

# Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE<sup>1</sup>

Soil quality indicators in native vegetation and irrigated banana trees areas at Chapada of Apodi, Ceará, Brazil

Jamili Silva Fialho<sup>2</sup>, Vânia Felipe Freire Gomes<sup>3</sup>, Teógenes Senna de Oliveira<sup>3</sup>  
e José Maria Tupinambá da Silva Júnior<sup>4</sup>

**Resumo** - Foram avaliadas as alterações nas propriedades químicas e microbiológicas de solos sob vegetação natural e sob cultivo de bananeiras na região da Chapada do Apodi – CE, testando-se a hipótese de que o uso agrícola causa alterações ambientais que reduzem a biomassa e a atividade microbiana em relação à área sob mata natural. Foram coletadas quatro amostras de solo compostas, oriundas de amostras simples homogeneizadas, em três profundidades (0-5; 5-15 e 15-25 cm), considerando-se um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as áreas e nas subparcelas as profundidades, com quatro repetições. Como indicadores foram avaliados as propriedades químicas do solo; além de carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e os quocientes microbiano e metabólico. Os riscos potenciais de salinidade e de saturação por sódio são desprezíveis. As práticas de manejo reduziram o nitrogênio e o carbono orgânico total no solo da área sob cultivo de bananeiras. O carbono da biomassa microbiana apresentou valores decrescentes com o aumento da profundidade na área cultivada; no entanto, não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, quanto à sua mata natural. A respiração basal do solo, de maneira geral, foi maior na área de mata natural que na área cultivada.

**Termos para indexação:** alterações ambientais, biomassa microbiana, respiração basal do solo.

**Abstract** - The present research evaluated the alterations to the chemistries and micro biologics properties of soils under natural vegetation and under banana trees cultivation in the area of the Chapada of Apodi- CE. It was tested the hypothesis that the agricultural use causes environmental alterations that can reduce the biomass and the microbial activity, in relation to the area under natural forest. Four samples of compound soil were collected from homogenized simple samples, in three depths (0-5; 5-15 and 15-25 cm). It was used delineation completely randomized in subdivided portions, in the portions the areas and in the subportions the depths, with four repetitions. As indicators were evaluated the chemical properties of the soil; besides total organic carbon, carbon of the microbial biomass, basal breathing of the soil and the microbial and metabolic quotients. The potential risks of salinity and saturation for sodium are worthless. The handling practices reduced the nitrogen and the total organic carbon in the area under cultivation of banana trees. The carbon of the microbial biomass presented decreasing values with the increase of the depth in the cultivated area, whereas significant difference was not observed with 5% of probability by the test of Tukey, in the area of natural forest. The basal breathing of the soil, in a general way, was larger in the natural area than the cultivated one.

**Index terms:** environmental alterations, microbial biomass, basal breathing of the soil.

---

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 01/02/2005; aprovado em 16/05/2006.

Parte da dissertação de mestrado apresentada pela primeira autora ao Dep. de Solos e Nutrição de Plantas, CCA/UFC, CE.

<sup>2</sup> Bióloga, estudante de Pós-Graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, CCA/UFC, CE, e-mail: jambilifialho@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. do Dep. de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas, CCA/UFC, CE.

<sup>4</sup> Aluno do curso de Agromonia pela Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE.

## Introdução

Uma conscientização crescente sobre qualidade ambiental, vem sendo propagada em diversos ramos da sociedade, resultante da constatação humana da necessidade de preservação do meio ambiente. Todos os componentes do meio ambiente são singulares, no entanto, neste trabalho, será tratado o solo, ambiente suporte para diversos organismos.

O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (Mendes, 2002). Assim, faz-se necessário o monitoramento dos solos manejados com vista à preservação da sua qualidade para que o mesmo possa proporcionar uma produção continuada.

Os indicadores são utilizados como ferramentas deste monitoramento (Tótolá & Chaer, 2002). Atualmente, o banco de dados dos indicadores físicos e químicos possibilita padronizar faixas de valores ideais, o que não acontece com os indicadores biológicos. Assim, com base na carência de dados quanto aos indicadores biológicos e por sua sensibilidade em responder mais rapidamente às mudanças oriundas do manejo, este trabalho enfocou esse tipo de indicador. Estudos relativos ao monitoramento das propriedades do solo são importantes para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas e suprir a ausência de dados, além de sinalizar o manejo adequado do ambiente visando à sua conservação e produtividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo sob vegetação natural e sob cultivo de bananeiras na região da Chapada do Apodi, Ceará. Procurou-se testar a hipótese de que o uso agrícola causa alterações ambientais que reduzem a biomassa e a atividade microbiana do solo em relação à área sob vegetação natural. Segundo Powlson et al. (1987), alterações introduzidas ao ambiente causam flutuações na biomassa microbiana, até que seja atingido um novo ponto de equilíbrio.

## Material e Métodos

A coleta das amostras foi conduzida na Chapada do Apodi, município de Limoeiro do Norte - Ceará. Este município encontra-se no semi-árido com coordenadas geográficas 05° 06' 38" e 05° 11' 39" de latitude sul e ao oeste de Greenwich entre as paralelas 37° 52' 21" e 37° 56' 05" de longitude (Iplance, 2000).

A Chapada do Apodi caracteriza-se pela predominância de Cambissolos e Latossólicos Eutróficos. O relevo dominante da região é bastante regular, uniforme, plano, com altura aproximadamente de 100 m e de declividade muito suave. A Chapada do Apodi apresenta pluviosidade média anual de 550 a 940 mm e a temperatura média anual é de 23°C. A umidade relativa do ar chega a valores superiores a 84% no mês de abril e inferiores a 50% em setembro (CPMR, 1999).

Foram selecionadas duas áreas: uma sob cultivo de bananeiras, escolhida com base em sua representatividade para a região, e outra sob vegetação de mata natural, para servir como testemunha de um estado mais próximo ao equilíbrio.

**Área 1** – Cultivo irrigado de bananeiras (BAN): área comercial situada na Fazenda Frutacor sob a cultura de bananeira Prata Anã desde 1998. No preparo da área utilizaram-se: gradagem cruzada, subsolagem, aração, sulcamento, e roçagem. Após 60 dias da adubação de fundação (1.700 kg de cloreto de potássio por ha.ano<sup>-1</sup> e 20 t de matéria orgânica na forma de esterco bovino e caprino) ocorreu a fertirrigação (100 g de N.planta<sup>-1</sup>, 200 g de K.planta<sup>-1</sup> e 200 g de MAP.planta<sup>-1</sup>).

**Área 2** – Mata natural bananeira (MNB): Área situada na Fazenda Frutacor, localizada próximo à área cultivada com bananeiras, sob vegetação natural. A vegetação natural é caracterizada pelo predomínio da caatinga arbustivo-arbórea.

As amostras de solo foram coletadas no período de junho a julho, nas profundidades: 0 - 5; 5 - 15 e 15 - 25 cm. Para cada profundidade foram coletadas quatro amostras compostas.

As análises químicas foram realizadas, no Laboratório de Rotina de Análise de Solo da Universidade Federal do Ceará, segundo Embrapa (1997). A análise do carbono orgânico total (COT), pelo método de Walkley- Black (Yeomans & Bremner, 1988) foi conduzida no Laboratório de Matéria Orgânica da Universidade Federal de Viçosa. As análises microbiológicas: carbono da biomassa microbiana (CBM) e respiração basal do solo (RBS) foram conduzidas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Ceará. Através dos resultados obtidos, foram calculados os quocientes microbiano e metabólico.

O CBM foi determinado pelo método descrito por Vance et al. (1987), utilizando-se, para eliminação dos microrganismos, o forno de microondas. O tratamento-controle se diferenciou dos demais por não submeter às porções de solo à irradiação (Ferreira et al., 1999). O quoci-

ente microbiano (CBM/COT\*100) foi calculado para refletir os aportes de carbono e a conversão de substratos orgânicos para o CBM (Sparling, 1992).

A respiração basal do solo foi estimada após 8 dias de pré-incubação onde as amostras de solo foram mantidas com 70% da capacidade de campo. A incubação foi feita colocando-se cada amostra em vidros contendo béqueres com 20 mL de NaOH (0,5 mol.L<sup>-1</sup>) que capturou o C produzido pela respiração. Posteriormente, procedeu-se à titulação do excesso de hidróxido de sódio com HCl (0,5 N). O cálculo do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) foi feito por meio da divisão da quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por dia pelo CBM (mg CO<sub>2</sub>.mg<sup>-1</sup> CMB.dia<sup>-1</sup>).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, com quatro repetições, tendo nas parcelas as áreas e nas subparcelas as profundidades. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

De acordo com as recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará (UFC, 1993), a área BAN caracteriza-se por apresentar uma alcalinidade de baixa à média, com pH variando entre 7,2 a 7,8; enquanto a área MNB possui uma acidez baixa tendendo a neutralidade, com pH variando entre 6,5 a 7,0 (Tabela 1). Há maior conteúdo dos íons cálcio e magnésio (reconhecidamente de caráter alcalino) na área BAN quando comparada à testemunha, o que influenciou os valores elevados de pH na área BAN.

De modo geral, a condutividade elétrica 0,32 dS.m<sup>-1</sup> (CE) não diferiu entre as áreas cultivadas e naturais, e os valores observados indicam baixa concentração de sais solúveis, caracterizando-as como isentas de riscos potenciais de salinidade. De acordo com Richards (1954), os solos são considerados salinos, quando a condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação é maior ou igual a 4 dS.m<sup>-1</sup> e a percentagem de sódio trocável (PST) é menor que 15%, sendo que, normalmente, o pH desse solos é menor que 8,5, valores estes não observados nos solos estudados.

Os teores de cálcio e magnésio foram considerados altos nas áreas (Tomé Júnior, 1997). Este resultado advém da origem calcária desses solos, no entanto, observa-se que os valores são superiores na área BAN comparados aos da área MNB, o que pode estar relacionado ao fornecimento de nutrientes pela adubação realizada. O sódio

do complexo de troca apresentou baixos teores nas áreas, não conferindo aos solos caráter solódico ou sódico de acordo com Richards (1954).

Os níveis de potássio não diferiram estatisticamente, apresentando altos teores resultantes da expressiva presença de mica nesse solo o que favorece a disponibilidade de potássio para as plantas. A acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>) não diferiu significativamente entre as profundidades, todavia seus valores foram superiores na área MNB em relação à área de bananeiras, onde foi realizada a correção do solo. A soma de bases na área MNB tendeu a diminuir com a profundidade, contrariamente ao que é citado na literatura: a soma de bases eleva-se com o aumento do pH (Raij, 1991). Esse fato parece ser determinado pelo aumento do magnésio com a profundidade, bem como pelos elevados teores de alumínio trocável contribuindo para a acidez, resultado este, diferente do apresentado por Souza Júnior et al. (2001), que observaram uma maior soma de bases com o aumento da profundidade. Com relação à área cultivada com bananeiras, o uso de adubação e a consequente elevação das disponibilidade de nutrientes, elevou os valores da soma de bases, especialmente nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.

A capacidade de troca catiônica não diferiu entre as áreas, destacando apenas a profundidade 0-5 cm por apresentar os maiores valores, o que pode estar correlacionado ao maior teor de matéria orgânica. Segundo Mota (2004), é interessante salientar que os dados da troca de cátions guardam uma estreita relação com o estágio de imtempismo dos solos, isto é, valores mais elevados se relacionam com solos relativamente mais jovens, enquanto valores mais baixos refletem uma evolução mais acentuada. Para a saturação de bases (V%), observou-se que houve diferença significativa entre as áreas. Sendo a saturação por bases um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo, segundo Tomé Júnior (1997), estes solos são considerados eutróficos. A percentagem de sódio trocável (PST), apresentou diferença significativa entre as áreas, exceto na profundidade de 0-5 cm. Os valores apresentados estão muito abaixo de 15%, quantidade segundo Meurer (2004), utilizada como referencial na classificação de solos afetados por sais.

As maiores concentrações de fósforo ocorreram nas profundidades superficiais, assim como observado por Souza Júnior et al. (2001), que correlacionou esse comportamento com altos valores de pH e a adição de corretivos e fertilizantes aplicados. O fósforo disponível apresentou valores muito superiores na área BAN, assim como apresentado por Rheinheimer et al. (1998), diferindo entre

**Tabela 1** - Médias das propriedades químicas das amostras de solo coletadas em sistemas de manejo e sob mata natural, em três profundidades, na Chapada do Apodi-CE.

Propriedade	Prof. (cm)	BAN	MNB	Média
pH Água (1: 2,5)	0-5	7,8 aA	6,7 aA	7,3
	5-15	7,4 aA	6,6 aA	7,0
	15-25	7,3 aA	6,5 aA	6,9
	Média	7,5	6,6	
	C.V.		1,38	
CE (dS.m <sup>-1</sup> )	0-5	0,43	0,55	0,49 A
	5-15	0,27	0,32	0,30 B
	15-25	0,25	0,28	0,27 B
	Média	0,32*	0,38*	
	C.V.		11,64	
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	12,13	8,28	10,21 A
	5-15	7,53	5,73	6,63 B
	15-25	7,33	4,88	6,11 B
	Média	9,00*	6,30*	
	C.V.		11,81	
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	4,85 aA	3,10 aB	3,98
	5-15	4,03 abA	2,70 aB	3,37
	15-25	2,93 bA	3,28 aA	3,11
	Média	3,94	3,03	
	C.V.		18,22	
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	0,28 aA	0,17 aA	0,23
	5-15	0,26 aA	0,16 aA	0,21
	15-25	0,34 aA	0,17 aA	0,26
	Média	0,29	0,17	
	C.V.		3,76	
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	0,53 aA	0,90 aA	0,72
	5-15	0,35 aA	0,94 aA	0,65
	15-25	0,38 aA	0,87 aA	0,63
	Média	0,42	0,90	
	C.V.		7,23	
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	0,41	1,64	1,03
	5-15	0,90	1,52	1,21
	15-25	0,90	1,31	1,11
	Média	0,74*	1,49*	
	C.V.		54,04	
S (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	17,77 aA	12,30 aB	15,04
	5-15	12,20 bA	9,52 bB	10,86
	15-25	10,95 bA	9,15 bA	10,05
	Média	13,64	10,32	
	C.V.		9,56	
CTC (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0-5	18,20	14,10	16,15 A
	5-15	13,08	11,05	12,07 B
	15-25	11,85	10,50	11,18 B
	Média	14,38*	11,88*	
	C.V.		9,63	
V(%)	0-5	97,75	87,00	92,38
	5-15	93,00	86,25	89,63
	15-25	92,50	87,50	90,00
	Média	94,42*	86,92*	
	C.V.		5,48	
PST	0-5	1,3 cA	1,0 aA	1,1
	5-15	2,0 bA	1,0 aB	1,5
	15-25	3,0 aA	1,5 aB	2,3
	Média	2,1	1,2	
	C.V.		24,05	
P Disponível (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-5	143,00 aA	20,25 aB	81,62
	5-15	107,75 bA	5,50 aB	56,62
	15-25	3,50 cA	1,50 aA	2,5
	Média	84,75	9,08	
	C.V.		25,11	
N (g.kg <sup>-1</sup> )	0-5	1,65	2,1	1,88 A
	5-15	0,93	1,09	1,01 B
	15-25	0,6	0,77	0,69 C
	Média	1,06*	1,32*	
	C.V.		10,14	
MO (g.kg <sup>-1</sup> )	0-5	28,46	36,12	32,29 A
	5-15	16,05	18,70	17,38 B
	15-25	10,35	13,28	11,82 C
	Média	18,29*	22,70*	
	C.V.		10,22	

\*Valores diferem estatisticamente pelo teste F. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, comparam diferenças entre as profundidades dentro da área e letras maiúsculas, nas linhas, comparam diferenças nas áreas pelo teste Tukey a 5%.

as duas primeiras profundidades. Os teores de nitrogênio apresentaram-se baixos, variando entre 0,60 a 1,65 g.kg<sup>-1</sup>, o que era esperado em função dos baixos teores de matéria orgânica. O nitrogênio diferiu apenas entre as profundidades das áreas, sendo superior na área de mata natural, cujo comportamento semelhante já fora apresentado por Souza Júnior et al. (2001). As maiores concentrações de matéria orgânica foram detectadas na camada superficial, assim como os teores de carbono orgânico, devido ao maior aporte de resíduos nesta camada.

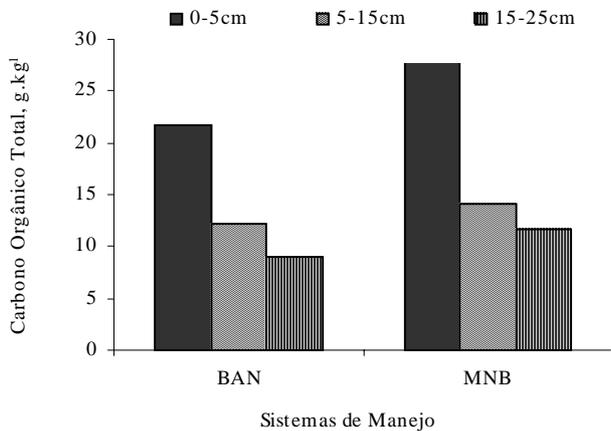
O carbono orgânico total foi reduzido pelo tipo de uso do solo e pela profundidade (Figura 1). Os teores de COT na área BAN foram reduzidos em relação ao solo da mata natural em 22,5; 14,78 e 23,08%, nas três profundidades. Resultados similares foram apresentados por Bertol et al. (2004). Segundo Leite (2000), mudanças nos sistemas de manejo podem afetar os teores de COT no solo pela alteração do aporte anual de resíduos vegetais e animais e pela modificação da taxa de decomposição da matéria orgânica.

#### Carbono da Biomassa Microbiana

Os valores de carbono da biomassa microbiana obtidos estão na mesma faixa dos observados por Balota et al. (1998), sob condições edafoclimáticas diversas. O CBM foi reduzido com o aumento da profundidade em todas as áreas (Figura 2). Os maiores valores foram observados na profundidade de 0-5 cm, assim como verificado por Xavier (2004) e Vargas & Scholles (2000). Os menores valores de CBM foram verificados no sistema de cultivo convencional, assim como constatado por Balota et al. (1998). Tanto na área cultivada como na testemunha, a interação profundidade x manejo não foi significativa, assim como apresentado por Rodrigues et al. (1994).

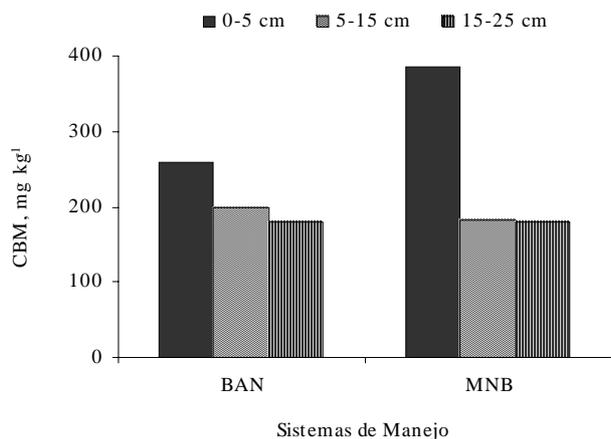
A maior concentração de CBM na primeira profundidade pode ser explicada pelo acúmulo de resíduos vegetais na superfície, da matéria orgânica biodegradável e de carbono orgânico do solo, pois ao longo do tempo os métodos de preparo do solo interferem tanto na quantidade de COT como na sua distribuição no perfil do solo; além da maior aeração do solo favorável ao desenvolvimento microbiano (Gerald et al., 1995). A biomassa microbiana é muito sensível às alterações nas formas de carbono orgânico do solo em função das mudanças no manejo ou uso do solo. Após a alteração ser introduzida, de acordo com Powlson et al. (1987), a biomassa microbiana sofre flutuações até atingir um novo equilíbrio.

Entre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano, nas áreas sob vegetação natural, merecem destaque a ausência de preparo



**Figura 1** - Teores de carbono orgânico total em amostras de solo, sob sistemas de manejo, na Chapada do Apodi – CE.

do solo (resultando em maior presença de raízes, as quais aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exudatos radiculares), a maior diversidade florística (Mendes et al., 2002), favorecimento das populações fúngicas (Matsuoka et al., 2003), quantidade e qualidade dos resíduos vegetais retornados ao solo proporcionando a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade (Oliveira et al., 2001).



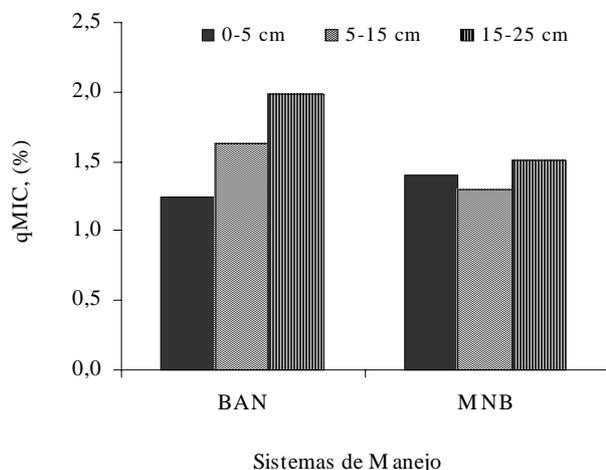
**Figura 2** - Teores de carbono da biomassa microbiana em amostras de solo, sob sistemas de manejo, na Chapada do Apodi-CE.

### Quociente microbiano (qMIC)

O quociente microbiano não diferiu entre as áreas (Figura 3). De maneira geral, os valores apresentados pelas áreas analisadas estão dentro dos valores entre 0,27 a 7%, sugeridos por Anderson & Domsch (1989).

De acordo com Anderson & Domsch, (1989), um maior qMIC representa maior ciclagem de nutrientes e, portanto, menor acúmulo de carbono; enquanto que um

menor qMIC representa menor ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, maior acúmulo de carbono. Além disso, os maiores valores da proporção indicam a maior conversão do COT em CBM de acordo com Marchiori Júnior & Mello (1999). Segundo Balota et al. (1998), o quociente microbiano tem sido considerado como bom indicador das alterações dos processos no solo. Solos que exibem valores maiores ou menores poderiam expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de C do solo, Jenkinson & Ladd (1981), que citam 2,2% como sendo o nível no qual estaria ocorrendo equilíbrio em parcelas cultivadas.



**Figura 3** - Relação CBM/COT \* 100 (qMIC) em amostras de solo, sob sistemas de manejo, na Chapada do Apodi-CE.

### Respiração Basal do Solo (RBS)

A área de mata natural apresentou maior quantidade de CO<sub>2</sub> liberada em relação à área BAN em todas as profundidades, no decorrer dos 30 dias de avaliação, assim como constatado por Rosa et al. (2003). Essa maior atividade, possivelmente, está associada ao tamanho da biomassa microbiana, como pode ser observado na tabela 2 onde, de maneira geral, percebe-se que houve uma tendência de maior conteúdo de CBM na área natural. Além disso, segundo Rosa et al. (2003), as condições de temperatura interna, umidade e aeração, possibilitadas por menores oscilações destas variáveis no solo sob vegetação natural, podem favorecer a população microbiana.

Regressões lineares significativas, a 1% de probabilidade pelo teste F, foram encontradas para a acumulação do dióxido de carbono da respiração da biomassa em função dos dias de avaliação/incubação das amostras de solo (Tabelas 2 e 3). A potencialidade das curvas (maior ou menor inclinação) foi avaliada a partir dos valores dos

**Tabela 2** - Relação entre o C-CO<sub>2</sub> da Respiração Basal do Solo (RBS) com os dias de avaliação em solos da Chapada do Apodi-CE, entre as áreas em três profundidades. \*\* Modelos matemáticos de regressão significativos a 1% pelo teste F.

Prof. (cm)	Respiração Basal do Solo: C-CO <sub>2</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	
	BAN	MNB
0-5	$y = 23,324x - 37,573$ (R <sup>2</sup> = 0,9562**)	$y = 26,452x - 29,966$ (R <sup>2</sup> = 0,9828**)
5-15	$y = 18,077x - 40,442$ (R <sup>2</sup> = 0,8761 **)	$y = 24,359x + 19,461$ (R <sup>2</sup> = 0,9672**)
15-25	$y = 21,183x + 16,268$ (R <sup>2</sup> = 0,9805**)	$y = 22,27x - 48,3$ (R <sup>2</sup> = 0,923**)

**Tabela 3** - Relação entre o C-CO<sub>2</sub> da Respiração Basal do Solo (RBS) com os dias de avaliação em solos da Chapada do Apodi-CE, dentro de cada área em três profundidades. \*\* Modelos matemáticos de regressão significativos a 1% pelo teste F.

RBS C-CO <sub>2</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	Profundidade (cm)		
	0-5	5-15	15-25
BAN	$y = 23,324x - 37,57$ (R <sup>2</sup> = 0,9562**)	$y = 18,007x - 40,442$ (R <sup>2</sup> = 0,8761**)	$y = 21,183x + 16,266$ (R <sup>2</sup> = 0,9805**)
MNB	$y = 26,452x - 29,966$ (R <sup>2</sup> = 0,9828**)	$y = 24,359x + 19,461$ (R <sup>2</sup> = 0,9672**)	$y = 22,27x - 48,3$ (R <sup>2</sup> = 0,923**)

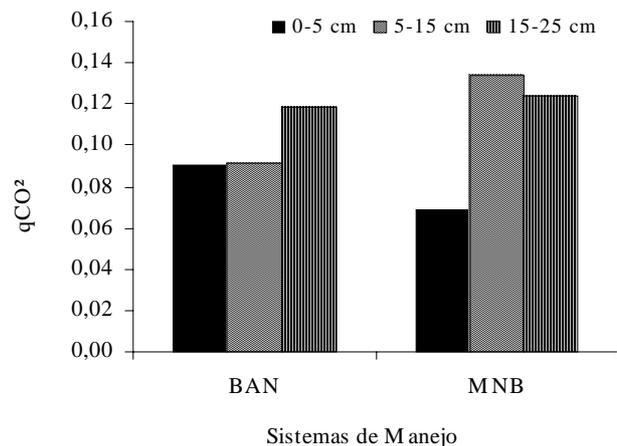
coeficientes angulares obtidos em cada situação, assim como no trabalho conduzido por Xavier (2004). O maior coeficiente angular da reta na área MNB, indica que esse sistema liberou maior quantidade de carbono na forma de dióxido em relação à área BAN, confirmando a maior atividade microbiana na área MNB (Tabela 3).

De modo geral, as curvas que relacionam a produção acumulada de C-CO<sub>2</sub> em função do tempo de incubação do solo (30 dias), ajustaram-se ao modelo linear, permitindo a visualização de um estágio inicial, segundo Xavier (2004), que indica a utilização da porção lábil do carbono presente no solo pelos microrganismos.

#### Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)

Este índice prediz que a biomassa microbiana torna-se mais eficiente a partir do momento que menos carbono é perdido na forma de CO<sub>2</sub> pela respiração, possibilitando assim, uma maior incorporação de carbono aos tecidos microbianos. Segundo Tótolá & Chaer (2002), valores mais elevados de qCO<sub>2</sub> indicam maior consumo de carbono prontamente mineralizável, elevando-se as perdas de CO<sub>2</sub> o que não é desejado.

O quociente metabólico não diferiu entre as áreas (Figura 4). No entanto, de maneira geral, a área de mata natural apresentou maior qCO<sub>2</sub>, exceto na profundidade de 0-5 cm; resultado semelhante foi observado por Xavier (2004). Os menores valores apresentados pela área cultivada revelam melhores condições de equilíbrio. Na profundidade de 0-5 cm da área BAN, que apresentou valor maior de qCO<sub>2</sub> em relação à mata natural, indica influência negativa das práticas de manejo, sugerindo que este índice é sensível às mudanças de carbono causadas pelo manejo.

**Figura 4** - Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em amostras de solo, sob sistemas de manejo, na Chapada do Apodi-Ce. ns = não-significativo pelo teste de F.

## Conclusões

1. O manejo atual, não oferece riscos potenciais desalinização e de saturação por sódio.
2. As práticas de manejo reduziram o nitrogênio e o carbono orgânico total no solo da área BAN.
3. O carbono da biomassa microbiana apresentou valores decrescentes com o aumento da profundidade na área BAN.
4. A respiração basal do solo, de maneira geral, foi maior na área de mata natural do que na área cultivada.

## Referências Bibliográficas

- ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.21, n.4, p.471-479, 1989.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.4, p.641-649, 1998.
- BERTOL, L.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.155-163, 2004.
- CPMR. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará**. Fortaleza, Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, 1999. CD-ROM.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documento, 1).
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.991-996, 1999.
- GERALDES, A. P. A.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.55-60, 1995.
- IPLANCE. **Perfil básico municipal: Limoeiro do Norte**. Fortaleza: Edições IPLANCE, 2000.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A.; LADD, J.N., /Ed., **Soil biology and biochemistry**, v.13, n.5, p.415-417, 1981.
- LEITE, L. F. C.; MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S. Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana em solo sob mata natural, e diferentes sistemas de adubação e consórcio milho-feijão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3.; 2000. Santa Maria. **FERTBIO2000: biodinâmica do solo**, Santa Maria: [ s.n.], 2000. Não paginado.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.257-263, 1999.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.425-433, 2003.
- MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos.; PEREIRA NETO, J. V. Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4.; 2002. Rio de Janeiro. **FERTBIO2002: Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. Rio de Janeiro: [ s.n.], 2002. Não paginado.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre:Gênesis, 2004. 290p.
- MOTA, J. C. A. **Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para o manejo, dos principais solos explorados com a cultura de melão na Chapada do Apodi - RN**. Fortaleza, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição das Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.863-871, 2001.
- POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.2, p.159-164, 1987.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos do solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.4, p.713-721, 1998.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p.
- RODRIGUES, E. F. G.; GUERRA, J. G. N.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.427-432, 1994.
- ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em latossolo vermelho eutrófico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.911-923, 2003.
- SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Caracterização e classificação de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.977-986, 2001.
- SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indication of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, v.30, n.2, p.195-207, 1992.

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

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Tópicos em ciência do solo**, v.2, 2002. p.195-276.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 247p.

VANCE, E. D., BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.35-42, 2000.

XAVIER, F. A. S. **Compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas agrícola convencional e orgânico na região da Chapada da Ibiapaba-CE**. Fortaleza, 2004. 71. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição das Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M., A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil Science Plant Analysis**, v.19, 1467-1476, 1988.