

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOCERRADO DO PIAUÍ**

MARIA DA CONCEIÇÃO BEZERRA DA SILVA MATIAS

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal

TERESINA
Estado do Piauí – Brasil
Abril - 2006

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO
CERRADO DO PIAUÍ**

MARIA DA CONCEIÇÃO BEZERRA DA SILVA MATIAS
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

Dissertação apresentada ao Centro
de Ciências Agrárias da Universidade
Federal do Piauí, para a obtenção do
Título de Mestre em Agronomia, Área
de Concentração: Produção Vegetal

TERESINA
Estado do Piauí – Brasil
Abril - 2006

M433

Matias, Maria da Conceição Bezerra da Silva

Atributos químicos e biológicos de um latossolo amarelo sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí. / Maria da Conceição Bezerra da Silva – Teresina: EDUFPI, 2006.

46fl.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí.

1. Plantio direto 2.Cerrado nativo 3. Biomassa microbiana. 4. Respiração basal 5. Preparo convencional I.Titulo.

CDD 631.51

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO
CERRADO DO PIAUÍ**

Maria da Conceição Bezerra da Silva Matias
Engenheira Agrônoma

Aprovada em: 12/04/2006

Comissão julgadora:

Eng.º Agr.º Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite EMBRAPA Meio Norte

Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega CCA/UFPI

Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano (Orientador) CCA/UFPI

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força para seguir nesta caminhada.

Ao Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano, pelas orientações, estímulos, ensinamentos e apoio pessoal.

Ao Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite pela valiosa colaboração, imprescindível na execução deste trabalho.

Ao Dr. João Batista Lopes pela presteza e disponibilidade no processamento de dados desta pesquisa.

Aos coordenadores do curso de Mestrado em Agronomia, pelo esforço e perseverança na condução deste curso.

Ao Prefeito de Uruçuí, Francisco Filho, pelo apoio logístico.

Ao Sr. Cornélio, proprietário da Fazenda Progresso, pela acolhida durante a coleta de solo e pelas importantes informações sobre a área estudada.

Aos professores desta instituição, que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

Ao amigo e conterrâneo Juraci pela amizade e disponibilidade em contribuir na digitação e formatação de trabalhos acadêmicos.

Aos amigos Alessandra, Duarte, Francélio, Jussara, Lindomar e Toinha pela ajuda nos trabalhos de laboratório, em especial ao Luís Carlos e Márcio pela cooperação na realização de análises.

Aos Drs. Ademir Sérgio Ferreira de Araújo e Luiz Gonzaga Figueiredo Júnior e ao MSc. Valdinar Bezerra dos Santos pela valiosa contribuição na execução de trabalhos de campo.

Aos estudantes de graduação em Agronomia, Aluízio, Ana Nídia, Maurício, Sheila e Tiago pela colaboração nos trabalhos práticos.

Aos amigos Justino e Vicente pela compreensão e ajuda prestada em trabalhos realizados durante o curso.

Aos bibliotecários da Embrapa Meio-Norte, Avelino, Gorete e Orlane, pela presteza nas pesquisas bibliográficas e Carmem, da Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias, na revisão de referências bibliográficas.

Aos colegas de curso, pela amizade e companheirismo, em especial, ao Francisco Luís (Chicão) e Melo, pela valorosa contribuição nos momentos difíceis durante este curso.

A meu esposo Edvar, meus filhos Amando e Amanda, minha sobrinha Delfina Maria, por todo apoio, estímulo e compreensão, e Aos meus pais, por serem os pilares da minha vida.

Dedico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. CAPÍTULO I – Indicadores químicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região de cerrado no Sul do Piauí sob diferentes sistemas de manejo.....	6
Resumo	6
Summary	7
2.1. Introdução	8
2.2. Material e Métodos	9
2.3. Resultados e Discussão	11
2.4. Conclusões	15
2.5. Referências Bibliográficas	16
3. CAPÍTULO II - Indicadores microbiológicos em Latossolo Amarelo distrófico submetido a diferentes sistemas de manejo na Região do cerrado piauiense	18
Resumo	18
Summary	19
3.1. Introdução	20
3.2. Material e Métodos	21
3.3. Resultados e Discussão	25
3.4. Conclusões	29
3.5. Referências Bibliográficas	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL	32

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Histórico de uso e manejo de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no sul do estado do Piauí, município de Uruçuí.. | 10 |
| 2 | Valores médios de pH em água, Al^{3+} trocável, H + Al e saturação por alumínio (m) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades. | 12 |
| 3 | Valores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e soma de bases (SB) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades. | 13 |
| 4 | Valores médios de capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), fósforo disponível (P) e matéria orgânica (MO) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades. | 14 |

CAPÍTULO II

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Histórico de uso e manejo de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no sul do estado do Piauí, município de Uruçuí.. | 23 |
| 2 | Teores e estoques totais de carbono orgânico (COT) e de nitrogênio (NT), relação C/N e densidade do solo de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do sul do Piauí..... | 27 |
| 3 | Respiração basal, carbono da biomassa microbiana (Cmic), quociente microbiano (Cmic/COT) e quociente metabólico (qCO_2) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades.... | 28 |

RESUMO

A região do cerrado do Piauí é considerada a última fronteira agrícola do País. A sua utilização de forma sustentável depende, entre outros fatores, dos sistemas de manejo adotados. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos atributos químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região sul do cerrado do Piauí, submetido a diferentes sistemas de manejo: plantio direto (PD), preparo convencional (PC) e área recém-desmatada (ARD), tendo como referência o solo de uma área sob vegetação de cerrado nativo (CN). Amostras de solo foram coletadas na Fazenda Progresso no município de Uruçuí, PI, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm. Como atributos químicos foram avaliados pH em água (1:2, 5), alumínio (Al^{3+}), ($\text{H} + \text{Al}$), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), fósforo disponível (P) e matéria orgânica (MO), e determinadas a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), a soma de bases (SB), a saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m). Como atributos biológicos foram determinados os teores e estoques totais de carbono orgânico (COT) e nitrogênio (NT), a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) e os quocientes microbiano ($\text{C}_{\text{mic}}/\text{COT}$) e metabólico (qCO_2). Os dados foram submetidos à análise de variância num delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Student-Newman-Keuls em 5% de probabilidade. Em todas as profundidades, o teor de Al^{3+} foi menor nos sistemas PD e PC em relação à ARD e CN. Os sistemas PD e PC também apresentaram maiores teores ($p < 0,05$) de P disponível nas profundidades 0-5, 10-20 e 20-40 cm. O sistema PD foi ainda maior ($p < 0,05$) no V, no SB e nos teores de MO, na profundidade de 10-20 cm. O C_{mic} no sistema PD foi superior ao PC em 93% ao ARD em 89%, na profundidade de 10-20 cm. O quociente microbiano foi menor nos sistemas manejados quando comparados ao CN na profundidade de 10-20 cm. Não foram observadas diferenças significativas nos valores da respiração basal e do quociente metabólico entre os sistemas cultivados e a área recém-desmatada até a profundidade de 10 cm.

Palavras-chave: cerrado nativo, plantio direto, preparo convencional, biomassa microbiana e respiração basal.

SUMMARY

The cerrado region of the Piauí State is considered the last Brazilian agricultural frontier. Its sustainability depends, among others factors, of the adopted management systems. The objective of this work was to evaluate the changes in the chemical and biological attributes of a dystrophic Yellow Latosol, under different management systems: no-tillage (NT), conventional tillage (CT) and just-deforested area (JDA), compared to a native cerrado soil (NC). The soil samples were collected in the Progresso Farm, in Uruçuí, PI, at the depths of 0-5; 5-10; 10-20 and 20-40 cm. Concerning chemical attributes, pH in water (1:2,5), Aluminum (Al^{3+}), $\text{H} + \text{Al}$, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), potassium (K^+), available phosphorus (P) and organic matter (OM) were evaluated. The soil cation exchange capacity at pH 7,0 (T), sum of basis (SB), basis saturation (V) and the saturation for aluminum (m) were determined. Concerning biological attributes, the amounts and storage total organic carbon (TOC) and nitrogen (TN), the basal breathing, the microbial biomass carbon (micC) and the microbial (micC/TOC) and metabolic (qCO₂) quotients were determined. The data was submitted to the analysis of variance in a completely randomized design, 4 x 4. The difference among treatments averages was evaluated by the Student-Newman-Keuls test, at 5% of probability. In all the soil depths, the Al^{3+} was lower in the NT and CT systems. NT and CT also presented the highest ($p < 0,05$) available P at 0-5, 10-20 and 20-40 cm. The NT also showed higher V, SB and OM at 10-20 cm. In the NT, the micC, was 93% and 89% higher than in the CT and JDA, respectively, at 10-20 cm. The microbial quotient was lower in the cropped systems than in the NC at 10-20 cm. No significant difference for basal breathing and metabolic quotient between the cultivated systems and the just-deforested area, until the depth of 10 cm, was observed.

Key-words: native cerrado, no-tillage, conventional tillage, microbial biomass and basal breathing.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Considerando a diversidade e adversidade de climas que existem nos trópicos do planeta e a necessidade crescente de alimentos para uma população que já atingiu 166 milhões, no Brasil, e pouco mais de 6 bilhões, no mundo, o cerrado torna-se uma área de importância estratégica para a intensificação das atividades agrossilvipastoris e produção de alimentos, fibras e energia (RESCK, 2002).

Com uma área de aproximadamente 207 milhões de hectares, sendo potencialmente utilizáveis 136 milhões, o cerrado brasileiro, maior bioma do país depois da Amazônia, representa a grande fronteira mundial capaz de responder à demanda crescente por alimentos, produtos agrícolas e agroindustriais (COSTA et al., 2002). No Piauí, o cerrado ocupa mais da metade da área territorial. Está presente em toda região sudoeste e parte do extremo sul, ocorrendo, ainda, manchas de áreas de domínio e transição nas regiões centro-leste e norte do Estado (FUNDAÇÃO CEPRO, 1992).

Os Latossolos, distribuindo-se em praticamente todo o território nacional, são as unidades de solos mais representativas do Brasil (COELHO, 2002). Predominantes também na região do cerrado, ocupando cerca de 56% do total (CORREIA, 2004), são solos de grande potencial para agricultura mesmo havendo necessidade de correção do pH e da fertilidade (CARUSO, 1997). Ocorrem normalmente em relevo plano e suave ondulado, possuem boas propriedades físicas, como elevada profundidade efetiva e boa drenagem, porém, apresentam limitações pela saturação por alumínio e deficiência acentuada de micronutrientes (REATTO et al., 1997). Além disso, mais de 95% desses solos são distróficos, ácidos (pH entre 4,0 e 5,5), com baixa a média capacidade de troca catiônica e teores de fósforo disponíveis extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1mg dm^{-3} (SOUSA & LOBATO, 2004).

Do total da área desses solos no estado do Piauí, cerca de 77% são adequados para algum tipo de utilização agrícola (EMBRAPA, 1989), sendo que, para isso, é necessário integrar o manejo da fertilidade dos solos a outras atividades com influência na conservação e disponibilidade dos nutrientes nos sistemas agrícolas.

A partir de 1984, a intensificação da imigração para a região do cerrado propiciou mudanças nos sistemas de produção; o modelo de cultivo tradicional foi substituído pelo cultivo em larga escala. Essa região passou, a partir de então, a constituir-se numa das áreas agrícolas mais dinâmicas de todo o mundo, o que vem gerando instabilidades nesse ecossistema e, por isso mesmo, deve ser monitorada para evitar processos de degradação, principalmente de seus solos, cujas conseqüências são altamente indesejáveis (COSTA et al., 2002).

O cultivo do solo acarreta a sua acidificação, e esta, após certo período, pode se tornar fator limitante à produção vegetal. A avaliação de práticas de manejo relacionadas ao efeito da acidez do solo e disponibilidade de nutrientes é importante não somente por permitir a escolha de práticas de menor efeito acidificante, mas também para estimar o intervalo de aplicações de corretivos e fertilizantes para cada situação específica (PAIVA et al., 1996). Portanto, o conhecimento dessas alterações, em condições específicas de solo e clima, permite o entendimento da potencialidade dos sistemas de manejo em relação às condições químicas do solo e na adoção de práticas para contornar limitações advindas da sua utilização.

A agricultura tem sido apontada como uma das principais atividades produtivas responsáveis pela degradação do meio ambiente, principalmente devido à grande extensão de terras envolvidas (CAMPANHOLA et al., 1997). De acordo com REIS & RODELLA (2002), a conversão de ecossistemas naturais para uso agrícola tem contribuído significativamente para emissão de CO₂ para a atmosfera, sendo um dos causadores do efeito estufa. Além disso, o manejo inadequado do solo tem

proporcionado aumento significativo de áreas degradadas. Fatores como, a não utilização de práticas conservacionistas, a falta de recursos para aquisição de insumos, a ausência de planejamento a médio e longo prazo e a maior pressão pelo uso do solo, devido à maior demanda de alimentos podem ser considerados decisivos para o estabelecimento desse cenário (DIAS & GRIFFITH, 1998). Portanto, nas áreas agricultadas ou usadas como pastagens, é fundamental a adoção de sistemas de manejo que mantenham a qualidade do solo, da água e do ar, sendo que o solo, em particular, deve sempre ser lembrado não como um recurso inerte, mas como um componente do ecossistema que abriga uma infinidade de organismos necessários à sobrevivência do homem e de todo o planeta (REATTO et al., 1998).

Solos de regiões tropicais e subtropicais, após o desmatamento, empobrecem rapidamente em matéria orgânica, devido à intensificação dos processos de degradação pelos fatores climáticos e pelos sistemas de cultivos nas terras desprovidas de vegetação nativa (BAYER & MIELNICZUK, 1999; MUZILLI, 2004). Sendo a matéria orgânica o principal componente da fertilidade dos solos de cerrado e os microrganismos a fração viva e ativa da matéria orgânica (MENDES & OLIVEIRA, 2001), a busca de práticas agrícolas que proporcionem altas produtividades, e que também levem em consideração os diversos aspectos relativos à qualidade ambiental não pode negligenciar o componente biológico do solo, já que este apresenta uma estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos do solo (MENDES, 2002). Portanto, o estudo dos atributos químicos e biológicos do solo e sua relação com práticas de manejo visam desenvolver estratégias para uma utilização sustentável, com vistas a reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente.

O tipo de cultura, condições ambientais, sistemas de cultivo e preparo do solo e sucessões de culturas são alguns dos fatores que promovem alterações na comunidade microbiana do solo (SANTOS, 2003), cuja presença e tamanho da população têm fundamental importância nas vias e processos de decomposição da matéria orgânica do solo

(ANDERSON et al., 1989; VARGAS & SCHOLLES, 2000). Segundo FREIXO et al. (2002), na região do cerrado, as altas temperaturas podem contribuir para um declínio acelerado nos estoques da matéria orgânica, enquanto as arações profundas expõem os microrganismos do solo às altas temperaturas, reduzindo sua atividade no solo (HANNAS, 1997).

A maior parte do carbono orgânico fixado pelas plantas na fotossíntese, cerca de 55 a 75%, retorna para atmosfera na forma de CO₂ (MARTINS & HAIDER, 1986), devido a biomassa microbiana do solo, responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais no solo, que utiliza esses materiais como fontes de nutrientes e energia para formação e desenvolvimento de suas células, bem como para síntese de substâncias orgânicas no solo. Assim, a manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas depende, em grande parte, dessa biomassa (GAMA-RODRIGUES, 1999). O desmatamento e práticas agrícolas intensivas como arações e gradagens aumentam a transferência de carbono da biomassa para atmosfera (DERPSCH, 1997; PICCOLO, 2000). A rápida degradação da matéria orgânica em um solo submetido ao preparo convencional, na região do cerrado do oeste da Bahia, foi comprovada por SILVA et al. (1994). Por não implicar em revolvimento do solo pelas operações de preparo e possibilitar a manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície, o sistema de plantio direto (SPD) minimiza a oxidação da matéria orgânica e assegura seu suprimento contínuo na camada superior do perfil do solo (MUZILLI, 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005).

O carbono da biomassa microbiana, representando o compartimento ativo da matéria orgânica do solo, é apontado como um dos indicadores mais sensíveis ao efeito das práticas de manejo (LEITE et al., 2003). Portanto, a análise e o conhecimento dos processos em que a biomassa microbiana está envolvida têm servido de base para compreendermos a dinâmica da matéria orgânica do solo, a disponibilidade de nutrientes e como estes são influenciados pelos sistemas de manejo e pelas mudanças no ambiente (STEVENSON, 1994).

Este estudo teve por objetivo avaliar as alterações nos atributos químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado piauiense, submetido aos sistemas, plantio direto (PD), preparo convencional (PC) e área recém-desmatada, ainda não cultivada, (ARD), tendo como referência o solo de uma área sob vegetação de cerrado nativo (CN).

2 CAPÍTULO I

Indicadores químicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região de cerrado no Sul do Piauí sob diferentes sistemas de manejo¹

Chemical indicators of a dystrophic Yellow Latosol of a cerrado region of the Piauí State under different management systems

Maria da Conceição Bezerra da Silva Matias² Adeodato Ari Cavalcante Salviano³ Luiz
Fernando de Carvalho Leite⁴

RESUMO

A região do cerrado do Piauí é considerada a última fronteira agrícola do País. A sua utilização de forma sustentável depende, entre outros fatores, dos sistemas de manejo adotados. O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado piauiense sob diferentes sistemas de manejo: Plantio direto (PD); Preparo convencional (PC) e Área recém-desmatada, ainda não cultivada (ARD), tendo como referência uma área sob vegetação de cerrado nativo (CN). Foram coletadas amostras de solo, na Fazenda Progresso no município de Uruçuí, PI, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm. Foram avaliados, pH em água, Al^{3+} , $\text{H} + \text{Al}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P disponível e MO, e determinadas a capacidade de troca de cátions a pH

¹ Parte da dissertação apresentada a Universidade Federal do Piauí, para obtenção do grau de mestre em Produção Vegetal.

² Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias, Campus Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

³ Professor, Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Federal do Piauí, Campos Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Meio Norte, Av. Duque de Caxias, Bairro Buenos Aires, Teresina, PI.

7,0 (T), a soma de bases (SB), a saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m). Os dados foram submetidos à análise de variância num delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Student-Newman-Keuls em 5% de probabilidade. Em todas as profundidades, o teor de Al^{3+} foi menor nos sistemas PD e PC em relação à ARD e CN. Os sistemas PD e PC também apresentaram maiores teores ($p < 0,05$) de P disponível nas profundidades 0-5, 10-20 e 20-40 cm. O sistema PD foi ainda maior ($p < 0,05$) no V, no SB e nos teores de MO, na profundidade de 10-20 cm.

Palavras-chave: **cerrado nativo, plantio direto, preparo convencional.**

SUMMARY

The cerrado region of the Piauí State is considered the last Brazilian agricultural frontier. Its sustainability depends, among others factors, of the adopted management systems. The objective of this work was to evaluate the changes in the chemical attributes of a dystrophic Yellow Latosol the region of the Piauí State, under different management systems: no-tillage (NT), conventional tillage (CT) and just-deforested area (JDA), compared to a native cerrado soil (NC). The soil samples were collected in the Progresso Farm, in Uruçuí, PI, at the depths of 0-5; 5-10; 10-20 and 20-40 cm. pH in water (1:2,5), Al^{3+} , H + Al, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , available P and organic matter (OM) were evaluated. The soil cation exchange capacity at pH 7,0 (T), sum of basis (SB), basis saturation (V) and the saturation for aluminum (m) were determined. The data was submitted to the analysis of variance in a completely randomized design, 4 x 4. The difference among treatments averages was evaluated by the Student-Newman-Keuls test, at 5% of probability. In all the soil depths, the Al^{3+} was lower in the NT and CT

systems. NT and CT also presented the highest ($p < 0,05$) available P at 0-5, 10-20 and 20-40 cm. The NT also showed higher V, SB and OM at 10-20 cm.

Key words:, no tillage, conventional tillage, native cerrado.

2.1 Introdução

Considerando a diversidade e adversidade de climas que existem nos trópicos do planeta e a necessidade crescente de alimentos para uma população que já atingiu 166 milhões, no Brasil, e pouco mais de 6 bilhões, no mundo, o cerrado brasileiro torna-se uma área de importância estratégica para a intensificação das atividades agrossilvipastoris e produção de alimentos, fibras e energia (RESCK, 2002).

No Piauí, o cerrado ocupa mais da metade da área territorial. Existem mais de 8 milhões de hectares de cerrado, sendo 5 milhões agricultáveis e 3 milhões adequados para o cultivo em grande escala (FUNDAÇÃO CEPRO, 1992).

Nesse ecossistema, os Latossolos são as unidades de solos mais representativas (COELHO, 2002; CORREIA, 2004). Do total da área desses solos no estado do Piauí, cerca de 77% são adequados para algum tipo de utilização agrícola (EMBRAPA, 1989). Apesar de serem de grande potencial para agricultura apresentam limitações quanto à fertilidade (CARUSO, 1997; REATTO et al., 1997). Além disso, mais de 95% são distróficos com níveis de pH entre 4,8 e 5,2, indicando a típica condição ácida desses solos (LOPES & GUILHERME, 1994; PAIVA et al., 1996; SOUSA & LOBATO, 2004). Aliado a estas limitações, tem sido utilizado, na maior parte dessas áreas, no Estado, sistemas de manejo convencionais, especialmente com revolvimento intensivo do solo, o que tem favorecido a intensificação dos processos de erosão e compactação do solo e diminuindo a qualidade deste.

A integração do manejo da fertilidade do solo ao processo produtivo permite conciliar a elevação constante da produtividade das culturas com a preservação dos recursos naturais. Para isso, é preciso identificar os fatores limitantes e avaliar a disponibilidade dos nutrientes no solo, uma vez que estes diferem em função de vários fatores, tais como: material de origem, condições climáticas, relevo e principalmente de sistemas de manejo adotados, os quais podem atuar positiva ou negativamente, conduzindo a ganhos ou perdas de fertilidade (BAYER & MIELNICZUK, 1999; SANTOS, 2003; MUZILLI, 2004).

Neste trabalho objetivou-se verificar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no sul do estado do Piauí, em decorrência do sistema de manejo, plantio direto (PD), preparo convencional (PC) e área recém-desmatada, ainda não cultivada (ARD), tendo como referência o solo de uma área adjacente sob vegetação de cerrado nativo (CN).

2.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em áreas da Fazenda Progresso, localizada no município de Uruçuí, mesorregião do cerrado do sudoeste do estado do Piauí ($7^{\circ} 29' S$, $44^{\circ} 14' W$ e altitude de 470 m). Segundo dados coletados na estação meteorológica da região de Uruçuí, compreendendo valores médios do período de 1962 a 1987, o clima da região é do tipo Aw no sistema Köppen, com temperatura média de $26,5^{\circ} C$, precipitação anual de 1200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo janeiro a março o trimestre mais chuvoso, com ocorrência de veranicos. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura média (JACOMINE, 1986).

Foram avaliados, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, quatro sistemas de manejo do solo (Tabela 1), sendo as amostragens, nos diferentes sistemas de manejo,

efetuadas no ano agrícola de 2004/2005 durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura da soja.

Em cada sistema de manejo foram abertos, aleatoriamente, quatro mini-perfis com profundidade de 60 cm, 50 cm de largura e 80 cm de comprimento, cada um constituindo uma repetição. Nas profundidades de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20 e 20 – 40 cm foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta por profundidade. Para obtenção das amostras na área de cerrado nativo, foi definido, no terço médio, um transecto de aproximadamente 200 m, ao longo do qual foram selecionados oito pontos de coleta (dois por repetição), nos quais foram abertos os mini perfis com 60 cm de profundidade, 80 cm de largura e 100 cm de comprimento. Nestes também, por profundidade, foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta.

Tabela 1 - Histórico de uso e manejo de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no sul do estado do Piauí, município de Uruçuí.

Sistema de manejo	Símbolo	Histórico de uso e manejo
Preparo convencional	PC	Área desmatada há aproximadamente vinte anos e cultivada sob sistema de preparo convencional com revolvimento intensivo do solo. A partir do ano agrícola 2001/2002 vem sendo cultivada com soja, utilizando no preparo do solo grade pesada, intermediária e niveladora, sendo que no ano de 2002/2003 foi feito também uma subsolagem No ano agrícola 2001/2002 o solo foi corrigido com três toneladas de calcário (PRNT 70 a 75%) e no ano seguinte com uma tonelada de gesso. Para o manejo da fertilidade foram efetuadas as seguintes adubações: ano agrícola 2001/2002 400 kg ha ⁻¹ de NPK 00 – 20 – 20 e 150 kg ha ⁻¹ de k ₂ O em cobertura; ano agrícola 2002/2003 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 02 – 20 – 20 e 150 kg ha ⁻¹ de k ₂ O em cobertura); ano agrícola 2003/2004 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 02- 24 – 12 e 150 kg ha ⁻¹ de k ₂ O em cobertura) e ano agrícola 2004/2005 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 00 - 20 –02)
Plantio direto	PD	Área com mesmo histórico de uso e manejo da área de preparo convencional até o ano agrícola 2001/2002. No ano agrícola 2002/2003 foi implantado o sistema plantio direto com o cultivo da soja, utilizando o milho na formação da palhada. Neste mesmo ano a área foi adubada com 600 kg ha ⁻¹ de super simples e 170 kg ha ⁻¹ K ₂ O em cobertura.
Área recém-desmatada	ARD	Área ainda não cultivada, onde a coleta de amostras de solo foi feita quinze dias após o desmatamento.
Cerrado nativo	CN	Área sob vegetação de cerrado nativo, também selecionada para amostragem de solo, por se tratar de um sistema em equilíbrio.

Na caracterização química foram determinados os seguintes atributos: pH em água (1:2,5), por potenciometria; potássio, por fotometria de chama, fósforo disponível, por colorimetria em presença de ácido ascórbico, após extração com solução de Mehlich-1, de acordo com EMBRAPA (1997); os cátions trocáveis, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , e $\text{H} + \text{Al}$, conforme método recomendado por VAN RAIJ et al. (2001) e MO pelo método indireto do carbono orgânico total (método Walkley & Black) com aquecimento externo, como descrito por YEOMANS & BREMNER (1988).

A partir dos dados obtidos, procedeu-se a quantificação da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), a percentagem de saturação por base (V), a percentagem de saturação por alumínio (m) e a matéria orgânica (MO), segundo EMBRAPA (1997).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4. As fontes de variação foram: os sistemas de manejos (parcelas), as profundidades (subparcelas) e suas interações. As análises estatísticas foram efetuadas pelo uso do software estatístico SAS (1986). As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

2.3 Resultados e Discussão

Os sistemas PD e PC apresentaram os maiores valores de pH do solo em relação ao ARD até a profundidade de 20 cm (Tabela 2). Quando comparados ao CN as diferenças ocorreram nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm. Estes resultados refletem o efeito da aplicação de calcário nos sistemas cultivados. Em Latossolo de cerrado, sob PD, ALLEONI et al. (2005) observaram que a calagem na superfície ou com incorporação não influenciou a correção da acidez do subsolo (20-40 cm).

O Al^{3+} apresentou maiores teores nos sistemas ARD e CN quando comparados aos sistemas PD e PC nas diferentes profundidades (Tabela 2) o que evidencia as altas concentrações de Al^{3+} nos sistemas não cultivados de solos de cerrado (SOUSA & LOBATO, 2004) e sua redução nos sistemas PD e PC decorrente dos efeitos da calagem e gessagem.

Tabela 2 – Valores médios de pH em água, Al^{3+} trocável, H + Al e saturação por alumínio (m) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades.

Sistemas de manejo	pH H ₂ O (1:2,5)	Al^{3+} cmol _c dm ⁻³	H + Al	m %
PD	5,45 Aa	0,25 Ba	10,72 Ba	5,82 Cb
PC	5,22 Aa	0,19 Bc	10,95 Ba	4,34 Cc
ARD	4,72 Ba	1,54 Aa	17,00 Aa	58,84 Aa
CN	4,75 Ba	1,74 Aa	12,65 Ba	42,60 Bb
5-10 cm				
PD	5,18 Aa	0,12 Ba	9,20 Ca	3,96 Cb
PC	5,15 Aa	0,20 Bc	9,55 Cb	5,36 Cc
ARD	4,72 Ba	1,74 Aa	15,38 Aa	64,17 Aa
CN	4,85 BAa	1,59 Aa	11,95 Ba	56,26 Ba
10-20 cm				
PD	5,08 Aa	0,11 Ca	9,38 Ba	3,06 Db
PC	5,08 Aa	0,45 Bb	8,70 Bbc	14,10 Cb
ARD	4,75 Ba	1,76 Aa	12,92 Ab	67,93 Aa
CN	4,80 Ba	1,81 Aa	13,98 Aa	59,63 Ba
20-40 cm				
PD	4,70 Ab	0,40 Ba	6,90 Cb	22,12 Ca
PC	4,65 Ab	0,62 Ba	8,30 Cc	31,24 Ca
ARD	4,98 Ab	1,66 Aa	11,90 Bb	69,72 Aa
CN	4,92 Aa	1,94 Aa	15,82 Aa	59,65 Ba

PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias com letras diferentes, maiúsculas para sistemas de manejo em profundidade e minúsculas para profundidades em cada sistema de manejo, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Na profundidade de 10-20 cm o PD apresentou menores teores de Al^{3+} do que o PC. Esse resultado pode estar refletindo o maior efeito da complexação do alumínio proporcionado pelo aumento da matéria orgânica nessa profundidade no sistema PD (Tabela 4).

A saturação por alumínio (m) foi superior no ARD ao longo do perfil do solo (Tabela 2), o que pode estar associado a maior CTC efetiva (t) nesse sistema em relação aos demais e

maiores teores de Al^{3+} em relação ao PD e PC. Os maiores teores de Ca^{2+} nos sistemas sob cultivo (PD e PC) em relação aos não cultivados, independentemente da profundidade, e de Mg^{2+} (Tabela 3) nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, são decorrentes da prática da calagem. No sistema PD, os teores de Ca^{2+} foram superiores aos do PC apenas na profundidade de 10-20 cm, fato que sugere uma melhor distribuição desse cátion em profundidade (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e soma de bases (SB) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades.

Sistemas de manejo	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB
	cmol _c dm ⁻³			%
0-5 cm				
PD	3,05 Aa	1,18 Aa	0,32 Aa	4,64 Aa
PC	2,50 Aa	1,20 Aa	0,32 Aa	4,12 Aa
ARD	0,55 Ba	0,40 Ba	0,09 Ba	1,09 Ca
CN	0,84 Ba	1,36 Aa	0,04 Ba	2,34 Ba
5-10 cm				
PD	2,30 Aa	0,98 Aa	0,29 Aa	3,65 Aa
PC	2,30 Aa	1,10 Aa	0,23 Ab	3,70 Aa
ARD	0,35 Bba	0,52 Ba	0,04 Bb	0,95 Bba
CN	0,61 Ba	0,50 Bb	0,04 Ba	1,23 Bb
10-20 cm				
PD	2,20 Aa	1,20 Aa	0,21 Aba	3,69 Aa
PC	1,30 Bb	1,02 Aa	0,18 Ab	2,56 Bb
ARD	0,32 Cba	0,45 Ba	0,02 Bb	0,83 Cba
CN	0,64 Ca	0,45 Bb	0,04 Ba	1,22 Cb
20-40 cm				
PD	0,70 Ab	0,50 Ab	0,17 Ab	1,42 Ab
PC	0,55 Ac	0,68 Ab	0,11 Ac	1,39 Ac
ARD	0,25 Bb	0,42 Aa	0,01 Bb	0,72 Bb
CN	0,60 Aa	0,59 Ab	0,03 Ba	1,30 Ab

PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias com letras diferentes, maiúsculas para sistemas de manejo em profundidade e minúsculas para profundidades em cada sistema de manejo, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Para os teores de K^+ e a SB (Tabela 3) foram verificados também valores mais elevados nos sistemas sob cultivo (PD e PC) que nos não cultivados (ARD e CN) reflexos de práticas de correção e adubação nos sistemas sob cultivo. Alterações nas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, sob vegetação de cerrado, quando

submetido a diferentes sistemas de uso, foram constatadas por ALVARENGA & DAVIDE (1999) nos agroecossistemas com culturas anuais, sendo os resultados atribuídos à calagem e à fertilização.

Tabela 4 Valores médios de capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), fósforo disponível (P) e matéria orgânica (MO) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades.

Sistemas de manejo	T	V	P	MO
	cmol _c dm ⁻³	%	mg dm ⁻³	dag Kg ⁻¹
0-5 cm				
PD	15,36 Aa	29,94 Aa	55,55 Aa	3,40 Ba
PC	15,07 Aa	27,32 Aa	60,98 Aa	3,06 Ba
ARD	18,09 Aa	6,00 Ca	2,10 Ba	4,57 Aa
CN	14,99 Aa	16,01 Ba	0,03 Ba	2,93 Ba
5-10 cm				
PD	12,85 Ba	28,15 Aa	82,75 Aa	2,89 Aa
PC	13,25 Bb	27,88 Aa	64,12 Aa	2,63 Aa
ARD	16,32 Aa	5,82 Ba	2,18 Ba	2,72 Ab
CN	13,18 Ba	9,52 Bb	0,02 Ba	2,16 Ab
10-20 cm				
PD	13,06 BAa	28,14 Aa	35,28 Aa	3,10 Aa
PC	11,26 Bc	22,88 Bb	22,05 Bb	2,07 Bab
ARD	13,76 BAb	6,07 Ca	1,48 Ca	2,28 Bab
CN	15,20 Aa	8,15 Cb	0,03 Ca	1,55 Bcb
20-40 cm				
PD	8,32 Cb	17,20Ab	33,30 Aa	1,34 Bb
PC	9,69 CBd	14,35 Ac	3,88 Bb	1,45 Bc
ARD	12,62 Bb	5,65 Ba	1,65 Ba	2,41 Ab
CN	17,12 Aa	7,79 Bb	0,02 Ba	1,34 Bc

PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias com letras diferentes, maiúsculas para sistemas de manejo em profundidade e minúsculas para profundidades em cada sistema de manejo, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

No geral, os maiores teores de bases verificados nos sistemas sob cultivo (PD e PC) contribuiu para elevação da percentagem de saturação por bases (V) em todas as profundidades quando comparados aos não cultivados (Tabela 4).

Os teores de P disponível (Tabela 4), em todas as profundidades, foram também maiores nos sistemas cultivados em função da aplicação de fertilizantes fosfatados para o cultivo da soja. Entre os sistemas PD e PC observaram-se diferenças em relação ao P somente

nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm. Os maiores teores de P no PD está associado à provável diminuição na perda de solo por erosão e o aumento no P orgânico, devido à presença dos resíduos na superfície do solo. Estes resultados evidenciam a possibilidade de se reduzir, no sistema PD, os gastos com fertilizantes fosfatados, uma vez que, superado o nível crítico de P no solo, este poderá ser mantido com menores quantidades de fertilizante aplicado, em relação ao preparo convencional.

Para a MO o ARD apresentou os maiores teores nas profundidades de 0-5 cm e 20-40 cm. Isso sugere o desequilíbrio ocasionado no solo em função do desmatamento que provocou grande movimentação de solo pela retirada das raízes. Além disso, a permanência dos restos vegetais na superfície do solo por ocasião da coleta de amostras, provavelmente contribuiu para esses resultados. Isso não é corroborado com outros estudos em que o desequilíbrio ocasionado no solo por ocasião do desmatamento favorece a oxidação da matéria orgânica do solo (MENDES, 2002). O comportamento semelhante entre PC e PD pode ser atribuído ao tempo de adoção desse último, ainda curto, para apresentar diferenciações.

2.4 Conclusões

A aplicação de calcário nos sistemas PD e PC aumentou os valores de pH em água, Ca^{2+} e Mg^{2+} até a profundidade de 10-20 cm;

O PD promoveu aumentos na saturação por bases (V), na soma de bases (SB) e matéria orgânica (MO) na profundidade de 10-20 cm, com valores superiores aos do CN.

A aplicação de fertilizantes nos sistemas PD e PC, elevou os teores de P e K ao longo do perfil, com diferenças entre si nos teores de P a partir de 20 cm, com maiores valores no PD.

2.5 Referências Bibliográfica

ALLEONI, L. R. F. et al. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.6, 2005.

ALVARENGA, M. I. N. & DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A. de O. (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. ed. Porto Alegre: Gêneses, 1999. Cap. 2, p.9-23.

CARUSO, R. **Cerrado brasileiro: desenvolvimento, preservação e sustentabilidade**. Fundação Cargill, 1997. 112p.

COELHO, M. R. et al. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V. et al. (eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Embrapa solos, 2002, p. 1-12.

CORREIA, J. R. et al. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa: Brasília, 2004. Cap. 1, p. 29-58.

EMBRAPA. Piauí – Recursos naturais – solos. In: **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada**. Região Nordeste. Brasília, 1989. p. 85 – 97.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212p.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Cerrados piauienses**. Teresina, 1992. 64p. (Estudo preliminar).

JACOMINE, P.K. T. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DRN, v.1, 1986, p. 91-95.

LOPES S. & GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: Manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 50p.

MENDES, I. de C. O solo do cerrado. **Cultivar-grandes culturas**, Pelotas, v. 4, n. 42, p. 19-26, 2002.

MUZILLI, O. Fundamentos para o manejo do solo no sistema plantio direto. In: COUTO, E. G. & BUENO, J. F. (orgs.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 2004. **Os (DES) caminhos do uso da água na Agricultura Brasileira**. p. 299-336. 482p.

PAIVA, P. I. R. et al. Acidificação de um Latossolo Roxo do Estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.

REATTO, A. et al. Principais classes de solos com ocorrência de cerrado no Meio Norte (Maranhão, Piauí) e suas potencialidades agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1, 1997, Teresina, PI. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 1997. p. 39-44. (Documento, 27).

RESCK, D.V.S. perspectivas do uso e manejo dos solos no cerrado. In: ARAÚJO, Q.R. de (org.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 13, 2002. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: SBCS, 2002. P. 219-235. 605p.

SANTOS, V. B. dos. **Matéria orgânica e biomassa microbiana de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo**. 2003. 80f Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos, Universidade Federal de Pelotas.

SOUSA, D. M. G. DE & LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: ----- (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa: Brasília, 2004, Cap. 3, p. 81-96.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1986. **System for linear models**. SAS institute. 211 p.

VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284p.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant anal**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

3 CAPÍTULO II

Indicadores microbiológicos em Latossolo Amarelo distrófico submetido a diferentes sistemas de manejo na Região do Cerrado Piauiense¹

Microbiological indicators in dystrophic Yellow Latosol under the different management systems of the Cerrado region Piauí State

Maria da Conceição Bezerra da Silva Matias² Adeodato Ari Cavalcante Salviano³ Luiz Fernando de Carvalho Leite⁴

RESUMO

Por suas características, a região do cerrado brasileiro, é a grande fronteira agrícola do mundo, capaz de responder de maneira imediata à crescente demanda por produtos agrícolas. O objetivo deste estudo foi quantificar as alterações nos atributos microbiológicos de um Latossolo Amarelo distrófico no cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo: plantio direto (PD), preparo convencional (PC), área recém-desmatada e uma área adjacente, sob vegetação de cerrado nativo (CN), tomada como referência. Amostras de solo foram coletadas na Fazenda Progresso, município de Uruçuí, PI, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40. Foram determinados os teores e estoques totais de carbono orgânico (COT) e nitrogênio

¹ Parte da dissertação apresentada a Universidade Federal do Piauí, para obtenção do grau de mestre em Produção Vegetal.

² Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias, Campus Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

³ Professor, Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Federal do Piauí, Campos Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Meio Norte, Av. Duque de Caxias, Bairro Buenos Aires, Teresina, PI.

(NT), a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana (Cmic) e os quocientes microbiano (Cmic/COT) e metabólico (qCO₂). Os dados foram submetidos à análise de variância num delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. O Cmic no sistema PD foi superior ao PC em 98% e ao ARD, em 89%, na profundidade de 10-20 cm. O quociente microbiano foi menor nos sistemas manejados quando comparados ao CN na profundidade de 10-20 cm. Não foram observadas diferenças significativas nos valores da respiração basal e do quociente metabólico entre os sistemas cultivados e a área recém-desmatada até a profundidade de 10 cm.

Palavras-chave: plantio direto, biomassa microbiana, respiração basal.

SUMMARY

For its characteristics, the cerrado region of the Brazilian , is the great agricultural frontier of the world, capable to reply in immediate way to the increasing demand for agricultural products. The objective of this study was to quantify the changes in the microbiological attributes of a dystrophic Yellow Latosol, under different management systems: no-tillage (NT), conventional tillage (CT) and just-deforested area (JDA), compared to a native cerrado soil (NC). The soil samples were collected in the Progresso Farm, in Uruçuí, PI, at the depths of 0-5; 5-10; 10-20 and 20-40 cm. the amounts and storage total organic carbon (TOC) and nitrogen (TN), the basal breathing, the microbial biomass carbon (micC) and the microbial (micC/TOC) and metabolic (qCO₂) quotients were determined. The data was submitted to the analysis of variance in a completely randomized design, 4 x 4. The difference among treatments averages was evaluated by the Student-Newman-Keuls test, at 5% of probability.

In the NT, the micC, was 93% and 89% higher than in the CT and JDA, respectively, at 10-20 cm. The microbial quotient was lower in the cropped systems than in the NC at 10-20 cm. No significant difference for basal breathing and metabolic quotient between the cultivated systems and the just-deforested area, until the depth of 10 cm, was observed.

Key-words: no-tillage, microbial biomass, basal breathing.

3.1 Introdução

Com uma área de aproximadamente 207 milhões de hectares, sendo potencialmente agricultáveis 136 milhões, o cerrado brasileiro, maior bioma do país depois da Amazônia, representa a grande fronteira mundial capaz de responder à demanda crescente por alimentos, produtos agrícolas e agroindustriais (COSTA et al., 2002).

No Piauí, o cerrado ocupa mais da metade da área territorial. Está presente em toda região sudoeste e parte do extremo sul (FUNDAÇÃO CEPRO, 1992). Os Latossolos, predominantes nesse ecossistema, são de grande potencial para agricultura, mesmo havendo necessidade de correção do pH e da fertilidade (REATTO et al., 1997). Da área total desses solos no estado, cerca de 77% são adequados para algum tipo de utilização agrícola (EMBRAPA, 1989).

Por se tratar de ecossistema onde os estoques de matéria orgânica são considerados baixos (MENDES, 2002; CORREIA, 2004), a retirada da vegetação natural e o subsequente preparo do solo para implantação de agroecossistemas, em função do revolvimento do solo, promoverá uma redução nesses estoques, devido a desagregação das partículas do solo que termina por expor a matéria orgânica, anteriormente inacessível, ao ataque dos microrganismos (HANNAS, 1997; FREIXO et al., 2002; REIS & RODELLA, 2002). Enquanto que, o uso de práticas conservacionistas, como o plantio direto, por não revolver o

solo e deixar os resíduos de culturas na superfície, associado a sistemas de cultivo com rotação de culturas e o uso de espécie com elevado potencial de biomassa têm contribuído significativamente para o incremento da matéria orgânica do solo, devido a redução nas perdas de carbono na forma de CO₂ e, conseqüentemente para melhoria da qualidade do solo (CORAZZA, 1999; AMADO et al., 2001; BAYER et al., 2004).

Para monitorar os impactos dos diversos agroecossistemas nos Latossolos do cerrado tem sido recomendada a utilização de indicadores, como por exemplo, a biomassa microbiana do solo e a respiração basal do solo, os quais podem fornecer índices que permitirão avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo e conseqüentemente, refletir sobre tendências de mudanças que estão ocorrendo a médio e longo prazo (GAMA-RODRIGUES, 1999; MENDES & OLIVEIRA, 2001; D'ANDRÉA, 2004). A falta de informações sobre a biomassa microbiana e seu papel na ciclagem de nutrientes nos cerrados tropicais contrasta com a abundância de informações nos ecossistemas das regiões temperadas e mesmo em outras regiões do Brasil (MENDES, 2002). Em se tratando do cerrado do Piauí, praticamente estes dados ainda são inexistentes.

O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos dos sistemas de manejo: plantio direto; preparo convencional e área recém-desmatada, nos teores e estoques de carbono orgânico e nitrogênio total e nos teores de carbono microbiano e na atividade dos microrganismos, num Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado do Piauí, tendo como referência uma área sob vegetação de cerrado nativo.

3.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em áreas da Fazenda Progresso, localizada no município de Uruçuí, mesorregião do cerrado do sudoeste do estado do Piauí (7° 29' S, 44° 14' W e altitude

de 470 m). Segundo dados coletados na estação meteorológica da região de Uruçuí, compreendendo valores médios do período de 1962 a 1987, o clima da região é do tipo Aw no sistema Köppen, com temperatura média de 26,5 °C, precipitação anual de 1.200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo janeiro a março o trimestre mais chuvoso, com ocorrência de veranicos. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura média JACOMINE (1986).

Foram avaliados, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, quatro sistemas de manejo do solo (Tabela 1).

As amostragens, nos diferentes sistemas de manejo, foram efetuadas no ano agrícola de 2004/2005 durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura da soja. Em cada sistema de manejo foram abertos, aleatoriamente, quatro mini-perfis com profundidade de 60 cm, 50 cm de largura e 80 cm de comprimento, cada um constituindo uma repetição. Nas profundidades de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20 e 20 – 40 cm foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta por profundidade. Para obtenção das amostras na área de cerrado nativo, foi definido, no terço médio, um transecto de aproximadamente 200 m, ao longo do qual foram selecionados oito pontos de coleta (dois por repetição), nos quais foram abertos os mini perfis com 60 cm de profundidade, 80 cm de largura e 100 cm de comprimento. Nestes também, por profundidade, foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta.

Tabela 1 - Histórico de uso e manejo de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no sul do estado do Piauí, município de Uruçuí.

Sistema de manejo	Símbolo	Histórico de uso e manejo
Preparo convencional	PC	Área desmatada há aproximadamente vinte anos e cultivada sob sistema de preparo convencional com revolvimento intensivo do solo. A partir do ano agrícola 2001/2002 vem sendo cultivada com soja, utilizando no preparo do solo grade pesada, intermediária e niveladora, sendo que no ano de 2002/2003 foi feito também uma subsolagem. No ano agrícola 2001/2002 o solo foi corrigido com três toneladas de calcário (PRNT 70 a 75%) e no ano seguinte com uma tonelada de gesso. Para o manejo da fertilidade foram efetuadas as seguintes adubações: ano agrícola 2001/2002 400 kg ha ⁻¹ de NPK 00 – 20 – 20 e 150 kg ha ⁻¹ de K ₂ O em cobertura; ano agrícola 2002/2003 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 02 – 20 – 20 e 150 kg ha ⁻¹ de K ₂ O em cobertura); ano agrícola 2003/2004 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 02- 24 – 12 e 150 kg ha ⁻¹ de K ₂ O em cobertura) e ano agrícola 2004/2005 (400 kg ha ⁻¹ de NPK 00 - 20 –02)
Plantio direto	PD	Área com mesmo histórico de uso e manejo da área de preparo convencional até o ano agrícola 2001/2002. No ano agrícola 2002/2003 foi implantado o sistema plantio direto com o cultivo da soja, utilizando o milho na formação da palhada. Neste mesmo ano a área foi adubada com 600 kg ha ⁻¹ de super simples e 170 kg ha ⁻¹ K ₂ O em cobertura.
Área recém-desmatada	ARD	Área ainda não cultivada, onde a coleta de amostras de solo foi feita quinze dias após o desmatamento.
Cerrado nativo	CN	Área sob vegetação de cerrado nativo, também selecionada para amostragem de solo, por se tratar de um sistema em equilíbrio.

Para avaliar os atributos biológicos, nos diferentes sistemas de manejo, amostras de solo, em cada profundidade, foram retiradas, etiquetadas e acondicionadas em sacos plásticos. Em seguida, foram preparadas para as seguintes determinações: carbono orgânico total; nitrogênio total; carbono da biomassa microbiana e atividade microbiana. Também foram coletadas amostras, com auxílio de anéis volumétricos com capacidade de 163 cm³, para determinação da densidade do solo. Estes valores foram utilizados no cálculo dos estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total, baseado numa equivalência com a massa do solo (LEITE, 2002).

As amostras de solo coletadas para avaliação do carbono orgânico total e nitrogênio total foram secas ao ar, destorroadas, maceradas e passadas em peneira de 2 mm de malha (TFSA) para posterior execução das análises. Para determinação da biomassa microbiana, a fim de preservar a atividade dos microrganismos, as amostras, ao serem retiradas, foram mantidas em caixa de isopor refrigeradas com blocos de gelo em seu interior e encaminhadas ao laboratório, onde permaneceram sob refrigeração (± 4 °C) até a execução das análises.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico concentrado (Método Walkley-Black), e titulação com sulfato ferroso amoniacal na presença do indicador fenolfetaleína, conforme método descrito por YEOMANS & BREMNER (1988). O nitrogênio total (NT) foi quantificado por destilação Kjeldahl conforme procedimentos descritos por SILVA (1981). Com os valores obtidos determinou-se a relação entre carbono orgânico total e nitrogênio total (relação C/N).

Os estoques de C em cada profundidade amostrada foram calculados a partir da expressão: $EstC = (COT \times Ds \times e)$, em que EstC é o estoque de carbono orgânico total em determinada profundidade; COT é o teor de carbono orgânico total; Ds é a densidade do solo em cada profundidade e e a espessura da camada considerada. O cálculo dos estoques de N total foi efetuado seguindo a seguinte expressão: $EstN = (NT \times Ds \times e)$, em que EstN é o estoque de N total do solo em determinada profundidade e NT o teor de N total.

O carbono da biomassa microbiana do solo (C_{mic}) foi determinado pelo método irradiação-extração utilizando na eliminação dos microrganismos um forno de microondas com frequência de microondas de 2450 MHz e energia a 900W por 180s (ISLAM & WEIL, 1998; FERREIRA et al., 1999).

Para quantificação do carbono da biomassa microbiana foi utilizada a respectiva equação: $C_{mic} = (C_I - C_{NI}) / Kc = \mu g \text{ g}^{-1}$ de C no solo onde: C_{mic} é o carbono da biomassa

microbiana; C_I é o carbono da amostra irradiada; C_{NI} é o carbono da amostra não irradiada e $K_c = 0,33$, fator de correção proposto por Sparling & West (1988).

A taxa de respiração basal foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO_2) liberado no processo de respiração microbiana, pelo método da incubação-extração, conforme ALEF & NANNIPIERI (1995).

O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (ANDERSON & DOMSCH, 1993), sendo expresso em $\mu g CO_2/\mu g C_{mic} g^{-1} dia^{-1}$. Para refletir os aportes de carbono orgânico total e a conversão de substratos orgânicos para o carbono da biomassa microbiana foi calculado o quociente microbiano (C_{mic}/COT) de acordo com SPARLING (1992), pela expressão: $C_{mic}/COT = (C_{mic})/(COT)/10$, sendo $C_{mic}/COT =$ quociente microbiano (%); C_{mic} : carbono da biomassa microbiana ($\mu g g^{-1}$); COT : carbono orgânico total ($g Kg^{-1}$).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As fontes de variação foram os sistemas de manejos (parcelas), as profundidades (subparcelas) e suas interações. As análises estatísticas foram efetuadas pelo uso do software estatístico SAS (1986). As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5%.

3.3 Resultados e Discussão

Os teores de COT no PD foram superiores ($p < 0,05$) ao CN na profundidade de 10-20 cm. Esse acréscimo foi suficiente para alterar os estoques de carbono, que já se mostraram superiores a partir da profundidade de 5-10 cm (Tabela 2). O PC só foi superior ao CN na profundidade de 5-10 cm para os estoques de carbono. Com isso constatou-se que o sistema plantio direto minimizou a oxidação da matéria orgânica, assegurando seu suprimento na

camada superficial do perfil do solo. Por outro lado, o revolvimento do solo pelo uso de implementos no PC, agiu desagregando o solo e expondo a matéria orgânica ao ataque dos microrganismos, que aliados às altas temperaturas, favoreceram o processo de decomposição da mesma. Estes resultados concordam com CONCEIÇÃO et al. (2005), segundo os quais, os métodos de preparo do solo interferem tanto na quantidade de C orgânico como na sua distribuição ao longo do perfil do solo.

Entre os tratamentos, os estoques de COT foram maiores no PD nas profundidades de 5-10 ($12,15 \text{ Mg ha}^{-1}$) e 10-20 cm ($19,75 \text{ M ha}^{-1}$) (Tabela 2). Nos sistemas não perturbados pelo preparo do solo, como o PD, os resíduos culturais são depositados na superfície do solo e, após a decomposição, promovem o aumento do estoque de COT na camada superficial, o que pode ser complementado pela decomposição das raízes, mais abundantes na superfície.

Por outro lado, na profundidade de 20-40 cm, a ARD apresentou maiores estoques de COT. Por se tratar de uma área ainda não cultivada, existe uma variabilidade muito grande nos constituintes do solo, principalmente em relação aos microrganismos, o que possivelmente refletiu nesses resultados. Isso está de acordo com VARGAS & SCHOLLES (2000) quando afirmam que em diferentes sistemas de manejo do solo, a microbiota recebe estímulos diferenciados devidos à composição dos resíduos das espécies vegetais e aos métodos de preparo, o que resulta em diferenças na atividade microbiana, na relação mineralização – imobilização do nitrogênio e nas taxas de decomposição dos resíduos.

Tabela 2 Teores e estoques totais de carbono orgânico (COT) e de nitrogênio (NT), relação C/N e densidade do solo de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do sul do Piauí.

Sistemas de manejo	COT g Kg ⁻¹	NT g Kg ⁻¹	Densidade Kg dm ⁻³	Est. COT Mg ha ⁻¹	Est. NT Mg ha ⁻¹	C/N
0-5cm						
PD	19,75 aB	1,00 aB	1,43 aA	14,22 aA	0,71 bA	20 baA
PC	17,75 aB	0,97 aB	1,44 aA	12,65 aA	0,70 cA	18 Aa
ARD	26,50aA	1,57 aA	1,10 cB	14,40 aA	0,86 bA	17 aA
CN	17,00aB	1,10 aB	1,31 aA	11,12 aA	0,72 bA	15 aA
5-10cm						
PD	16,75 aA	0,82 aA	1,45 aA	12,15 aA	0,60 bA	20 baA
PC	15,25 aA	0,85 aA	1,43 aA	10,90 bA	0,68 cA	17 aA
ARD	15,75 bA	1,02 bA	1,21 bB	9,52 bBA	0,62 cA	15 aA
CN	12,50 bA	0,87 baA	1,26 aB	7,92 bB	0,55 bA	14 aA
10-20cm						
PD	18,00 aA	0,82 aA	1,51 aA	19,75 bA	1,24 aA	23 aA
PC	12,00 bBA	0,85 aA	1,56 aA	13,50 cBA	1,32 aA	15 aBA
ARD	13,25 bBA	0,95 bA	1,28 baC	12,25 cBA	1,22 aA	14 aBA
CN	9,00 bB	0,88 baA	1,35 aB	8,75 cB	1,18 aA	10 aB
20-40cm						
PD	7,75 bB	0,75 aA	1,50 aA	8,50 bB	1,13 aA	10 bB
PC	8,50 cB	0,70 aA	1,45 aBA	9,00 cB	1,02 bA	12 aB
ARD	14,00 bA	0,70 bA	1,31 aC	13,25 cA	0,92 bA	20 aA
CN	7,75 bB	0,75 bA	1,34 aCB	8,50 cB	1,02 aA	11 aB

PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias com letras diferentes, maiúsculas para sistemas de manejo em profundidade e minúsculas para profundidades em cada sistema de manejo, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os teores e estoques de NT não foram alterados significativamente pelos PC e PD ao longo do perfil em relação ao CN (Tabela 2). Isso pode estar relacionado ao tempo de adoção do plantio direto, apenas três anos, e aos aportes de plantas de cobertura (milheto), que não foram suficientes para promover alterações positivas no nitrogênio total do solo. Resultados similares foram observados por D`ANDRÉA et al. (2004).

O carbono da biomassa microbiana (Cmic) no sistema PD foi superior ao PC e ao ARD na profundidade de 10-20 cm, 93 e 89%, respectivamente (Tabela 3). Esse acréscimo demonstrou que, com a utilização de sistemas de manejo conservacionistas, é possível aumentar os estoques de matéria orgânica do solo, mesmo em condições climáticas favoráveis

à rápida decomposição microbiana e num solo de textura média, como no presente estudo, no qual é mínima a proteção física da matéria orgânica. AMADO et al. (2001) afirmam que a agricultura, desde que utilizada com sistemas conservacionistas, mostra potencial para fixação líquida de CO₂ atmosférico, mesmo quando comparado a sistemas naturais não perturbados, como o campo natural.

Tabela 3 Respiração basal, carbono da biomassa microbiana (Cmic), quociente microbiano (Cmic/COT) e quociente metabólico (qCO₂) de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo em quatro profundidades.

Sistemas de manejo	Respiração basal µg CO ₂ Cmic dia ⁻¹	Cmic µg g ⁻¹	Cmic/COT %	qCO ₂ µg CO ₂ Cmic dia ⁻¹
0-5cm				
PD	33,73 aA	219,95 aA	1,12 aA	0,153aA
PC	17,93 aA	140,30 aA	0,81 aA	0,128 aA
ARD	24,93 aA	343,68 aA	1,27 aA	0,007 aA
CN	2,15 aA	255,50 aA	1,61 aA	0,008 aA
5-10cm				
PD	25,95 aA	117,50 aA	0,69 aA	0,221 aA
PC	19,82 aA	206,50 aA	1,30 aA	0,096 aA
ARD	15,72 aA	133,60 aA	0,86 aA	0,118 aA
CN	0,85 bB	240,20 aA	1,89 aA	0,004 bA
10-20cm				
PD	21,12 aB	309,05 aA	1,90 aB	0,068 aB
PC	16,48 aB	159,58 aB	1,36 aB	0,103 aB
ARD	33,28 aA	162,93 aB	1,25 aB	0,204 aA
CN	0,68 bC	284,00 aA	3,14 aA	0,002 bB
20-40cm				
PD	15,85 aA	137,73 aA	1,79 aA	0,115 aA
PC	16,55 aA	226,63 aA	2,72 aA	0,073 aA
ARD	17,02 aA	123,73 aA	0,93 aA	0,137 aA
CN	0,65 bB	238,58 aA	3,46 aA	0,002bA

PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias com letras diferentes, maiúsculas para sistemas de manejo em profundidade e minúsculas para profundidades em cada sistema de manejo, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

O quociente microbiano (Cmic/COT) foi menor em todos os sistemas de manejo em relação ao CN, na profundidade de 10-20 cm, indicando que a disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos é baixa nesses sistemas (Tabela 3). Isso provavelmente estar associado aos baixos teores de Cmic nos sistemas com revolvimento do solo e ao pouco tempo de adoção do PD, não suficiente para apresentar diferenças significativas.

Os sistemas cultivados na profundidade de 10-20 cm apresentaram valores de respiração basal superiores aos de cerrado nativo (Tabela 3). Provavelmente em função do acréscimo de matéria orgânica e melhoria da condição de fertilidade do solo nesses sistemas em relação ao CN. Considerando-se que os estoques de C no PD (19,75 Mg. ha⁻¹) foram superiores em relação ao CN (8,75 Mg.ha⁻¹), pode-se estimar que o uso de um sistema de manejo conservacionista pode promover acúmulo de carbono orgânico no solo, e assim contribuir para o seqüestro CO₂.

3.3 Conclusões

As maiores alterações na atividade microbiana, decorrentes dos sistemas de manejo adotados, ocorreram na profundidade de 10-20 cm, sendo que o sistema ARD contribuiu para a emissão de CO₂ para atmosfera;

A adoção do PD, mesmo recente (três anos), aumentou os estoque de C em relação PC e ARD, inclusive ao CN, sendo este efeito restrito à profundidade de 10-20 cm;

O carbono da biomassa microbiana indicou, na profundidade de 10-20 cm, potencial do sistema PD para recuperar a MO e, conseqüentemente contribuir para o seqüestro do carbono no solo;

3.5. Refêrencias Bibliográficas

ALEF, K. & NANNIPIERI, P. (eds.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995, 576p.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDERSON, J. P. E. & DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 25, p. 393-395, 1993.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CORREIA, J. R. et al. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa: Brasília, 2004. Cap. 1, p. 29-58.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

COSTA, L. da. et al. Manejo dos solos da região dos cerrados. In: ARAÚJO, Q.R. de (org.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 13, 2002. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: SBCS, 2002. P. 201-217. 605p.

D'ANDRÉA, A.F. et al. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

EMBRAPA. Piauí – Recursos naturais – solos. In: **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada**. Região Nordeste. Brasília, 1989. p. 85 – 97.

FERREIRA, A. S. et al. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 991-996, 1999.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Cerrados piauienses**. Teresina, 1992. 64p. (Estudo preliminar).

GAMA-RODRIGUES, E.F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A. de. O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo-ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1. ed. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap. 11, p. 227-240.

HANNAS, C. T. Plantio direto em Goiás. In: SATURNINO, H. M. & LANDERS, J. N. (eds.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: Embrapa-SPI, Cap. 4, p. 71-74, 1997.

ISLAM, K. R. & WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fertl. Soils**, p. 408-416, 1998.

JACOMINE, P.K. T. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DRN, v.1, 1986, p. 91-95.

LEITE, L. F. C. **Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century**. 2002. 146p. Tese (Doutorado em agronomia) – Programa de Pós-graduação em Solos e nutrição de plantas, Área de concentração: Solos, Universidade Federal de Viçosa.

MENDES, I. de C. O solo do cerrado. **Cultivar-grandes culturas**, Pelotas, v. 4, n. 42, p. 19-26, 2002.

MENDES, I. de C.; OLIVEIRA, J.R.A. Biomassa microbiana e atividade enzimática de solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo, Londrina, PR, 2000/01. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: 2001. p.57.

REATTO, A. et al. Principais classes de solos com ocorrência de cerrado no Meio Norte (Maranhão, Piauí) e suas potencialidades agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1, 1997, Teresina, PI. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 1997. p. 39-44. (Documento, 27).

REIS, T.C.; RODELLA, A.A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-626, 2002.

SILVA, D. da. **Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1981.166p.

SPARLING, G. P. Ratio microbial biomass carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil Research**, v.30, p. 195-207, 1992.

SPARLING, G. P. & WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labeled cells. **Soil Biol. Biochem.**, v.20, p.337-343, 1988.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1986. **System for linear models**. SAS institute. 211 p.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 24-34, 2000.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant anal.**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL

ALEF, K. & NANNIPIERI, P. (eds.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995, 576p.

ALLEONI, L. R. F. et al. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.6, 2005.

ALVARENGA, M. I. N. & DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDERSON, J. M. et al. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In: **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**, 1989.

ANDERSON, J. P. E. & DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 25, p. 393-395, 1993.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A. de O. (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. ed. Porto Alegre: Gêneses, 1999. Cap. 2, p.9-23.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

CAMPANHOLA, C. et al. Agricultura e impacto ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1, 1997, Teresina, Piauí. Cerrados: sua biodiversidade é uma bênção da natureza. **Anais...** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. p. 159-169.

CARUSO, R. **Cerrado brasileiro: desenvolvimento, preservação e sustentabilidade**. Fundação Cargill, 1997. 112p.

COELHO, M. R. et al. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V. et al. (eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Embrapa solos, 2002, p. 1-12.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica

da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n 2, p. 425-432, 1999.

CORREIA, J. R. et al. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa: Brasília, 2004. Cap. 1, p. 29-58.

COSTA et al. Manejo dos solos da região dos cerrados. In: ARAÚJO, Q.R. de (org.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 13, 2002. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: SBCS, 2002. P. 201-217. 605p.

D'ANDRÉA, A.F. et al. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H. M. & LANDERS, J. N. (eds.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: Embrapa-SPI, Cap. 2, p. 29-48, 1997.

DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Áreas degradadas, 1998. p. 1-7.

EMBRAPA. Piauí – Recursos naturais – solos. In: **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada**. Região Nordeste. Brasília, 1989. p. 85 – 97.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212p.

FERREIRA, A. S. et al. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 991-996, 1999.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Cerrados piauienses**. Teresina, 1992. 64p. (Estudo preliminar).

GAMA-RODRIGUES, E.F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A. de. O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo-ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1. ed. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap. 11, p. 227-240.

HANNAS, C. T. Plantio direto em Goiás. In: SATURNINO, H. M. & LANDERS, J. N. (eds.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: Embrapa-SPI, Cap. 4, p. 71-74, 1997.

ISLAM, K. R. & WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fertl. Soils**, p. 408-416, 1998.

JACOMINE, P.K. T. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DRN, v.1, 1986, p. 91-95.

LEITE, L. F. C. **Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century**. 2002. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em solos e nutrição de plantas, Área de concentração: Solos, Universidade Federal de Viçosa.

LEITE, L.F.C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: Manejo da fertilidade para produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 50p.

MARTIN, J. P. & HAIDER, K. Influence of mineral colloids on turnover rates. In: **.....Interactions of soil minerals with natural organic and microbes**. SSSA, Sper. Pub. N. 17, 1986.

MENDES, I. de C. O solo do cerrado. **Cultivar-grandes culturas**, Pelotas, v. 4, n. 42, p. 19-26, 2002.

MENDES, I. de C.; OLIVEIRA, J.R.A. Biomassa microbiana e atividade enzimática de solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo, Londrina, PR, 2000/01. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: 2001. p.57.

MUZILLI, O. Fundamentos para o manejo do solo no sistema plantio direto. In: COUTO, E. G. & BUENO, J. F. (orgs.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 2004. **Os (DES) caminhos do uso da água na Agricultura Brasileira**. p. 299-336. 482p.

PAIVA, P. I. R. et al. Acidificação de um Latossolo Roxo do Estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.

PICCOLO, A. Plantio direto aumenta quantidade de substâncias húmicas no solo. www.plantiodireto.com.br/puglica/ver.55/carbono2.htm. 2000.

REATTO, A. et al. Solos do bioma cerrado: Aspecto pedológico. In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P. de. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 47-86.

REATTO, A. et al. Principais classes de solos com ocorrência de cerrado no Meio Norte (Maranhão, Piauí) e suas potencialidades agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1, 1997, Teresina, PI. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 1997. p. 39-44. (Documento, 27).

REIS, T.C.; RODELLA, A.A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-626, 2002.

RESCK, D.V.S. perspectivas do uso e manejo dos solos no cerrado. In: ARAÚJO, Q.R. de (org.). REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 13, 2002. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: SBCS, 2002. P. 219-235. 605p.

SANTOS, V. B. dos. **Matéria orgânica e biomassa microbiana de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo**. 2003. 80f Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos, Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, D. da. **Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1981.166p

SILVA, J. E. et al. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18 n. 3, p. 541-547, 1994.

SOUSA, D. M. G. de. & LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: -----. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa: Brasília, 2004, Cap. 3, p. 81-96.

SPARLING, G. P. Ratio microbial biomass carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil Research**, v.30, p. 195-207, 1992.

SPARLING, G. P. & WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labeled cells. **Soil Biol. Biochem.**, v.20, p.337-343, 1988.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1986. **System for linear models**. SAS institute. 211 p.

STEVENSON, F.J. Organic matter in soils: pools, distribution, transformations, and function. In: ----- **.Húmus chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284p.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 24-34, 2000.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant anal.*, v. 19, p. 1467-1476, 1988.