordo com esses dados, o clima da região na classificação de Koppen é enquadrado como Semiárido, BSwH.

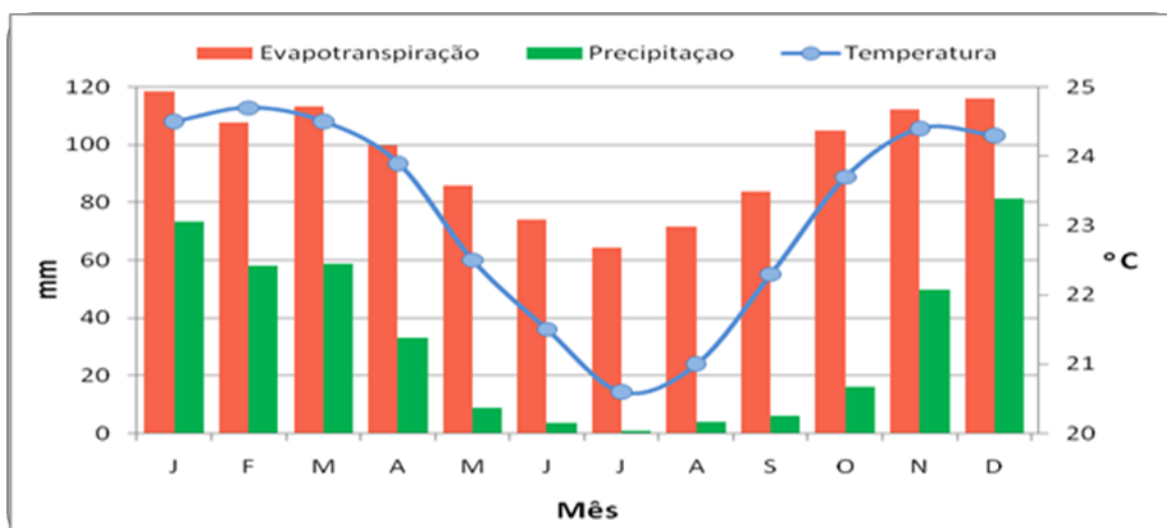


Figura 1. Médias da distribuição temporal da precipitação pluviométrica, evapotranspiração e temperatura, da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura.

A rede de drenagem é formada por rios intermitentes como consequência da irregularidade das precipitações. Em seu curso principal, o rio Caatinga do Moura, nasce na serra do Tombador, no município de Jacobina e escoar na direção sudeste-noroeste, tendo seu exutório no leito do rio Preto, divisa com o município de Mirangaba, percorrendo um total de 40 km. Os riachos da Lage e da Umbaúba são os principais afluentes situados na zona sul e sudeste da microbacia.

Na zona do médio curso do rio Caatinga do Moura o comportamento intermitente foi alterado na década de 80 devido as contribuições do barramento deste rio no seu alto curso, e pela perfuração de poços artesianos a jusante da barragem que contribuem para regular o fluxo de água no canal fluvial durante o ano.



Figura 2. Fontes hídricas que perenizaram a zona do médio curso do rio Caatinga do Moura: a) Barragem do rio Caatinga do Moura, b) Poços artesianos jorrantes à jusante da barragem.

A geologia predominante da bacia hidrográfica é constituída por formações do Pré-cambriano. As formações Bambuí e Bebedouro do supergrupo São Francisco são as mais expressivas, seguidas da formação Tombador e Cabloco do grupo Chapada Diamantina. Formações do cenozóico, são encontradas como depósitos detriticos-lateríticos na porção norte da bacia, e sedimentos aluviais margeando o leito do rio Caatinga do Moura, na zona central da bacia. A sequência da formação tombador – cabloco – bebedouro – bambuí reflete o aumento do processo de feldspatização (BRASIL, 1983; BRASIL, 1971).

A área de estudo encontra-se na unidade de mapeamento do supergrupo São Francisco. A formação Bebedouro demarca o limite entre o grupo Chapada Diamantina e supergrupo São Francisco. Em geral são sedimentos silticos

argilosos de coloração verde ou avermelhados, com níveis conglomeráticos com seixos mal selecionados, variando de areia grossa até blocos com mais de um metro de diâmetro, normalmente com baixo grau de arredondamentos e matriz composta por pelitos arcoseanos, podendo ocorrer grauvaca feldspática (BRASIL, 1983). As litofácies predominantes são diamictito, pelito e arenito. Essas litofácies afloram nas vertentes da porção leste estudada. O grupo Bambuí, é constituído por calcários cinza-escuro a negro, metargilitos calcíferos e margas, dolomitos cinza-claro e róseos com níveis de sílex, calcários cinza-claro finos com níveis de ardósia verde (BRASIL, 1983).

A planície de inundação, objeto deste estudo, é constituída por sedimentos aluviais associados ao sistema de drenagem. Os sedimentos são constituídos por material clástico grosseiro esbranquiçado, pouco selecionado e contendo quartzo, feldspato e palhetas de mica. Litologicamente é representado por areias finas a grosseiras, de cores variadas, incluindo cascalheiras, argilas e matéria orgânica em decomposição (BRASIL, 1983).

Utilizando como material base o levantamento exploratório de solos do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), verifica-se o predomínio de Cambissolos Háplicos Ta eutrófico e Latossolos Vermelho Amarelo distrófico, em menor expressão encontra-se Neossolos Litólicos distróficos, associado às áreas de maior altitude.

Em função da natureza exploratória do mapa pedológico, no presente estudo, para fins de caracterização e descrição dos solos foi aberto um perfil em cada um dos quatro ambientes amostrados, conforme Santos et al. (2005). Após análise dos perfis, foram identificados três Gleissolos (perfis 1, 2 e 3) nas áreas mais próximas da barragem, onde o rio foi perenizado e o lençol freático está próximo à superfície, potencializado pelos sulcos de irrigação que permeiam as áreas cultivadas. Na cota mais baixa da paisagem, onde permanece o caráter temporário do rio, e não há cultivos irrigados; nas margens são encontradas áreas de pastagem ou remanescentes da vegetação nativa (caatinga), nesta área o solo predominante é o Neossolo Flúvico (perfil 4). Tais solos estão caracterizados nas tabelas 1 e 2 e foram classificados utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 2006).

Com base nas características morfológicas, químicas e físicas dos solos estudados, os solos das áreas 1 e 2 foram classificados como Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos neossólicos; na área 3, o solo é classificado como Gleissolo Sáfico Órtico típico. Uma vez que nesta classe não há o atributo neossólico para o quarto nível categórico, como visto na classe dos perfis anteriores e, dada a importância desta característica para o solo em questão, sugere-se que este atributo seja colocado no quarto nível, em substituição ao típico. Enquanto que o perfil 4, é classificado como Neossolo Flúvico Sódico salino.

Uso do solo

O uso agrícola da planície de inundação do rio Caatinga do Moura tem sido praticado há mais de cem anos, sob sistema irrigado em sulcos caracterizados por apresentar baixas frequências de irrigação e altas lâminas de água, promovendo ciclos de saturação do solo.



Figura 3. Cultivos irrigados e vegetação nativa nos ambientes dos solos aluviais da microbacia rio Caatinga do Moura: a) Beterraba; b) cebola; c) Banana; e d) Caatinga.

Tabela 1 – Características morfológicas, informações complementares e localização geográfica dos perfis representativos de solos aluviais dos ambientes amostrados da microbacia do rio Caatinga do Moura - BA.

Hori- zonte	Profun- didade	Cor (úmida)	Classe Textural	Estrutura*	Consistência**	Informações complementares	Localiza- ção (UTM)
GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve1)							
A1ku	0-12	10YR 3/2	Franco argilo arenoso	bs, gr, fr	fri, pl, ligpg	Lençol freático há 80 cm, presença de calhaus no A1 e A2 tipo arenito, argilosas com reação ao HCl 10%; 2,0 dag kg ⁻¹ Eq.CaCO ₃ no 3Cg	311184 E 8784280 N
A2gku	12-30/33	10YR 3/2	Franco argilo arenoso	bs, gr, fr	fri, pl, ligpg		
2Cg	30/33-41	10YR 3/1	Franco argilo arenoso	maciça	fri, ligpl, li pg		
3Cg	41-80+	7,5YR 3/2	Franco argiloso	maciça	fir, pl, ligpg		
GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve2)							
A1ku	0-12	10YR 3/2	Franco argilo arenoso	bs/gra, p/m, fr	fri/mfri, ligpl, ligpg	Lençol freático há 127 cm, efervescência em HCl 10% no A1 e A2, fragmentos de rocha carbonática no A2; 2,7 dag kg ⁻¹ Eq.CaCO ₃ no 2C2g	308441 E 8784774 N
A2gku	12-29	10YR 3/2	Franco argilo arenoso	bs,m/gr, mod/fr	fri, ligpl, ligpg		
A/2Agbk	29-45	2,5Y 2,5/1	Franco argilo arenoso	maciça	fri/fi, pl, ligpg		
2Agb	45-63	G1 2,5/N	Franco argiloso	maciça	fri/fi, pl, ligpg		
2C1g	63-90	G1 3/N	Franco argiloso/ argila	maciça	fri/fi, pl, ligpg		
2C2g	90-108	5Y 2,5/1	Franco argilo arenoso	maciça	fi, pl, ligpg		
3Cg	108-127+	5Y 2,5/2	Franco argilo arenoso	maciça	fri, ligpl, npg		
GLEISSOLO SÁLICO Órtico típico (neossólico) (GZo)							
Aku	0-9/11	10YR 3/2	Franco argilo arenoso	bs, m, fr	fri, npl, npeg	Lençol freático há 72 cm, efervescência ao HCl 10% no horizonte A, presença de fragmentos de Feldspato no 4C e de carvão no 2 ^a ; 1,6 dag kg ⁻¹ Eq.CaCO ₃ no 4Agb.	306438 E 8786648 N
2A/Agbku	9/11-25	2,5Y 2,5/2	Franco argilo arenoso	bs, m, mod/fr	fri, ligpl, ligpg		
2Agb	25-41/49	2,5Y 2,5/1	Franco argilo arenoso	maciça	fri, pl, ligpg		
3Agb	41-52/55	2,5Y 6/3	Argila	maciça	fri, ligpl, ligpg		
4Agb	52/55-66	G 2,5/N	Argila	maciça	fi, mpl, pg		
Cg	66-72+	2,5Y 7/1	Areia franca	grão simples	m fri, npl, npg		
NEOSSOLO FLÚVICO Sódico (RYn)							
Ak	0-10	10YR 3/1	Franco argiloso	bs, m, fr	mc, fri/mfri, ligpl, ligpg	Fragmentos de arenito entre CA e C, presença de concha entre CA e C, 2C2 úmido, 8,8 dag kg ⁻¹ Eq.CaCO ₃ no ACK	303587 E 8791724 N
ACK	10-22/30	10YR 3/2	Franco argiloso	bs,m/gr, fr	mc/lig d,fri/mfri, ligpl,ligpg		
CAk	22/30-49/59	10YR 6/1	Argila	maciça	lig d, fri, pl,pg		
Cn	49/59-78/84	10YR 7/2	Franco argilo arenoso	maciça	md, fri, ligpl, pg		
2C1n	78/84-93/101	10YR 4/6 5/6 7/6	Franco argilo arenoso	maciça	d, mfri, ligpl, lig pg		
2C2n	93/101-140+	2,5Y 8/4	Franco argilo arenoso	maciça	d, mfri, ligpl, lig pg		

Forma: bs-blocos subangulares; gra-granular; Tamanho: p – pequena, m-média, gr-grande; Grau: fr-fraca, mod-moderada; ** Solo seco: mc-macio, ligd-ligeiramente duro, d-duro, md-muito duro; Solo úmido: mfri-muito friável, fri-friável, fir-firme; Plasticidade: npl – não plástico, ligpl – ligeiramente plástico, pl-plástico, mpl- muito plástico; Pegajosidade: npg-não pegajoso, ligpg-ligeiramente pegajoso, pg-pegajoso.

Tabela 2 - Atributos químicos dos perfis representativos de solos aluviais dos ambientes amostrados da microbacia do rio Caatinga do Moura – BA.

Horizonte	Profundidade	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	Al+H	SB	CTC	P-Disp.	V	PST	Carbono
	cm	água	cmolc dm ⁻³								mg dm ⁻³	%	dag kg ⁻¹	
GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve1)														
A1ku	0-12	8,10	10,70	2,20	0,42	0,25	0,00	0,00	13,57	13,57	51,00	100,0	1,8	1,04
A2gku	12-30/33	8,00	11,30	2,30	0,24	0,25	0,00	0,00	14,09	14,09	30,00	100,0	1,8	0,78
2Cg	30/33-41	7,90	9,60	2,10	0,19	0,29	0,00	0,00	12,18	12,18	11,00	100,0	2,4	0,69
3Cg	41-80+	7,80	14,00	1,00	0,28	0,31	0,00	0,00	15,59	15,59	16,00	100,0	2,0	0,57
GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve2)														
A1ku	0-12	8,20	9,16	3,90	0,32	0,42	0,00	0,00	13,80	13,80	82,00	100,0	3,0	1,05
A2gku	12-29	8,30	8,01	3,10	0,19	0,33	0,00	0,00	11,63	11,63	37,00	100,0	2,8	0,73
A/2Agbk	29-45	8,20	9,30	3,50	0,18	0,41	0,00	0,00	13,39	13,39	24,00	100,0	3,1	0,76
2Agb	45-63	7,90	12,30	2,70	0,09	0,43	0,00	0,00	15,52	15,52	8,00	100,0	2,8	1,32
2C1g	63-90	7,90	11,10	3,40	0,05	0,37	0,00	0,00	14,92	14,92	4,00	100,0	2,5	1,05
2C2g	90-108	8,10	14,90	1,40	0,05	0,39	0,00	0,00	16,74	16,74	2,00	100,0	2,3	1,07
3Cg	108-127+	8,10	8,40	1,90	0,06	0,27	0,00	0,00	10,63	10,63	3,00	100,0	2,5	0,63
GLEISSOLO SÁLICO Órtico típico (neossólico) (GZo)														
Aku	0-9/11	8,30	13,60	1,10	0,61	0,28	0,00	0,00	15,59	15,59	69,00	100,0	1,8	0,89
2A/Agbku	9/11-25	8,30	17,20	2,00	0,14	0,51	0,00	0,00	19,85	19,85	23,00	100,0	2,6	0,93
2Agb	25-41/49	8,10	15,00	3,70	0,08	0,58	0,00	0,00	19,36	19,36	19,00	100,0	3,0	0,96
3Agb	41-52/55	7,80	20,70	3,20	0,03	0,97	0,00	0,00	24,90	24,90	9,00	100,0	3,9	1,54
4Agb	52/55-66	7,80	22,30	3,30	0,08	1,01	0,00	0,00	26,69	26,69	8,00	100,0	3,8	1,74
Cg	66-72+	8,00	6,50	2,60	0,06	0,45	0,00	0,00	9,61	9,61	13,00	100,0	4,7	0,64
NEOSSOLO FLÚVICO Sódico (RYn)														
Ak	0-10	8,10	17,00	3,70	0,40	0,14	0,00	0,00	21,24	21,24	12,00	100,0	0,7	2,34
ACk	10-22/30	8,20	18,00	5,20	0,37	0,13	0,00	0,00	23,70	23,70	5,00	100,0	0,5	1,93
CAk	22/30-49/59	8,50	10,90	3,10	0,42	0,22	0,00	0,00	14,64	14,64	2,00	100,0	1,5	0,44
Cn	49/59-78/84	8,30	6,70	5,40	0,35	0,83	0,00	0,00	13,28	13,28	1,00	100,0	6,3	0,21
2C1n	78/84-93/101	8,40	5,20	6,20	0,59	1,10	0,00	0,00	13,09	13,09	2,00	100,0	8,4	0,17
2C2n	93/101-140+	8,70	4,10	4,10	0,42	1,80	0,00	0,00	10,42	10,42	3,00	100,0	17,3	0,14

Historicamente, essa região é marcada por ciclos de cultivos sendo iniciado pelo plantio de arroz e cana-de-açúcar, com a redução das áreas alagadas o cultivo do arroz foi substituído pela cana-de-açúcar até meados da década de 70 em decorrência do declínio econômico, sendo substituído na época pelo cultivo do marmelo, do alho, tomate e da batata. Neste período houve uma maior movimentação do solo e o uso de pesticidas até meados da década de 90, quando o cultivo da bananeira foi intensificado em toda a planície de inundação. Segundo relato de produtores locais, nas áreas de baixada, no período das chuvas torrenciais, há sempre o acúmulo de sedimentos, trazidos pela enxurrada, vindos das partes mais altas da região de entorno, que formam bancos, parecidos a camalhões, que são desfeitos com uso de enxadas e distribuídos nas áreas, para facilitar o cultivo.

Amostragem e desenho Experimental

Na zona do médio curso do rio, foram amostrados três Gleissolos e um Neossolo Flúvico: GXve1, GXve2, GZo e RYn, nas cotas altimétricas de 650, 620, 610 e 590 respectivamente, em duas profundidades 0–5 e 5–10 cm, em nove repetições constituindo o delineamento experimental em Bloco ao Acaso em esquema fatorial 4 X 2. Optou-se por analisar apenas as camadas supra citadas, pois, por se tratar de solos aluviais as camadas mais profundas apresentam grandes variações nas características físicas e químicas, o que comprometeria a comparação entre elas.

Foram amostradas, em período chuvoso, três áreas ao longo da calha do rio submetidas ao cultivo irrigado. Amostrou-se também uma área sob vegetação nativa, caatinga (RYn) como sistema de referência da qualidade do solo. As unidades experimentais foram constituídas por talhões de 15 x 45 m, onde 3 amostras compostas foram obtidas, resultantes da composição de três amostras simples, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm. As análises foram realizadas nos laboratórios de Metais Traços da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e nos Laboratórios de Elementos Traços e no Laboratório de Isótopos Estáveis, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Caracterização dos solos

Para fins de análise de fertilidade foram determinados os valores de pH (H₂O), pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) na relação 1:2,5, em potenciômetro; Ca⁺², Mg⁺² em extrato de KCl mol L⁻¹, na relação 1:10 solo/solução, por titulometria de complexação; K⁺, Na⁺ e P - disponível no extrator Mehlich 1, na relação 1:10 solo/solução, sendo quantificados por fotometria de chama (K e Na) e o fósforo pelo método colorimétrico; P-remanescente, em solução de 60 mg de P L⁻¹ em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, determinado por colorimetria; e Condutividade Elétrica obtida pela extração em pasta saturada determinada em condutivímetro de bancada. Após as determinações calculou-se a Capacidade de Troca Catiônica – CTC e a percentagem de saturação de sódio – PST. A metodologia utilizada encontra-se descrita em Raij et al. (2001) e Embrapa (2009).

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo foi realizado conforme Cambardella & Elliot (1992). Foram pesados 5,0 g de TFSA em tubos de centrífuga, dispersos com 30 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹), com auxílio de esfera de vidro e submetidos à agitação horizontal por 16h a 120 oscilações por minuto e passados em peneira de 0,053 mm, com auxílio de jatos de água. O material retido na peneira foi denominado de matéria orgânica particulada (MOP), e a fração que passou pela peneira foi denominada de matéria orgânica associada a minerais (MAM). Ambas foram secas a 50°C, para determinação da massa seca. As amostras foram moídas em almofariz de porcelana e passada por peneira de 0,15 mm de malha, e tratadas com HCl 0,1 mol L⁻¹ e novamente secas a 50°C, antes da determinação do C e N em Analisador Elementar (Perkin Elmer CHNS/O2400). Os teores de carbono orgânico e nitrogênio total foram calculados pelo somatório das destes elementos nas frações MOP e MAM.

Para análise de metais pesados, utilizou-se o método SW 846- 3050 da US-EPA – *United Stated Environmental Protection Agency* para digestão das amostras e extração de As, Pb, Zn, Ni, Cu, Co, Mn, Cd, Cr, Mo, Fe e Al. Este método baseia-se no ataque por ácido nítrico e do peróxido de hidrogênio, liberando os metais ligados a fração orgânica, a óxidos e outras frações minerais, com exceção da fração silicatada. Para tanto as amostras de solo foram

maceradas em almofariz de porcelana, passadas por peneira de malha de 70 mesh, conforme descrito por Rajj. et al. (2001). Os elementos foram quantificados em ICP- AES (Perkim Elmer Optima 3300 DV).

O índice de manejo de carbono (IMC), proposto por Blair et al. (1995), e modificado por Vieira et al. (2007) foi calculado pela expressão: $IMC = ICC \times IL \times 100$, onde o ICC é o Índice de Compartimento de Carbono, calculado como: $ICC = \frac{COS_{cultivado}}{COS_{referência}}$, ou seja, a relação entre o COS da área cultivada e COS do sistema referência, caatinga. O IL representa o Índice de Labilidade (IL) determinado como: $IL = \frac{L_{cultivado}}{L_{referência}}$, onde L é a labilidade dada pela relação entre COP/CAM.

Análise estatística dos dados

Realizou-se análise de variância - ANOVA e o teste de comparação de médias, Duncan a 5%, utilizando-se o aplicativo computacional SAS (Sas Institute, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, os solos estudados apresentaram reação moderadamente alcalina, com valores de pH de 8,02 à 8,36 quando determinado em água e 7,87 à 8,09, em solução salina de cloreto de cálcio (tabela 1). Esses valores de pH, são condizentes com as características do meio físico regional tais como o clima quente e seco, que limita os processos intempéricos, litologia composta por minerais carbonáticos e feldspáticos, conferindo a presença de metais alcalinos e alcalinos terrosos, e o relevo suave ondulado favorecendo o transporte sucessivo dos produtos de alteração do intemperismo, das posições mais altas para as mais baixas, associadas localmente a condição de drenagem imperfeita. Em condições de clima semelhante e sobre rochas da formação Bambuí, Cunha & Ribeiro (1998) caracterizando seis perfis de Cambissolos representativos da região de Irecê, encontrou valores de pH em água no horizonte A entre 7,3 e 8,2. Vale ressaltar que, nessa faixa de pH, a disponibilidade de alguns nutrientes, (nitrogênio, fósforo, enxofre, ferro, cobre, manganês, zinco e boro), é limitada para suprir às exigências nutricionais da maioria das espécies agrícolas cultivadas.

Tabela 3. Atributos químicos e físicos nos diferentes sistemas de uso e manejo agrícola.

	pH	pH	Ca	Mg	K	Na
	H ₂ O	CaCl ₂	cmolc kg ⁻¹			
GXve1	8,36 A	7,87 B	9,1 B	2,8 B	0,50 B	0,61 B
GXve2	8,32 A	7,94 B	7,7 C	2,4 B	0,70 A	1,13 B
GZo	8,21 BA	8,09 A	10,7 B	3,76 A	0,60 BA	3,02 A
RYn	8,02 B	7,87 B	12,2 A	1,6 C	0,54 BA	0,06 C
	CTC	P	PST	CEes	Arg+silte	Areia
	cmolc kg ⁻¹	mg dm ⁻³	%	dS m ⁻¹	kg kg ⁻¹	
GXve1	13,0 C	5,0 B	4,5 C	2,0 CB	0,368 B	0,639 B
GXve2	12,0 C	5,6 A	9,2 B	4,7 B	0,334 BC	0,675 BA
GZo	18,1 A	3,7 C	16,6 A	10,7 B	0,420 A	0,584C
RYn	14,4 B	5,9 A	0,4 D	1,0 C	0,31 C	0,695 A

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

As bases trocáveis apresentaram valores normais para os solos da região, Ca (7,7 a 12,2), Mg (1,61 a 3,76), K (0,50 e 0,70) e Na (0,06 e 3,02) expressos em $\text{cmol}_c \text{ kg de solo}^{-1}$ (Tabela 1), conforme discutido acima. Verifica-se que os solos que estão sob maior influência da formação litológica Bebedouro (GXve1 e GXve2), apresentaram valores de soma de bases (SB) inferiores estatisticamente aos demais que estão sob área de domínio da formação Bambuí (GZo e RYn).

As áreas sob cultivo irrigado apresentaram valores de cálcio trocável inferiores ao encontrado no Neossolo sob caatinga, entretanto os teores de Mg^{+2} apresentaram comportamento oposto. Algumas hipóteses podem ser avaliadas para explicar este comportamento, tais como: a umidade decorrente do processo contínuo da irrigação favorece a solubilização de compostos de cálcio e magnésio, porém devido à maior demanda da bananeira pelo íon Ca, este sofre maior exportação da solução do solo; o magnésio por apresentar maior capacidade de formar par iônico, em relação ao cálcio, apresenta menor possibilidade de exportação pelas plantas e por percolação.

O teor de sódio trocável nas diferentes áreas variou de 0,06 a 3,02 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo e o da CEes de 1,04 a 10,7 dS m^{-1} , diferindo entre as áreas estudadas, sendo que o neossolo flúvico, não submetido a irrigação apresentou os menores valores. Este comportamento é atribuído ao uso das águas do rio Caatinga do Moura nos sistema de irrigação. O estudo da qualidade das águas na sub-bacia do rio Salitre (Brito, 2003), demonstrou haver aumentos significativos nos valores de pH (7,44 – 8,30), sólidos totais solúveis - STD (271,0; 1.317,0 mg L^{-1}), razão de adsorção de sódio - RAS (1,83; 3,90 $\text{mmol L}^{-1/2}$), dureza total - DT (120,0; 610,0 $\text{mg de CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) na microbacia do rio Caatinga do Moura. A análise das águas dos poços artesianos pela CPRM (2005), demonstram que os poços perfurados as margens do rio, na área de domínio litológico da formação bebedouro os valores de STD (290 à 660 mg L^{-1}) foram inferiores aos valores (1380 - 3030 mg L^{-1}), sob domínio da formação Bambuí. Deste modo, a não evidência de processos de salinização da área não manejada, indica que o sistema manejo agrícola tem aumentado a susceptibilidade das áreas a salinização, e que as áreas com perfil mais arenoso apresentam menor susceptibilidade.

Em termos da percentagem de sódio, verificou-se que os Gleissolos, sob irrigação, situados no domínio da formação Bambuí apresentaram valores superiores a 7%. GHEYI et al (1997), relatam que processos de desagregação das unidades estruturais do solo podem ocorrer em valores de PST acima de 7%. Ribeiro et al (2009b), enumera baixa produtividade agrícola, a elevação custos de produção; aumento da erosão; aumento do escoamento superficial e das enchentes; pequenas recargas dos aquíferos em decorrência dos efeitos da salinidade e sodicidade do solo. Segundo Ribeiro et al., (2009b) valores elevados de PST, podem promover o deslocamento do Ca^{+2} do perfil, afetando negativamente a nutrição das plantas.

Independente do solo estudado, os teores de fósforo disponível foram baixos (Alvarez V. et al., 1999). Estes resultados são reflexos da natureza química dos sedimentos, e das rochas presentes na microbacia. Em solos com reação alcalina, a baixa disponibilidade do fósforo ainda é mais severa pela tendência de formar fosfatos de cálcio e de Mg, que possuem baixa solubilidade (Pansu & Gautheyrou, 2006).

Matéria Orgânica do Solo - MOS

No contexto das mudanças climáticas globais e da perda da capacidade produtiva dos solos, a compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo é de relevante importância para a promoção da agricultura sustentável, visto que o carbono e o nitrogênio presentes na MOS, compõem gases do efeito estufa e condicionam a capacidade produtiva dos solos.

No tocante a dinâmica do carbono, verificou-se efeito significativo entre os ambientes de solos aluviais para os atributos carbono na matéria orgânica do solo (COS), carbono na fração particulada da MOS e o carbono na fração associada à minerais (C-MAM). No entanto, apenas o C-MOP respondeu significativamente a interação solo x profundidade (tabela 4).

Verifica-se que o teor de carbono orgânico do solo (COS) no ambiente do RYn foi estatisticamente superior as demais áreas amostradas. Sendo que dentre os Gleissolos submetidos ao cultivo, o teor de COS no GXve2 foi de $1,42 \text{ dag kg}^{-1}$,

estatisticamente inferior ao valor do GZo com 1,72 dag kg⁻¹, enquanto o GXve1 apresentou comportamento intermediário com 1,65 dag kg⁻¹.

Tabela 4. Teor de carbono orgânico do solo (COS), do C na fração particulada (C-MOP) sob efeito da interação entre tratamento e profundidade, e do C na fração associada a minerais (C-MAM).

	COS		C-MOP		C-MAM
	0 - 10 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	0 - 10 cm	
	dag kg ⁻¹ de solo				
GXve1	1,65 BC	0,38 B	0,3 AB	1,31 B	
GXve2	1,42 C	0,37 B	0,31 AB	1,08 C	
GZo	1,72 B	0,26 C	0,25 B	1,47 B	
RYn	2,44 A	0,82 A	0,38 A	1,77 A	

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

O maior valor encontrado de COS no RYn é atribuído a ausência de perturbação mecânica destes solos, associado ao aporte diversificado de material orgânico proporcionado pela vegetação nativa. Este comportamento é ratificado por Leite et al (2003), que após 16 anos de cultivo de milho com adubação mineral e orgânica, verificaram que todas as estratégias de manejo resultaram em redução nos estoques de COS em relação à Floresta Atlântica (FA), indicando a susceptibilidade da oxidação do COT dos solos sob vegetação natural, quando estes são submetidos à agricultura. Sob ecossistema de Caatinga, Conceição (2010) verificou reduções nos estoques de COS em um Cambissolo Háplico quando estes foram submetidos ao cultivo em condições irrigadas e de sequeiro com milho e mamona, afirmando a susceptibilidade da oxidação do carbono orgânico das camadas superficiais dos solos quando estes foram submetidos aos diferentes sistemas de uso e manejo.

Comparando-se os valores encontrados na área cultivada, verifica-se o menor valor de COS no ambiente do GXve2, enquanto os agroecossistemas de GZo apresentaram valores superiores, porém não diferindo dos agroecossistemas do GXve1. Este comportamento pode ser atribuído ao processo de carreamento de colóides e de compostos orgânicos pela água em superfície no período das enchentes, em decorrência do desmatamento das matas ciliares, aumentando a velocidade de escoamento da água, condicionando aos agroecossistemas de GXve2, os quais estão localizados a 400 m noroeste do exutório do riacho da Lage a um ambiente de perdas, enquanto os agroecossistemas do GZo, situado

3100 m deste mesmo exutório, funciona como ambiente de deposição. Ou mesmo, em decorrência de uma possível diferenciação no tempo do uso e manejo agrícola anterior aos 15 anos de cultivo da banana nesses ambientes.

Fraga & Salcedo, (2004) avaliando sistemas de produção familiar na zona semiárida dos estados da Paraíba e Pernambuco, identificaram que em sistemas com maior adoção de práticas conservacionistas as perdas de C e N foram de 20% devido à degradação bioquímica enquanto que em sistemas menos conservacionistas as perdas alcançaram 50% devido a processos erosivos. Rangel & Silva (2007) ressaltam que em longo prazo os sistemas mais conservacionistas tendem a incrementar o teor de matéria orgânica em superfície. Resultado semelhante foi obtido em experimentos de longa duração no sul e sudeste do Brasil (Nascimento et al., 2010; Conceição et al., 2005; Bayer et al., 2006).

Como parte do resultado do fracionamento físico da matéria orgânica do solo, o teor de C-MOP na camada de 0-5 cm no RYn de 0,82 dag kg⁻¹, foi significativamente superior aos valores de 0,26, 0,37 e 0,38 dag kg⁻¹ encontrados, respectivamente, no GZo, GXve2 e GXve1 (tabela 2). Ainda nessa tabela, verifica-se que na camada de 5-10 cm, a diferença entre os solos foi menos expressiva, apresentando diferenças estatísticas apenas entre o RYn com 0,38 dag kg⁻¹ e o GZo com 0,25 dag kg⁻¹.

Por ser a fração particulada dominada por resíduos orgânicos em estágios iniciais de decomposição (Christensen, 2000), e possuir como a principal rota de entrada de carbono ao solo a decomposição das raízes e os tecidos da parte aérea das plantas, é de se esperar que a maior quantidade de C-MOP esteja na camada superficial, conforme verificado neste estudo e por outros autores (SALTON, 2005; NASCIMENTO et al, 2010).

Dessa forma o efeito do manejo sobre a C-MOP é observado em médio prazo, de 2 a 5 anos (Mielniczuk, 2008), assim os resultados desse estudo devem-se, em grande parte, ao aporte de materiais com características heterogêneas ao RYn. Enquanto que nas áreas sob cultivo, visualmente, tem-se uma diferenciação expressiva no porte das plantas, GZo << GXve2 < GXve1, refletindo na quantidade de material que é aportado anualmente e a dinâmica da água conforme já descrito.

Valores de C-MOP acima ou iguais a uma condição de referência constitui uma maior segurança sobre o fluxo de carbono para o solo, constituindo a fração C-MAM, além de promover a manutenção da atividade biológica. Mas, se não houver a disponibilidade da matéria orgânica lábil em quantidade suficiente os processos de oxidação da MOS irão resultar em redução do estoque de C no solo, dando início ao processo de perda da qualidade do solo (SALTON, 2005).

Ainda na tabela 2, verifica-se que o RYn apresentou o maior valor de C-MAM ($1,77 \text{ dag kg}^{-1}$) diferenciando-se dos demais solos aluviais amostrados. Ao considerarmos o horizonte A do RYn, como condição de referência por não ser manejado, GXve2 apresenta a maior redução do C-MAM (39%), seguido do GXve 1, (26%) e do GZo (17%).

Pelo fato do C-MAM ser considerado a fração do carbono quimicamente estável e ativa que interage com a superfície dos minerais, formando complexos organo-minerais de relevante importância no seqüestro do C (Silva & Mendonça, 2007).

Nesse estudo verifica-se que o RYn, apresentou uma maior capacidade de seqüestrar carbono no horizonte A, em relação aos demais solos amostrados, em função das menores perturbações mecânicas dos solos observadas neste ambiente, evidenciado pelos elevados valores de C-MOP, conforme verificado por SALTON (2005). Enquanto que nos agroecossistemas cultivados, este comportamento pode ser devido ao aumento do dinamismo da matéria orgânica vivente e não vivente em decorrência do aumento da população e atividade de microorganismo ocasionado por adições de apenas materiais lábeis, causando a degradação da MOS nativa, o que tem sido referenciado como efeito “priming” (Demolinari, 2008; Silva & Mendonça, 2007; Kuzyakov et al., 2000); bem como da degradação pela exposição da MOS no preparo da áreas para cultivo sem haver tempo para o reestabelecimento do sistema.

Nitrogênio e frações de MOS

O nitrogênio total, nas camadas em estudos apresentou comportamento estatístico diferenciado entre os ambientes, conforme verifica-se na tabela 3. O teor encontrado no RYn de $0,25 \text{ dag kg}^{-1}$, sob ambiente de caatinga foi 36% inferior ao GZo, 25% maior do que o encontrado no GXve1 e 5% maior que o GXve2, embora não tenha sido estatisticamente diferente deste último. Aparentemente, esses resultados divergem de diversos estudos (Camargo et al., 1999; Solomon, et al., 2000; Cantarella, 2007) que apresentam tendências equilibradas entre os teores de CO e NT, justificando que cerca de 90-95% do NT do solo está presente na forma orgânica. É possível que tenha ocorrido transporte e sedimentação preferencial de materiais orgânicos com maior concentração de nitrogênio em sua estrutura.

Na tabela 3, verifica-se comportamento do N na fração particulada (N-MOP) semelhante ao NT, crescente do ambiente de domínio do GXve1 para a zona de domínio do GZo, porém com uma diferenciação estatística mais acentuada. No entanto, o teor de N-MOP do GXve1 e GXve2, não apresentou diferenciação estatística em relação ao RYn, o qual se encontra recoberto pela vegetação nativa. Esses resultados ratificam o modelo construído para explicar a dinâmica do carbono, e indica que o ambiente do GZo por apresentar se como ambiente de maior deposição de material orgânico lábil teria o potencial de promover a atividade de microorganismo.

Tabela 3. Teor de nitrogênio total do solo (NTS), nitrogênio total na fração associada a minerais (N-MAM), nitrogênio total na fração particulada (N-MOP), na camada de 0 -10 cm .

	NTS	N-MOP	N-MAM
	dag kg ⁻¹ de solo		
GXve1	0,188 C	0,089 C	0,098 B
GXve2	0,239 BC	0,137 B	0,1 B
GZo	0,340 A	0,181 A	0,16 A
RYn	0,250 B	0,095 BC	0,155 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

O teor de N-MAM nos ecossistema do RYn foi de 0,155 dag kg⁻¹, equivalendo ao encontrado nos agroecossistemas do GZo com valor médio de 0,160 dag kg⁻¹ e superior a média dos teores nos agroecossistemas GXve1 (0,098 dag kg⁻¹) e GXve2 (0,100 dag kg⁻¹). Este comportamento mostra a necessidade de um monitoramento dos ambientes em longo prazo para que se tenha mais elementos que expliquem as dinâmicas ocorridas tanto no C-MAM, quanto no N-MAM, desses agroecossistemas.

Índice de Manejo de Carbono

O índice de manejo de carbono (IMC) avalia de forma integrada a qualidade do solo, em função de uma condição de referência, avaliando o compartimento lábil e o não lábil da matéria orgânica do solo, visto que estes compartimentos têm influência direta nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

O índice de compartimento de carbono (ICC) em todos os agroecossistemas foram inferiores estatisticamente ao ambiente sob Caatinga não manejada (RYn). Os ambientes GXve1 e GZo, com 0,80 e 0,85 respectivamente não diferiram estaticamente entre si, enquanto o GXve2 obteve o menor ICC (0,69) diferindo dos demais ambientes.

Tabela 4. Efeito dos sistemas de cultivo, no índice de compartimento do carbono (ICC), labilidade (L), índice de labilidade (IL), e no índice de manejo do carbono (IMC) na camada de 0 -10 cm em solos aluviais.

	ICC	L	IL	IMC (%)
GXve1	0,80 B	0,27 B	0,47 B	37,70 B
GXve2	0,69 C	0,32 AB	0,55 B	39,40 B
GZo	0,85 B	0,18 C	0,32 C	27,60 C
RYn	1,00 A	0,38 A	1,00 A	100,00 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

A labilidade da MOS, ou seja a relação C-MOP/C-MAM, é indiretamente influenciada pelas condições que governam o aporte e o tempo de residência da matéria orgânica ao solo. Neste estudo verificou-se que independentemente da profundidade analisada o RYn apresentou maior labilidade do C (0,38), seguido do GXve2 (0,32) sem, contudo apresentar diferenças significativas GXve1(0,27) e

RYn. Enquanto que a labilidade da MOS no GZo(0,18), foi inferior aos demais ambientes analisados. Nascimento et al. (2009), encontraram relações de labilidade semelhantes na camada superficial de um Gleissolo Háplico, quando submetido a sistema de preparo convencional por 11 anos. A baixa diferenciação encontrada entre a labilidade do RYn e GXve2 é devida a relação de proporcionalidade entre as frações da MOS em cada solo.

O índice de labilidade reflete a proporção de acréscimo ou decréscimo na labilidade do C. Neste estudo todos os sistemas de cultivo apresentaram decréscimos em relação à caatinga (RYn). Sendo que as reduções do IL, de 53% no GXve1 e 45% no GXve2, não foram diferentes entre si, no entanto a redução ocorrida no GZo foi mais intensa diferindo dos demais tratamentos.

Como resultado do produto do ICC com o IL, tem-se o índice de manejo de carbono (IMC) que avalia as mudanças no COS, no carbono lábil (C-MOP) e não lábil (C-MAM) e é considerado indicador das alterações da matéria orgânica do solo, sob diferentes condições. Valores de IMC > 100 indicam que os sistemas estão apresentando melhoria da sustentabilidade enquanto valores inferiores a 100 são indicativos de impacto negativo das práticas culturais sobre os teores de MOS (Blair et al.,1995). Assim, independente da posição na paisagem e da profundidade, houve reduções na qualidade do solo representadas pelos baixos valores do IMC (Tabela 4). Os agroecossistemas sob domínio GXve1 e GXve2 tiveram reduções semelhantes, 62,3 e 60,6% respectivamente, no entanto, o ambiente do GZo diferenciou-se de todos os tratamentos com declínio de 72,4%. De modo geral, verifica-se que o principal fator de redução do IMC foi devido aos baixos valores do IL. Entretanto, nas condições estudadas retrata-se uma situação que não pode ser analisada de forma isolada, sem considerar o contexto das condições ambientais. Conceição (2010), avaliando o efeito de sistemas de produção sob irrigação e de sequeiro nos estoques totais no solo de C e N e dos compartimentos de C orgânico em Cambissolo situado no semiárido baiano, relatou na camada de 0-0,10 m, valores IMC inferiores a 100 em todos os sistemas estudados, indicativos de impacto negativo das práticas de manejo sobre os teores da matéria orgânica e qualidade do solo.

Elementos-Traço

Dentre os elementos analisados, o As, Cd, Co, e Mo, apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do aparelho. É provável que o alto fator de diluição das amostras no processo de extração tenha refletido nas baixas concentrações no extrato. No entanto, à exceção do alumínio, ferro e manganês, que não possuem valores críticos referendados na legislação brasileira, os demais elementos cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco apresentaram teores abaixo do valor de prevenção (Tabela 5), estabelecido pela Resolução n. 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2009), a qual dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. Segundo essa resolução, o valor de prevenção consiste na concentração de determinada substância no solo que não o impossibilite a sustentar as suas funções principais.

Tabela 5. Teores de metais pesados nos diferentes sistemas de uso e manejo agrícola.

	Cr	Mn	Ni	Pb
	mg dm ⁻³			
GXve1	17,5 A	287,9 B	3,85 B	5,10 B
GXve2	12,2 A	276,9 B	3,24 B	5,30 B
GZo	21,4 A	512,6 A	7,1 A	10,50 A
RYn	19,5 A	335,6 B	2,23 C	3,85 B
Valor de referência (CONAMA, 2009)	75,0	----	30,0	72,0
	Zn	Fe	Al	Cu
	mg dm ⁻³			
GXve1	13,8 B	6440,1 B	6878 B	10,50 A
GXve2	12,3 B	4744,2 B	5364 B	12,80 A
GZo	19,8 A	8191,0 A	10893 A	16,30 A
RYn	7,8 C	5871,3 B	4878 C	8,52 A
Valor de referência (CONAMA, 2009)	300,0	----	---	60,0

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%

Nas áreas sob cultivo, os teores de Fe, Mn, Al, Zn, Pb e Ni foram superiores nos agroecossistemas sob domínio do GZo, diferindo estatisticamente

das médias encontradas nos domínios do GXve1 e GXve2. Enquanto que os agroecossistemas do GXve2 apresentaram valores médios mais baixos dos elementos-traço na camada de 0-5 e 5-10 cm do solo, (mg kg^{-1}): 12,2, 276,9, 4.744,2, 12,3, 3,24 e 5.364,0 para Cr, Mn, Fe, Zn, Ni e Al, respectivamente. Em termos percentuais os agroecossistemas sob domínio do GZo, apresentaram média superior ao ambiente do RYn, de 9%(Cr), 39%(Fe), 53%(Mn), 91%(Cu), 123%(Al), 154%(Zn), 173%(Pb), 218%(Ni).

Avaliando os impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Salitre, Brito (2003), encontrou na área de domínio GZo, respectivamente no solo e no sedimento em mg dm^{-3} , de Cu (1,3; 6,6), Fe (19,0;70,0), Mn (20,1;70,0), Zn (2,4;3,5), Cr (0,06; <0,01), Pb (--;5,04) e Ni (0,11; 0,54). Verifica-se que os resultados deste estudo foi superior aos valores encontrados por Brito(2003), em solo do ambiente do GZo. É provável que tal diferença encontrada nos resultados esteja em função da metodologia utilizada para extração dos elementos-traço.

Segundo Guilherme et al (2005), os elementos-traço ocorrem naturalmente em solos e em sistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais mesmo sem a perturbação antrópica do ambiente, e o aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas. Neste estudo a presença desses elementos no ambiente sem perturbação antrópica, tal como o RYn, revela que estes elementos nas áreas sob cultivo, são nativos na microbacia. Essa conclusão é ratificada, nos mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais (Sampaio et al, 1985), apresentando minas de Mn em metarenitos, na forma de pirolusita e psilomelana, a jusante da área cultivada, e pela presença de Cu e Zn em sedimentos correntes da microbacia, além de indícios de Pb, Zn e Ba presentes em metacalcários do grupo Bambuí.

Em toda a extensão amostrada de Gleissolos da microbacia, a presença de concreções de manganês, foi verificada pela reação ao peróxido de hidrogênio, ora capeando fragmentos de rochas. Oliveira et al. (2001), caracterizando concreções ferro-manganosas, em solos desenvolvidos de calcário no norte de Minas Gerais encontraram valores elevados de Co, Ni e Pb que tendem a acompanhar o manganês explicado pela fixação seletiva de alguns

minerais pesados pelos óxidos de Mn, principalmente pela sua carga superficial negativa, e de Cu, Zn e Cr com o ferro .

Entretanto, o teor encontrado no ambiente GZo também está relacionado ao processo de oxi-redução, passível de ocorrer nos solos GXve1, GXve2 e GZo, devido à flutuação da altura do lençol freático, como pelas inundações periódicas, e pelo uso de irrigação de grande volume, com baixa frequência. O ambiente redutor atua desestruturando as ligações químicas dos óxidos (Rocha et al., 2004), de Mn, Al e Fe e a conseqüente liberação para a solução do solo de metais co-precipitados, como Zn, Co, Ni, Cu e Mn e dos complexos organometálicos. Como os agroecossistemas do GZo estão em cotas altimétricas mais baixas da planície irrigada, este consiste em ambiente naturalmente de deposição.

CONCLUSÕES

1. Os solos sob cultivo agrícola sofreram perdas de carbono orgânico, nas diferentes frações avaliadas em relação ao solo sob caatinga, devido à ausência de perturbação mecânica neste último ambiente.
2. Os índices de compartimento de carbono (ICC), indicam que, em relação á referência (Caatinga), houve reduções nos teores de COS em todos os agroecossistemas, sendo superior no ambiente de GZo > GXve2 = GXve1.
3. A dinâmica da água na microbacia, tem favorecido ao processo enriquecimento dos teores de sais solúveis, e da concentração dos elementos traços em frações biodisponíveis, nos agroecossistemas do GZo.

LITERATURA CITADA

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; BERTON, R. S. Análise química de solos para metais pesados. In: ALVAREZ V., V. H.; SACHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W.; COSTA, L. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p.645-691.

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. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), Viçosa – MG, p.25-32, 1999.

ALVES, G. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. & SILVA, V. M. Potencial de mineralização de n e de c em vinte solos de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo** v. 23: n. 2. p.245-256, 1999.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. Ed. Blackie Academic & Professional. New York, John Wiley & Sons, 1990. 1-39 p.

BAYER, C.; MARTIN - NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A. & MIELNICZUK. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil Till. Res.**, 91: 217 – 226, 2006.

BARONA, A.; ROMERO, F. Distribution of metals in soils and relationships among fractions by principal component analysis. *Soil Technology*, Cremlingen, v.8, p.303-319, 1996.

BONA, F. D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.921-920, 2006.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. e LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Aust. J. Agric. Res.**, v. 46 p.1459-1466, 1995.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. **PROJETO BAHIA**: Relatório da primeira fase – folhas SC. 24YA VI Mirangaba - BA: mapa geológico 1:100.000. Salvador: 1971. 11p. (Convênio DNPM – CPRM)

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto **RADAMBRASIL**: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju / Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série Levantamento de Recursos Naturais, 30).

BRITO, L. T. de L. Avaliação de impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Salitre-BA e classificação das fontes hídricas. Campina Grande: UFCG – Centro de Ciências e Tecnologias Departamento de Recursos Naturais. 2003, 184p. (Tese Doutorado)

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis. p. 27-39, 1999.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Sci Soc Am J.** 56:777-783, 1992.

CANTARELLA, E. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.375 – 470, 2007.

CHAN, K. Y. Consequences of Changes in Particulate Organic Carbon in Vertisols under Pasture and Cropping. **Soil Science Society of America Journal** 61(5) 1376-1382, 1997

CHAN, K. Y. Soil particulate organic carbon under different land use and management. **Soil Use and Management** 17, 217-221, 2001

CHEN, F. S.; ZENG, D. H. FAHEY, T. J.; LIAO, P. F. Organic carbon in soil physical fractions under different-aged plantations of Mongolian pine in semi-arid region of Northeast China. **Applied Soil Ecology**. 44: 42-48, 2010.

CHRISTENSEN, B. T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. **Tjele: Plant Production**, 2000.

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

CONCEIÇÃO, A. M. da S. B **Estoque de carbono e qualidade do solo em Cambissolo do semiárido baiano**. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia.

CUNHA, T.J.F. & RIBEIRO, L.P. Qualidade e relações pedogenéticas da matéria orgânica de alguns solos da região do Irecê (BA). **R. Bras. Ci. Solo**, 22: 693-704, 1998.

DEMOLINARI, M. S. M. et al. Efeito da solução de separação densimétrica na quantidade e qualidade da matéria orgânica leve e na quantificação do carbono orgânico da fração pesada. **R. Bras. Ci. Solo**, 32 (2): 871-879, 2008.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: **Defining soil quality for a sustainable environment**. DORAN, J. W. et al. Madison, Wisconsin, USA, Soil Science Society of America (SSSA), p. 3 – 21, 1994.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of Organic Nutrient Pools in Tropical Semi-Arid Soils under Subsistence Farming. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 68 : 215–224, 2004.

GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Paraíba : UFPB, 1997.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q. CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos In: VIDAL-TORRADO, P. et al (eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4. p. 345-390. 2005.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World**, Vol. 2: Technical papers. Bangkok, Thailand: International Board for Research and Management, p. 175- 203, 1991.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA ,E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A. & GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:821-832, 2003

KUZYAKOV, Y.; FREIDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology & Biochemistry**. 32:1485-1498, 2000.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas, p. 1-5. In. SANTOS, G. de A.; et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, cap. 1, p. 1-5, 2008.

NASCIMENTO, P. C. do; BAYER, C; NETTO, L. de F. da S.; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M. & MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **R. Bras. Ci. Solo**, 33: 1821-1827, 2009.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo**. 34: 339-348, 2010.

OLIVEIRA, T.S. **Metais pesados como indicadores de materiais de origem de solos**. 1996. 128f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

OLIVEIRA, C.V. et al. Caracterização de concreções ferro-manganosas de solos de calcário no Norte do Estado de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 25 (3): 565-574, 2001.

PANSU, M.; GAUTHEYROU, J. **Handbook of soils analysis – mineralogical, organic and inorganics methods**. New York: Spring, 2006. 993p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.181-188, 2001.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1609-1623, 2007.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: RIBEIRO, M. R.; NASCIMENTO, C. W. A. do; RIBEIRO FILHO, M. R.; CANTALICE, J. R. B. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v 6. p. 413-459. 2009a.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. de F. C.; & FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos solos salinos e sódicos *In*: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R. (Ed.) **Química e mineralogia do solo. Parte II: aplicações**. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa. 2009b.

SALCEDO, I. H. & SAMPAIO, E. V. S. B. **Matéria orgânica do solo no bioma caatinga**. In: SANTOS, G.S.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, p.419-441, 2008.

SALTON, J. C. **Matéria Orgânica e agregação do solo na rotação lavoura pastagem em ambiente tropical**. Porto Alegre. UFRGS – Faculdade de Agronomia Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, 2005 158 p. (Tese de Doutorado)

SAMPAIO, R. A.; SOUZA, J. D. & NEVES, J. P. das. **Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais folha SC.24-Y-A Mirangaba**. Escala 1:250.000, vol 1. Salvador:CPRM. 1985. 71 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. Viçosa: Sociedade

Brasileira de Ciências do Solo/EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SAS INSTITUTE CORPORATION. Propriety software release (software) 6.08. Cary, 1983.

SEI – Superintendência de estudos econômicos e sociais da Bahia . **Balço hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999. 250 p.

SILVA, I. R.; SÁ MENDONÇA, E. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**, Viçosa –MG. Sociedade Bras de Ciência do Solo, 2007.

SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POWLSON, D.S.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1121-1128, 2001.

SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Land use effects on soil organic matter properties of chromic luvisols in semi-arid northern Tanzania: carbon, nitrogen, lignin and carbohydrates. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 78: 203 – 213, 2000.

VIEIRA, F. C.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; DIEKNOW, J. & MIELNICZUK, J. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in na Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil Till. Res**. 96: 195 – 204, 2007.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE MULTIVARIADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SOLOS ALUVIAIS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAATINGA DO MOURA ²

² Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

ANÁLISE MULTIVARIADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SOLOS ALUVIAIS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAATINGA DO MOURA

Autor: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Orientador: Jorge Antonio Gonzaga Santos

RESUMO: A substituição da vegetação nativa por agroecossistemas, usualmente, reduz a qualidade do solo. Esse estudo objetivou selecionar um banco de dados mínimo baseado na análise de Componentes principais e construir um Índice de Qualidade do Solo que pudesse avaliar a influência do manejo na fertilidade e na mudança da qualidade ambiental dos solos da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura. O banco de dados original era constituído das seguintes 31 variáveis, pH(H₂O), pH(CaCl₂), Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, P-disp, CTC, PST, Carbono orgânico do solo (COS), C-MOP, C-MAM, C-MAM/Argila+Silte, C-MAM/COS, NT, N-MOP, N-MAM, Pb, Zn, Ni, Cu, Mn, Cr, IMC, ICC, índice de labilidade (IL), C-MOP/C-MAM, Areia, Argila+Silte, CE, P-rem, coletadas de quatro ambientes de solos aluviais: GXve1, GXve2, GZo e RYn, amostrados em duas profundidades 0–5 e 5–10 cm. A análise dos componentes principais reduziu as 31 variáveis em 5 (IL, areia, C-MAM, C-MOP/C-MAM e P-disponível) distribuídas em 3 CP relacionados com a dinâmica do elemento-traço (42,9%), retenção de carbono no solo (21,1%), e ciclagem de nutrientes (11,5%)., o que explicou cerca de 76% da variação total dos dados. As áreas sob manejo agrícola apresentaram baixos valores de IQS (0,485 a 0,671) quando comparado com o solo sob vegetação nativa (0,710), o IQS-PCA da área de domínio do GXve2 (0,485), foi inferior ao IQS-ICP do RYn (0,710), GZo (0,671) e GXve1 (0,594). O IQS-PCA dessas últimas três solos não diferiram entre si..

Palavras-chave: Componentes principais, Indicador, Índice de Qualidade do Solo.

MULTIVARIATE ANALYSIS IN THE EVALUATION OF QUALITY OF ALLUVIAL SOILS OF THE HYDROGRAPHIC MICRO BASIN OF THE RIVER CAATINGA DO MOURA

Author: José Augusto Monteiro de Castro Lima

Adviser: Jorge Antonio Gonzaga Santos

SUMMARY: The replacement of the native vegetation for agroecosystems, usually, leads to the reduction of the soil quality. The present study aimed to select a minimum data set, based on Principal of Component Analyse, and to construct a Soil Quality Indice that could account for the fertility and environmental changes of soils in the micro Basin of the River Caatinga do Moura. The original data set was made up the following 31 soil variables: pH(H₂O), pH(CaCl₂), Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, P-available, CEC, PES, Soil organic carbon (SOC), C-MOP, C-MAM, C-MAM/Clay+Silt, C-MAM/SOC, TN, N-MOP, N-MAM, Pb, Zn, Ni, Cu, Mn, Cr, Carbon Mangement Index (CMI), ICC, labile Index (LI), C-MOP/C-MAM, sand, clay+silt, EC, P-remaining, collected from four alluvial soils: GXve1, GXve2, GZo and RYn, sampled at 0-5 and 5-10 cm depth. The PCA anlyses reduced the data base from 31 variables into 5 (LI, sand, C-MAM, C-MOP/C-MAM and P-available LI, sand, C-MAM, C-MOP/C-MAM and P-available) distributed in three PC related to the dynamics of trace elements (42,9%), soil carbon retention (21,1%), and nutrients cycling (11,5%), which explained about 76% of the total data variation.. The areas under agricultural Management presented low SQI values (from 0.485 to 0.671) as compared to the native vegetation (0.710). The area under GXve2 domains had the lower SQI-PCA index (0,485) as compared with RYn (0.710), GZo (0.671) and GXve1 (0.594). The SQI-PCA of the last three soils did not differ among themselves.

Key Word: Principal components, Indicador, Soil Quality Index.

INTRODUÇÃO

O conceito de Qualidade do Solo evoluiu ao longo da década de 1990 em resposta ao aumento da ênfase global sobre o uso sustentável da terra e com um enfoque holístico sobre o manejo sustentável do solo (Karlen et al., 2003). A qualidade do solo foi definida como, a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água, promovendo a saúde humana e a habitação (Doran & Parkin, 1994).

Segundo Chaer & Totola, (2002), existem diversas proposições de métodos e modelos para avaliação do índice de qualidade do solo, entretanto todos são conceitualmente similares e derivam daqueles propostos para determinação dos índices de produtividade do solo proposto por Storie (1933).

Glover et al. (2000) resumiram algumas abordagens de métodos de avaliação da qualidade do solo., os autores destacaram o uso da estatística na avaliação temporal (Pierce & Larson, 1993); a integração dos indicadores de qualidade do solo em um índice, utilizando o técnicas de krigagem com base na geoestatística não paramétrica (Smith et al., 1993); a utilização de uma simples função multiplicativa para integrar e avaliar a qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994); e por último, a utilização das curvas de pontuação normalizada para a integração de indicadores e avaliação do impacto de um sistema de produção na qualidade do solo proposta por Karlen & Stott (1994).

Diversos atributos do solo têm sido referenciados como indicadores de qualidade do solo, entretanto a seleção de um conjunto mínimo de indicadores que expresse a capacidade do solo em exercer determinada função tem sido objeto de pesquisa. Brejda, et al (2000), identificaram dois problemas que impedem uma avaliação em escala regional da qualidade do solo. Os conjuntos mínimos de indicadores propostos na literatura avaliam a qualidade do solo em condições geográficas mais restritas; e muitos dos atributos do solo que contribuem para qualidade do solo estão altamente correlacionados.

Segundo Fikdalski et al. (2007), os estudos que quantificam a qualidade do solo, de modo geral, possuem inúmeras variáveis, as quais são descritas por meio das estatísticas univariadas, comprometendo, possivelmente, as interpretações e as conclusões destes, por não ser explorada a existência ou dependência entre as variáveis analisadas.

Dessa forma, o uso das técnicas multivariadas têm sido adotado para resumir as informações, contida no complexo de variáveis originais, eliminando as informações redundantes existentes em decorrência da correlação entre variáveis facilitando a interpretação das análises realizadas além de identificar as variáveis de maior expressão em cada grupo. (Masto et al., 2008; Marinari et al., 2006; Bredja et al., 2000).

Carvalho Jr. et al (2008), com o objetivo de avaliar atributos químicos e físicos de Argissolos na faixa atlântica brasileira, utilizaram a análise de componentes principais e encontraram que os cinco primeiros componentes corresponderam por 70% da variação dos dados, sendo que essa análise permitiu o melhor entendimento das relações geomorfoedológicas dos Argissolos nos diferentes domínios estudados. Por sua vez, Freddi et al. (2008) avaliando o efeito de diferentes intensidades de compactação na qualidade física de um Latossolo Vermelho textura média, localizado em Jaboticabal (SP), sob cultivo de milho, utilizaram métodos de estatística multivariada e evidenciaram que elevadas produtividades de milho estão correlacionadas com o bom crescimento da parte aérea das plantas, em condições de menor densidade do solo, proporcionando elevada produção de matéria seca das raízes, contudo, de pequeno diâmetro.

De forma que os objetivos desse estudo foram: i) Identificar os principais processos de variação na qualidade dos solos, por meio de atributos químicos relacionados a fertilidade e a qualidade ambiental; ii) Selecionar um conjunto mínimo de atributos que expliquem a maior parte da variação das relações encontradas relacionada à fertilidade e a qualidade ambiental; e iii) elaborar um índice de qualidade que possam descrever e mensurar a condição atual dos ambientes estudado da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, por meio da técnica de componentes principais.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do meio físico

A área do estudo está localizada na microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, afluente do rio Salitre compreendida entre as coordenadas planas de 303.572 e 314.081m E, e 8.791.718 e 8.785.184 m S, no município de Jacobina integrante do Território Piemonte da Diamantina, Bahia - Brasil.

O clima predominante na microbacia é enquadrando-se na classificação de Koppen como Semiárido, BSw. A temperatura média anual é de 23,2 °C, com precipitação média anual de 400 mm e evapotranspiração potencial de 1152 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de outubro a abril SEI (2001).

O embasamento geológico é constituído por sedimentos aluviais constituídos por material clástico grosseiro e esbranquiçado, contendo quartzo, feldspato, palhetas de mica e matéria orgânica, tendo contato litológico com rochas calcárias da formação Bambuí e Bebedouro (Brasil, 1983).

Na zona do médio curso do rio, foram amostrados três Gleissolos e um Neossolo Flúvico: GXve1, GXve2, GZo e RYn, nas cotas altimétricas de 650, 620, 610 e 590 respectivamente, em duas profundidades 0–5 e 5–10 cm, em nove repetições constituindo o delineamento experimental em Bloco ao Acaso em esquema fatorial 4 X 2. Optou-se por analisar apenas as camadas supra citadas, pois, por se tratar de solos aluviais as camadas mais profundas apresentam grandes variações nas características físicas e químicas, o que comprometeria a comparação entre elas.

Em função da natureza exploratória do mapa pedológico, no presente estudo, para fins de caracterização e descrição dos solos foi aberto um perfil em cada um dos quatro ambientes amostrados, conforme Santos et al. (2005). Após análise dos perfis, foram identificados três Gleissolos (perfis 1, 2 e 3) nas áreas mais próximas da barragem, onde o rio foi perenizado e o lençol freático está próximo à superfície, potencializado pelos sulcos de irrigação que permeiam as áreas cultivadas. Na cota mais baixa da paisagem, onde permanece o caráter temporário do rio, e não há cultivos irrigados; nas margens são encontradas áreas

de pastagem ou remanescentes da vegetação nativa (caatinga), nesta área o solo predominante é o Neossolo Flúvico (perfil 4). Tais solos estão caracterizados nas tabelas 1 e 2 e foram classificados utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 2006).

As áreas cultivadas possuem histórico de aproximadamente 100 anos de uso agrícola, com espécies de ciclo anual sob condições irrigadas em sistemas de sucos. Há aproximadamente 15 anos os cultivos anuais foram substituídos pela bananicultura.

Análises laboratoriais

As análises foram realizadas nos laboratórios de Metais Traços da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e nos Laboratórios de Elementos Traços e no Laboratório de Isótopos Estáveis, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Foram determinados os valores de pH (H₂O), pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) na relação 1:2,5 em potenciômetro; Ca⁺², Mg⁺² em extrato de KCl mol L⁻¹ na relação 1:10 solo/solução, por titulometria de complexação; K⁺, Na⁺ e P - disponível no extrator Mehlich 1 na relação 1:10 solo/solução, sendo quantificados por fotometria de chama (K e Na) e o fósforo pelo método colorimétrico; P-remanescente, em solução de 60 mg de P L⁻¹ em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ determinado por colorimetria; e Condutividade Elétrica obtida pela extração em pasta saturada determinada em condutivímetro de bancada. Após as determinações calculou-se a Capacidade de Troca Catiônica – CTC e a percentagem de saturação de sódio – PST. A metodologia utilizada encontra-se descrita por Raij et al., (2001) e Embrapa, (2009).

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo foi realizado conforme Cambardella & Elliot (1992). Foram pesados 5,0 g de TFSA em tubos de centrífuga, dispersos com 30 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹), com auxílio de esfera de vidro e submetidos à agitação horizontal por 16h a 120 oscilações por minuto e passados em peneira de 0,053 mm com auxílio de jatos de água. O material retido na peneira foi denominado de matéria orgânica particulada (MOP), e a fração que passou pela peneira foi denominada de matéria orgânica associada a minerais (MAM). Ambas foram secadas a 50°C, para

determinação da massa seca. As amostras foram moídas em almofariz de porcelana e passada por peneira de 0,15 mm de malha, e tratadas com HCl 0,1 mol L⁻¹ e novamente secadas a 50°C, antes da determinação do C e N em Analisador Elementar (Perkin Elmer CHNS/O2400). Os teores de carbono orgânico e nitrogênio total foram calculados pelo somatório das destes elementos nas frações MOP e MAM.

Para análise de metais pesados, utilizou-se o método SW 846- 3050 da US-EPA – *United Stated Environmental Protection Agency* para digestão das amostras e extração de Pb, Zn, Ni, Cu, Mn e Cr. Este método baseia-se no ataque por ácido nítrico e do peróxido de hidrogênio, liberando os metais ligados a fração orgânica, a óxidos e outras frações minerais, com exceção da fração silicatada. Para tanto as amostras de solo foram maceradas em almofariz de porcelana, passadas por peneira de malha de 70 mesh, conforme descrito por Raji. et al. (2001). Os elementos foram quantificados em ICP- AES (Perkim Elmer Optima 3300 DV).

O índice de manejo de carbono (IMC), proposto por Blair et al. (1995), e modificado por Vieira et al. (2007) foi calculado pela expressão: $IMC = ICC \times IL \times 100$, onde o ICC é o Índice de Compartimento de Carbono, calculado como: $ICC = \frac{COS_{cultivado}}{COS_{referência}}$, ou seja, a relação entre o COS da área cultivada e COS do sistema referência, caatinga. O IL representa o Índice de Labilidade (IL) determinado como: $IL = \frac{L_{cultivado}}{L_{referência}}$, onde L é a labilidade dada pela relação entre COP/CAM.

Índice de Qualidade do Solo

Os valores críticos para todos os atributos analisados são apresentados na Tabela 1. Os limites e a linha base para cada atributo foram definidos com levando em consideração valores críticos da literatura, ou valores medidos no sistema de referência - Caatinga. Utilizando os valores criticos e a linha os valores dos parâmetros do solo foram transformados em escore (0 a 1) sem unidade. Os escores foram calculados por meio de funções de pontuação padronizada (“*standardized scoring functions*”), que normalizam a medida do indicador para valores entre 0 e 1,0. As curvas de pontuação foram geradas a partir da equação sigmoideal de Wymore (1993):

$$PP = \frac{1}{1 + ((B-L)/(X-L))^{2S(B+x-L)}} \quad (1)$$

onde, PP é a pontuação padronizada; B é a linha base ou valor onde o valor do atributo é igual à pontuação equivalente a 0,5; L é o limite inferior; S é a inclinação da tangente da curva na linha-base e x é o valor do atributo avaliado.

A equação $Y = (x - i) / (s - i)$ foi usada para as equações de função “Mais é melhor”, $Y1 = 1 - (x - i) / (s - i)$ foi usada para as equações “Menos é melhor” e a combinação das duas para a equação “Ótimo”, onde Y ou $Y1$ é a pontuação, x é o valor da propriedade do efluente e i e s são os valores do limite inferior e superior, respectivamente (Masto et al., 2008).

A pontuação da qualidade dos sistema de manejo foi integrada no Índice de Qualidade de Solos como descrito a seguir:

$$IQS = \sum_{i=1}^n W_i x S_i \quad (2)$$

onde, W e S denotam o peso e a pontuação do atributo avaliado, respectivamente e n é o número de indicadores incluídos no índice.

Tabela 1 - Parâmetros das funções de pontuação dos indicadores de qualidade do solo respectivas referências utilizadas para defini-los.

Indicador	Curva de escore	Limite Inferior	Limite Superior	Linha Base Inferior	Linha Base Superior	Ótimo	Referência
C-MAM	Mais é melhor	0	2	1			Sistema de referência
Fósforo	Mais é melhor	5,9	33	19,5			Alvarez et al., 1999.
Areia	Ótimo	0,0	0,999	0,500	0,750	0,625	
C-MOP/ C-MAM	Mais é melhor	0	0,47	0,23			Sistema de referência
IL	Menos é melhor	0	1,0	0,5			

Para o cálculo do IQS baseado na análise de componentes principais – ACP (IQS_ACP) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$IQS = \sum_{i=1}^n P W_i x S_i \quad (3)$$

onde PW é o peso do fator na ACP e S é a pontuação do indicador.

Todos os componentes principais com eigenvalue ≥ 1 e quantidade de variação explicado pelo componente principal foi $>$ do que 10% foram examinados. Dentro de uma componente principal - CP, somente os atributos com alto loading ($>0,700$) foram retidos para compor o índice de qualidade. Quando mais de uma variável foi retida sob uma simples CP utilizou-se a correlação univariada para verificar se um dos atributos era redundante e nesse caso ele foi eliminado do cálculo do IQS (ANDREWS et al., 2001). Dentre os atributos bem correlacionados, os com loading mais altos (valor absoluto) foram escolhidos para compor o IQS.

Estatística dos dados

Utilizou-se a Análise de Fatores, sendo a extração dos fatores realizados pelo método dos componentes principais, utilizando a rotação Varimax Normalizada, análise de correlação de Pearson, mediante programa estatístico STATISTICA 7.0 (Statstof, 2004). Os dados do IQS-ACP foram submetidos a análise de variância, e ao teste de média Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de qualidade do solo

O processo de seleção de um conjunto mínimo de indicadores que melhor expressem a capacidade do solo em exercer as funções nos diferentes ambientes agrícolas tem sido objeto de pesquisa na Ciência do Solo. O uso de ferramentas estatísticas multivariadas, em especial análise da componente principal – ACP tem sido adotado para auxiliar na seleção de indicadores para estudos de qualidade de solo e água (Masto et al., 2008; Wander & Bollero, 1999; Marinari et al., 2005). A construção do ACP-Índice de Qualidade do Solo (ACP-IQS) dos diferentes ambientes foi obtido a partir de 31 variáveis.

Os três primeiros componentes explicam 75,5% da variação total, sendo que o primeiro componente teve um autovalor de 13,3 e explicaram 42,9 %, dos dados, os autovalores do segundo e do terceiro componente foram 6,5 e 3,6 e explicam com 21,1 % e 11,4%, respectivamente (Tabela 2). Na maioria dos estudos são utilizados apenas os dois primeiros componentes, por ser considerado suficiente para explicar os dados e pela facilidade de interpretação (Gomes et al., 2004; Fox e Metla, 2007; Vendrame et al., 2007; Freddi et al., 2008). No entanto, nesse estudo, em função da terceira componente explicar mais de 10% das variações, também foi retida para compor o ACP-IQS. Assim como, Carvalho Jr. et al. (2008) que em pesquisas buscando aprofundar o conhecimento sobre as relações pedogeomorfológicas dos Argissolos na faixa atlântica brasileira utilizaram três componentes para explicar.

As variáveis com maior *loading* ($> 0,700$) para o CP1 foram argila+silte (0,734), areia (-0,734), magnésio trocável (0,816), índice de labilidade (-0,882), índice de manejo de carbono (-0,807), e os teores de pseudototal de Ni (0,850), Pb (0,820), Zn (0,818). As variáveis de maior *loading* no CP-2 foram C-MAM (-0,968), C-MAM/Argila+Silte (-0,845), COS (-0,923), cálcio trocável (-0,949), ICC (-0,774); e as variáveis de maior *loading* no CP-3 foram C-MOP (-0,703), C-MOP/C-MAM (-0,824), C-MAM/COS (0,821) e P-disponível (-0,709).

Tabela 2- Autovalores, percentual de variância explicada e percentual acumulado da variância explicada por componente principal (CP) e os loadings das variáveis de cada componente.

	CP 1	CP 2	CP 3
Autovalores	13,3	6,5	3,6
% Variação explicada	42,9	21,1	11,5
% Variação acumulada	42,9	64,1	75,5
	CP 1	CP 2	CP 3
Argila+Silte	<u>0,734</u>	-0,137	0,589
Areia	<u>-0,734</u>	0,167	-0,587
C-MAM	0,041	<u>-0,968</u>	0,078
C-MAM/ (Argila+Silte)	-0,374	<u>-0,845</u>	-0,286
C-MOP	-0,389	-0,524	<u>-0,703</u>
COS	-0,162	<u>-0,923</u>	-0,290
C-MOP/ C-MAM	-0,455	-0,104	<u>-0,824</u>
C-MAM/COS	0,499	0,008	<u>0,821</u>
N-MAM	0,154	-0,680	0,085
N-MOP	0,251	0,249	0,019
NT	0,262	-0,173	0,058
pH H₂O	0,120	0,478	0,176
pH CaCl₂	0,295	0,012	0,373
Ca²⁺	-0,003	<u>-0,949</u>	-0,084
Mg²⁺	<u>0,816</u>	0,083	0,299
K⁺	0,408	0,161	-0,656
Na⁺	0,674	0,115	0,085
CTC	0,634	-0,613	0,013
PST	0,603	0,277	0,092
P-remanescente	-0,203	0,600	-0,434
P-Disponível	-0,104	-0,056	<u>-0,709</u>
CE	0,598	0,130	-0,071
ICC	-0,304	<u>-0,774</u>	0,294
IL	<u>-0,882</u>	-0,322	-0,091
IMC	<u>-0,807</u>	-0,502	-0,052
Cr	0,368	-0,358	0,133
Cu	0,044	0,240	0,684
Mn	0,666	-0,269	0,092
Ni	<u>0,850</u>	0,034	0,175
Pb	<u>0,820</u>	0,003	0,025
Zn	<u>0,818</u>	0,127	0,291

Entretanto, algumas variáveis selecionadas nos respectivos componentes apresentaram correlações elevadas. Na CP-1, o IL apresentou alta correlação com Pb (-0,71), Zn (-0,75), Ni (-0,74), Mg^{2+} (-0,73), Argila+Silte (-0,70), e IMC (0,97), não apresentando alta correlação com a Areia (0,68). Dentre as variáveis do CP2, o C-MAM apresentou o maior loading, e apresentou alta correlação com as demais variáveis representativas (loading > 0,7) desta componente, C-MAM/Argila+Silte (0,83), COS (0,90), Ca^{2+} (0,86) e com o ICC (0,71). No CP 3, o atributo de maior loading C-MOP/C-MAM, se correlacionou ($r > 0,7$) com C-MOP (0,90) e C-MAM/COS (-0,99), e correlação baixa (0,63) com o P-disponível (Tabela 3). Nesses casos, foi retida apenas a variável de maior loading assim como Andrews et al, (2001a) & Bomfim (2011), para eliminar a redundância das informações.

De maneira que a quantificação do índice de labilidade – IL, e do teor de areia nos agroecossistemas sob domínio de neossolo flúvico da microbacia, sugere que estes atributos podem servir como indicador da qualidade relacionada à presença de elementos tóxicos, e representa em grande parte a variação entre os ambientes amostrados, conforme verificado na variação explicada da CP1. Já a CP 2 sugere que a mensuração do C-MAM, indica sistemas mais eficientes em estabilizar e manter o carbono no solo, melhorando aspectos da fertilidade e reduzindo a emissão de gases de efeito; e a CP3, vincula-se a disponibilidade de nutrientes, como verificado pelo fósforo disponível e a relação C-MOP/C-MAM;

Para a construção do IQS foi adotada a proposição de Masto et al., (2008) utilizando como peso para cada variável de um componente principal a percentagem da variação. O índice de qualidade do solo (IQS-ACP) mostrou-se sensível estatisticamente as variações encontradas em seus componentes primários (IL, areia, C-MAM, C-MOP/C-MAM e P-disponível) entre os ambientes avaliados, conforme se verifica na figura 1. Considerando como parâmetros valores de referência para a prática agrícola, verifica-se que o ambiente de NYn, sob cobertura de Caatinga, obteve o IQS mais elevado, 0,710, seguido do GZo (0,671), GXve1 (0,594), e do GXve2(0,485). Sendo que o IQS do GXve2, com uma média de 32% e 28% mais baixa que o NYn e GZo, respectivamente, apresentou efeito significativo, porém não diferenciou do GXve1 que possui valores médios acima em 18%.

Tabela 3 Correlação entre as variáveis que compõe as componentes principais.

	Argila + Silte	Areia	C-MAM	C-MAM/ (Argila+ Silte)	C-MOP	COS	C-MOP/ C-MAM	C-MAM/ COS	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P-Disponível	ICC	IL	IMC	Ni	Pb	Zn
Argila+Silte	1																
Areia	-1	1															
C-MAM	0,19	-0,21	1														
C-MAM/ (Argila+Silte)	-0,39	0,36	0,83	1													
C-MOP	-0,58	0,57	0,43	0,77	1												
COS	-0,16	0,13	0,9	0,95	0,78	1											
C-MOP/ C-MAM	-0,76	0,76	0	0,46	0,9	0,43	1										
C-MAM/COS	0,82	-0,82	0,08	-0,42	-0,85	-0,35	-0,99	1									
Ca ²⁺	0,12	-0,14	0,86	0,78	0,61	0,89	0,24	-0,13	1								
Mg ²⁺	0,81	-0,81	-0,05	-0,51	-0,59	-0,33	-0,64	0,68	-0,15	1							
P-Disponível	-0,56	0,55	0,05	0,36	0,57	0,31	0,63	-0,65	0,08	-0,43	1						
ICC	0,1	-0,13	0,71	0,63	0,34	0,66	0,01	0,07	0,75	-0,18	-0,02	1					
IL	-0,7	0,68	0,25	0,63	0,54	0,44	0,48	-0,5	0,3	-0,73	0,25	0,54	1				
IMC	-0,59	0,56	0,43	0,74	0,57	0,58	0,43	-0,42	0,47	-0,67	0,23	0,69	0,97	1			
Ni	0,75	-0,75	-0,07	-0,48	-0,51	-0,29	-0,56	0,61	-0,02	0,91	-0,41	-0,2	-0,74	-0,68	1		
Pb	0,7	-0,7	-0,05	-0,41	-0,33	-0,2	-0,38	0,44	0,03	0,87	-0,32	-0,24	-0,71	-0,66	0,92	1	
Zn	0,78	-0,77	-0,11	-0,54	-0,59	-0,37	-0,62	0,66	-0,14	0,85	-0,47	-0,28	-0,75	-0,73	0,89	0,84	1

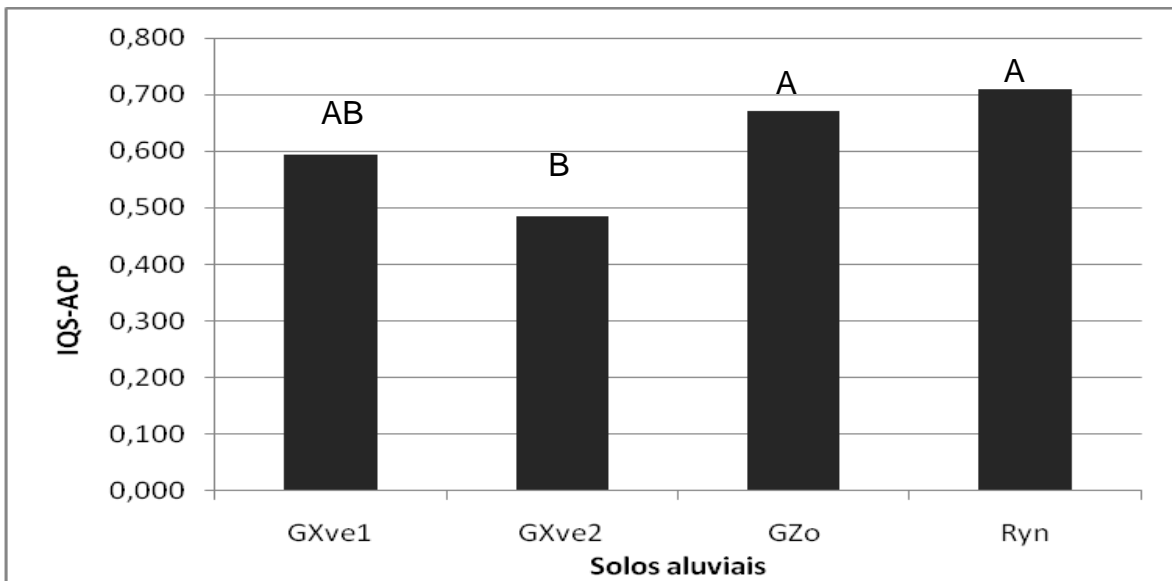


Figura 1 – Índice de Qualidade do Solo em quatro ambientes de solos aluviais da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura.

Este resultado sugere que dentre as áreas cultivadas o ambiente do GZo, apresentou as condições mais favoráveis para a manutenção das práticas agrícolas e integridade ambiental. A análise das contribuições de cada indicador na respectiva componente principal, tabela 4, demonstra que o principal fator de variação está relacionado ao indicador Areia, presente na primeira componente.

Tabela 4 – Distribuição dos IQS_ACP e de sua variabilidade, em cada componente principal e por indicador utilizado.

	CP1		CP2	CP3	
	IL	AREIA	C-MAM	L	P-DISP
GXve1	0,156	0,171	0,157	0,093	0,017
GXve2	0,180	0,047	0,129	0,108	0,020
GZo	0,105	0,314	0,176	0,063	0,013
NYn	0,330	0,032	0,212	0,115	0,021
CV(% das médias)	50	93	21	24	19

Essa situação é decorrente da função ótima utilizada para a padronização das observações do indicador areia (tabela 1), adotada em decorrência do papel condicionante que a textura do solo impõe sobre aspectos físicos do solo, no entanto a interpretação das correlações presentes na CP1 relaciona-se com dinâmica de elementos-traço no sistema. Deste modo verifica-se nessa condição que a função adotada para a padronização das observações superestimou o IQS.

CONCLUSÕES

1. A análise de componentes principais reduziu as 31 variáveis em três componentes principais, para três componentes principais que representaram 75,5% da variação total dos dados.
2. As variáveis que mais se destacaram no complexo de relações do solo foram IL, AREIA, C-MAM, C-MOP/C-MAM e P-disponível.
3. Os solos sob cultivos apresentaram perdas da qualidade do solo, em relação ao ambiente natural.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CATARUTTI, R.B. & LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.25-32 , 1999.

ANDREWS SS, MITCHELL JP, MANCINELLI R, KARLEN DL, HARTZ TK, HORWATH WR, PETTYGROVE GS, SCOW KM, MUNK DS. On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. **Agronomy Journal** 94: 12–23. 2001a.

ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; MITCHELL, J.P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1760: 1-21, 2001.

BLAIR. G.J.; LEFROY, R.D.B. e LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Aust. J. Agric. Res.**, v. 46 p.1459-1466, 1995.

BOMFIM, M. R. Qualidade e potencial fertilizante de efluente de esgoto. 2011. 62f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto **RADAMBRASIL**: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju / Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série Levantamento de Recursos Naturais, 30).

BREJDA, J. J.; MOORMAN, T. B.; KARLEN, D. L.; DAO, T. H. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains. **Soil Science Society of America Journal**. 64: 2115-2124. 2000.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Sci Soc Am J**. 56:777-783, 1992.

CARVALHO Jr. W. de; SCHAEFER, C. E. G.R.; CHAGAS, C. da S. & FERNANDES FILHO, E. I. Análise multivariada de argissolos da faixa atlântica brasileira. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2081-2090, 2008

CARVALHO, S. R. L. de **Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de metais pesados em solos derivados de sedimentos da formação Barreiras**. 2009. 195f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Bahia.

CONAMA, 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/conama>>.

CONCEIÇÃO, A. M. da S. B **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica de carbono e atributos correlatos de um cambissolo do semi-árido baiano**. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia.

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

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A. & SCAPIM, C.A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:9-19, 2007.

FOX, G.A. & METLA, R. Soil property analysis using principal components analysis. **Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, n. 6, p. 1782–1788, 2005.

FREDDI, O. DA S.; FERRAUDO, A. S. & CENTURION, J. F. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:953-961, 2008.

GHILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; RENÓ, N. B.; MACHADO, R. A. F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:27-34, 2000.

GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 80: 29–45, 2000.

GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos do bioma cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p. 137-153, 2004.

KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a**

sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America. p.53-72, 1994.

KARLEN, D.L.; ANDREWS S. S.; WIENHOLD, B. J.; DORAN, J. W. Soil quality: Humankind's foundation for survival. J. **Soil Water Conserv.** 58:171-179, 2003.

MANDAL, B.; MAJUMDER, B.; BANDYOPADHYAY, P. K; HAZRA, G. C.; GANGOPADHYAY, A.; SAMANTARAY, R. N.; MISRA, A. K.; CHAUDHURY, J.; SAHA, M. N.; KUNDU, S. Potential of cropping systems and soil amendments for carbon sequestration in soils under long-term experiments in subtropical India. **Global Change Biology.** 3: 357-369, 2008.

MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E.; GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. **Ecol. Indicators**, 6:701-711, 2006.

MASTO R. E.; CHHONKAR P. K.; SINGH D.; PATRA A. K. Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilisation and manuring for 31 years in the semi-arid soils of India. **Environ Monit Assess.** 136:419–435, 2008.

PIERCE, F. J.; LARSON, W. E. Developing criteria to evaluate sustainable land management. pp. 7-14. In: KIMBLE, J. M. (eds.) Proc. 8th Int. **Soil Management Workshop.** May 1993. USDA-SCS. Lincoln, NE. 1993.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, p.181-188, 2001.

SAS INSTITUTE CORPORATION. **Propriety software release (software)** 6.08. Cary, 1983.

SEI–Superintendência de estudos econômicos e sociais da Bahia. **Balço hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999. 250 p.

SMITH, J. L.; HALVORSON, J. J.; PAPENDICK, R. I. Using multiple-variable indicator kriging for evaluating soil quality. **Soil Science Society of America Journal**, 57: 743-749, 1993.

STATSOFT. **Statistical for Windows: user guide (software)**. Statsoft Incorporation, 2004.

STORIE, R. E. **An index for rating the agricultural value of soils**. Calif. Agric. Exp. Sta. Bull, 1933. 556p.

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.2. p. 195-276, 2002.

VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C. & BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859 – 864, 2007.

VIEIRA, F. C.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; DIEKNOW, J. & MIELNICZUK, J. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in na Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil Till. Res.** 96: 195 – 204, 2007.

VISCONTI, F.; DE PAZ, J. M.; RUBIO, J. L. Calcite and gypsum solubility products in water-saturated salt-affected soil samples at 25°C and at least up to 14 dS m⁻¹. **European Journal of Soil Science**, 61: 255–270, 2010.

WANDER M R.& BOLLERO, G. A. Soil quality assessment of tillage impacts of Illinois. **Soil Science Society of American Journal**. 63: 961-971, 1999.

WYMORE, W. **Model-Based Systems Engineering**, CRC Press, Boca Raton, 1993.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção de sistemas de monitoramento ambiental consiste em uma estratégia racional para a promoção de estilos de agricultura mais sustentáveis. Nesse estudo verificaram-se modificações significativas nos atributos químicos dos solos aluviais da microbacia, que influenciam a produtividade agrícola, a qualidade ambiental e a saúde humana.

Dentre os atributos a dinâmica da matéria orgânica do solo, nos dois capítulos desse estudo, demonstrou estreita relação com a qualidade agrícola e ambiental dos solos aluviais estudados. Os valores de carbono orgânico – C, encontrado nas áreas de cultivo sobre Gleissolos evidenciam os usos agrícolas adotados, nessas áreas foram de baixa capacidade na manutenção e/ou recuperação do C no solo. A tendência de enriquecimento de sais solúveis e de elementos traços nos agroecossistemas de Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neossólico– GZo, ratificam a necessidade de monitoramento ambiental dessas áreas, para a avaliação efetiva da capacidade de resiliência do atual sistema de manejo agrícola, e racionalizar o uso de sistemas mais conservacionistas de acordo com as características edafoclimáticas.

O uso do Índice de manejo de carbono – IMC, e o Índice de qualidade de solo com técnicas de análise de componentes principais – IQS_ACP, multivariadas, demonstraram promissoras para o monitoramento da qualidade agrícola e ambiental dos solos aluviais da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura, porém não deve-se isolar os contextos e aos atributos aos quais estão correlacionados.

APÊNDICE

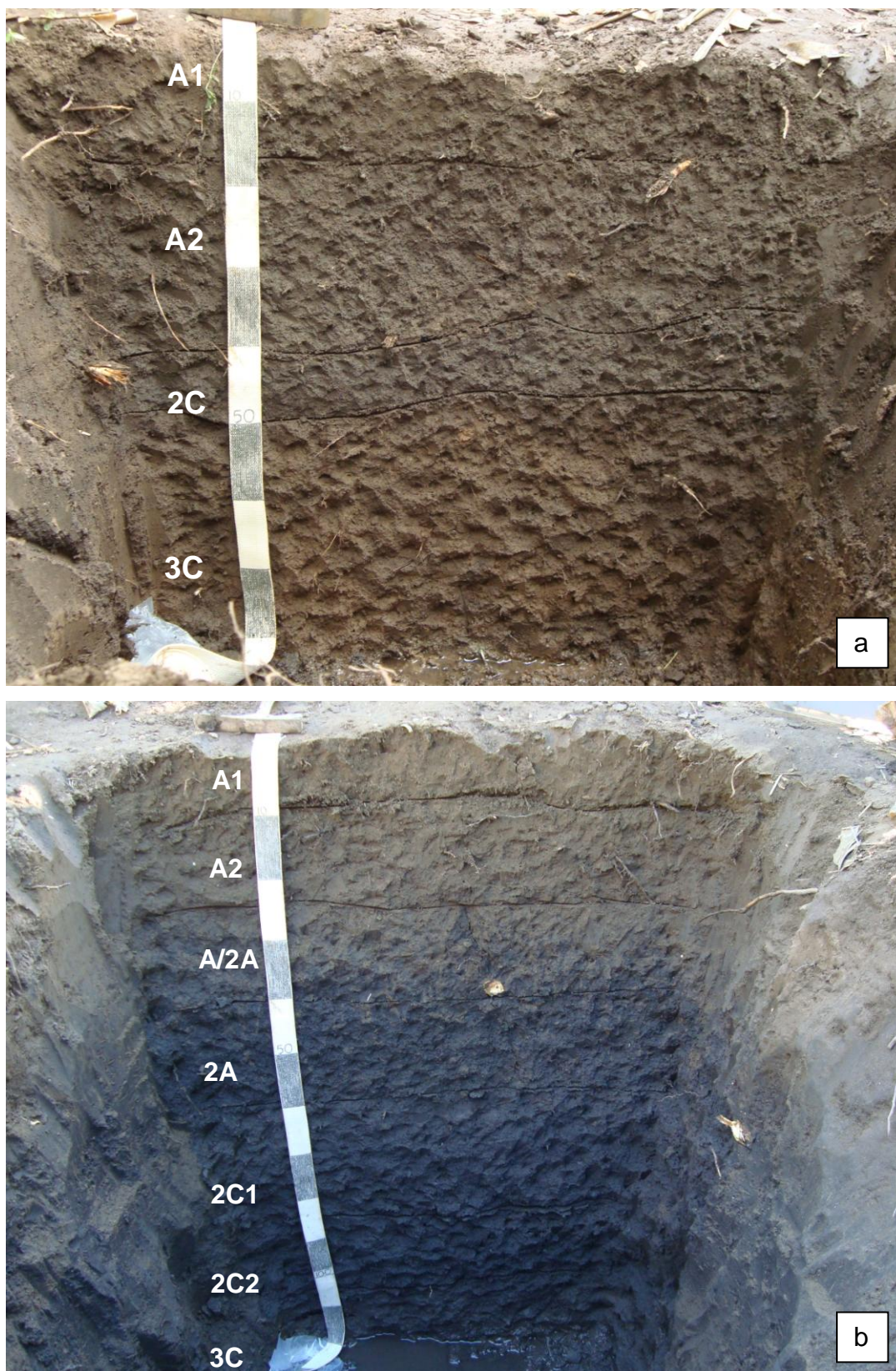


Figura 1 – Fotografia dos perfis de solos aluviais da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura: a) PERFIL1- GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve1), b) PERFIL 2 – GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico neossólico (GXve2). Descrito e coletado por José Augusto Monteiro de Castro Lima & Oldair Del'Árco Vinhas Costa.

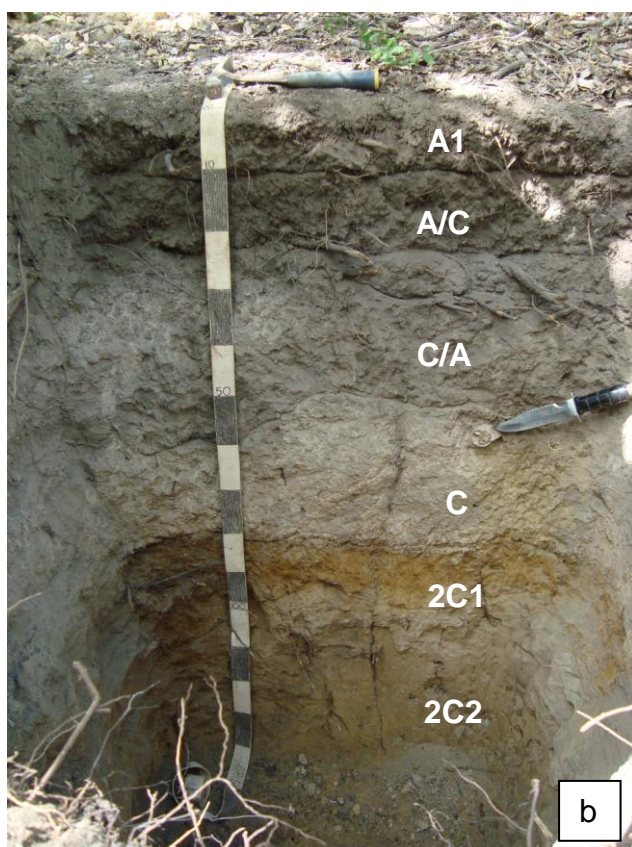
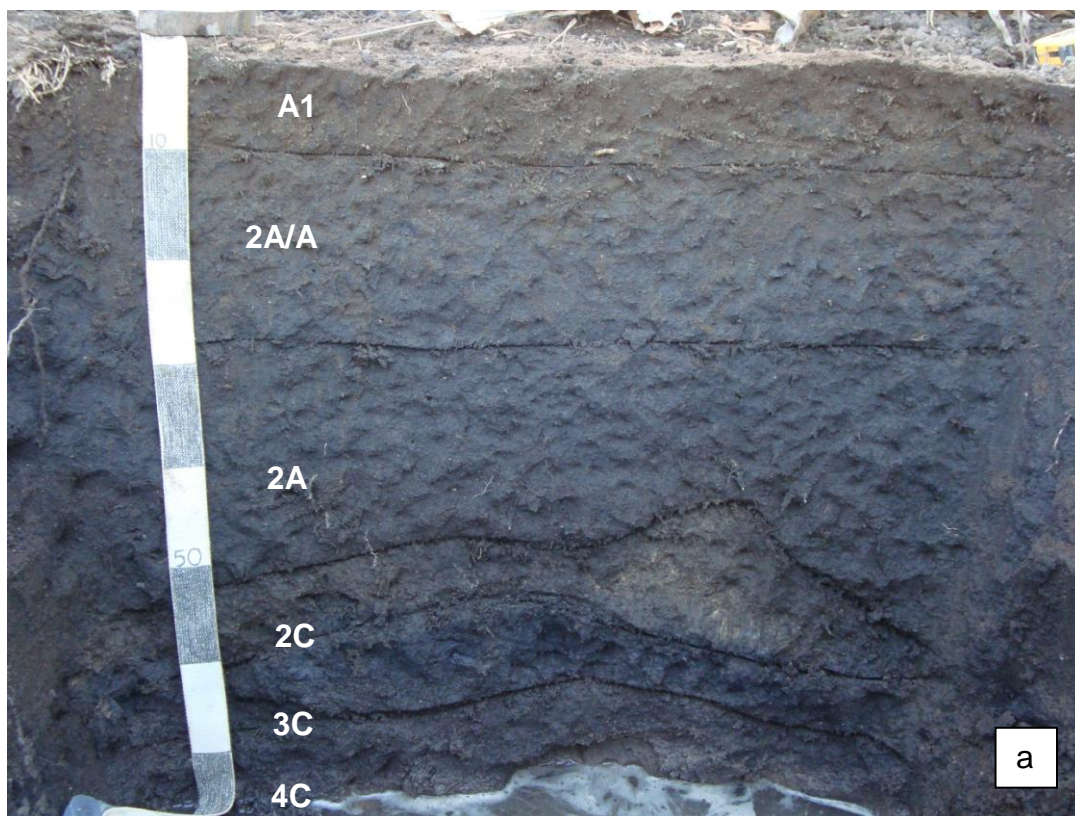


Figura 2 – Fotografia dos perfis de solos aluvias da microbacia hidrográfica do rio Caatinga do Moura: a) PERFIL 3 - GLEISSOLO SÁLICO Órtico típico (neossólico) (GZo), b) PERFIL 4 - NEOSSOLO FLÚVICO Sódico (RYn).