

THIAGO VINICIUS BARROS IBIAPINA

ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE LATOSSOLO AMARELO EM ÁREAS  
CULTIVADAS COM SOJA E EUCALIPTO NO CERRADO PIAUIENSE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

2011



THIAGO VINICIUS BARROS IBIAPINA

ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREAS CULTIVADAS COM SOJA E  
EUCALIPTO NO CERRADO PIAUIENSE

Trabalho apresentado como  
requisito para a obtenção do  
título de Mestre em  
Agronomia / Produção  
Vegetal, do curso de Pós-  
Graduação em Agronomia /  
CCA / UFPI.

TERESINA,  
FEVEREIRO DE 2011

ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREAS CULTIVADAS COM SOJA E  
EUCALIPTO NO CERRADO PIAUIENSE

THIAGO VINICIUS B. IBIAPINA

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia / Produção Vegetal (PPGA) da Universidade Federal do Piauí – UFPI como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Avaliada por:

---

Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Luis Alfredo Pinheiro Leal Nunes  
(Co-orientador)

---

Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho  
(Membro)

---

Prof. Dr. Valdinar Bezerra dos Santos  
(Membro)

TERESINA,  
2011

“A vida é o trem e não a estação...”

(Paulo Coelho)

Dedicatória

Aos meus pais fonte de tranquilidade apoio e sabedoria,  
Aos meus avós, em especial Vicente Ibiapina e Maria Rita Ibiapina (*in memoriam*),  
Às minhas irmãs,  
Aos meus grandes amigos, companheiros de caminhada,  
Aos meus mestres fonte de inspiração e determinação,

Dedico

## Agradecimento

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a todos os que contribuíram de alguma forma para que eu pudesse realizar este trabalho, seja ela qual for, desde os amigos que me deram apoio em horas difíceis, aos que participaram das coletas, aos que contribuíram para as análises.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa, sem a qual seria muito mais dolorosa a jornada nesse período de dedicação e busca pelo saber.

## Sumário

Revisão .....	3
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões .....	17
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão .....	24
Conclusões .....	29
Referências Bibliográficas .....	30

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	14
Tabela 2. Valores de Diâmetro médio geométrico (DMG) diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	16
Tabela 1. Valores de matéria orgânica do solo (MOS) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	24
Tabela 2. Valores de carbono orgânico total (COT) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	25
Tabela 3. Valores de respiração para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	25
Tabela 4. Valores de carbono microbiano (C-mic), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo. ....	27



## Lista de Figuras

Figura 1. Gráfico de resistência do solo à penetração para os tratamentos cultura anual (Soja), área experimental implantada em 2006 (EXP), áreas de eucalipto implantadas em 2009 e 2008 (E2009 e E2008) e área de mata nativa (MATA).....	13
---	----

## **ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREAS CULTIVADAS COM SOJA E EUCALIPTO NO CERRADO PIAUIENSE**

Thiago Vinicius Barros Ibiapina

**Resumo** – No Brasil, o cultivo de eucalipto representa mais de 60% da área florestada para fins de produção de celulose. Essa cultura constitui opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos  $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera. Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da produção de eucalipto e soja em cerrado piauiense sobre os atributos físicos e biológicos do solo. O estudo foi realizado na fazenda Chapada Grande no município de Regeneração, PI ( $06^\circ 14' 16'' \text{ S}$ ,  $42^\circ 41' 18'' \text{ O}$ ). O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo AW'. Os tratamentos foram compostos de cultura anual (Soja), Cultura permanente eucalipto implantada em área de testes de clones da fazenda (EXP06), implantada no ano agrícola de 2006/2007, cultura permanente de eucalipto (E2009), área implantada em 2009, cultura permanente de eucalipto (E2008), área implantada em 2008 e área de cerrado nativo (Mata). Foram estudados os atributos: estabilidade de agregados, umidade, resistência a penetração do solo e porosidade. As amostras para determinações físicas foram coletadas nas profundidades: 0-0,10m; 0,10-20m; 0,20-0,30m. Os atributos biológicos do solo estudados foram: carbono da biomassa microbiana, carbono orgânico total, respiração basal do solo, quociente microbiano e quociente metabólico, as amostras para a realização de análises biológicas de solo, foram coletadas em profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10e 0,10-0,20 m. após a coleta, as mesmas foram mantidas resfriadas para que fossem mantidas as qualidades biológicas e dos microrganismos do material a ser estudado. Conclui-se que 1) o preparo do solo influenciou diretamente sobre as propriedades físicas de solo; 2) o carbono no solo foi reduzido quando aumentado o número de operações realizadas, 3) Os indicadores físicos foram eficientes para a determinação da qualidade do solo, foram mais evidentemente afetados, estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração sob eucalipto. Os solos sob cultivo de eucalipto em cerrado piauiense apresentam indicadores de qualidade melhores que áreas de culturas anuais.

Palavras chave: Qualidade de solo, Florestamento, Matéria orgânica

## **Physical and biological attributes in areas with soy and cultured in eucalyptus grasslands of Piauí**

Thiago Vinicius Barros Ibiapina

**Abstract** – Brazil currently 60% of its forest area is occupied by cultivation of eucalyptus for pulp production, placing Brazil among the world's largest suppliers of paper for printing. This scenario represents one of the largest eucalyptus forests. The eucalyptus plantations are effective option for carbon capture and can immobilize at least  $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1} \text{ CO}_2$  from the atmosphere as well as showing a large accumulation of organic matter in cultivated areas with eucalyptus. A good option for maintenance good soil conditions. This study aimed to evaluate the impacts of eucalyptus production in cerrado Piauí on the physical and biological soil. This study was conducted on the farm in the municipality of Chapada Grande Regeneration, PI ( $06^\circ 14' 16'' \text{ S}$ ,  $42^\circ 41' 18''$ ). climate (AW ') according to Köppen. The treatments consisted of annual crop (soybean), permanent crops eucalyptus (EXP06), introduced in the agricultural year 2006/2007, permanent culture of eucalyptus (E2009), the area planted in 2009, permanent culture of eucalyptus (E2008), implanted area in 2008 and native forest (Mata), the forest area is classified as cerrado. The samples were collected at three depths: 0 to 0.10 m, 0.10-20m, 0.20 to 0.30 m, and sampled for analysis of aggregate stability, moisture, porosity and particle size analysis. The samples collected for performing biological analysis of soil were extracted at depths of 0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 m after collection they are kept refrigerated to be maintaining the biological and microbial qualities of the material being studied. With these data we can conclude that the preparation of the soil directly influences the physical properties of soil carbon in the soil was reduced when increasing the number of transactions, so physical and biological impacts. The physical indicators were effective in determining the quality of the soil, were most obviously affected, aggregate stability and soil resistance to penetration under eucalyptus. Soils under cultivation of eucalyptus in savanna Piauí present quality indicators better than annual crops areas.

**Keywords:** Quality of soils, forests, organic matter

## Revisão

### EUCALIPTO

O Brasil atualmente encontra-se entre os maiores fornecedores de papel para impressão do mundo. Neste cenário brasileiro o eucalipto representa uma das maiores áreas florestadas para fins de produção de celulose, chegando a representar mais de 60% da área florestada brasileira. A cultura do eucalipto é muito importante na economia de vários países. No Brasil, a área plantada atingiu 4,3 milhões de hectares em 2008, representando um acréscimo de 7,3% em relação ao ano anterior (ABRAF, 2009).

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção primária florestal brasileira somou R\$13,6 bilhões sendo deste total 66,4% (9 Bilhões) provenientes das florestas plantadas (IBGE, 2009). Segundo Gatto (2010), as plantações de eucalipto constituem opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, evidenciando além de um grande acúmulo de matéria orgânica, nas áreas cultivadas com eucalipto, uma boa opção para manutenção das boas condições de solo.

Apesar de as práticas de manejo florestal, serem baseadas nas melhores informações e experiências disponíveis no setor, em muitas situações, o principal critério utilizado para defini-las é a sua relação com a produtividade (CHAER & TÓTOLA, 2007). Atributos afetados pelas práticas de manejo florestal têm em sua maioria, propriedades que afetam o movimento de água no solo e as propriedades químicas e biológicas afetadas pelo incremento de resíduo orgânico ao solo, resultante da implantação da cultura de eucalipto no solo. Dentre os atributos que influenciam diretamente o movimento de água no solo, por conseguinte, o crescimento e produtividade da cultura é o estado dos agregados do solo (WOHLENBERG et. al, 2004) bem como os indicadores de compactação do solo como a resistência do solo à penetração.

### AGREGAÇÃO

A estabilidade de agregados do solo funciona como um dos melhores indicadores de conservação, pois influencia de forma bastante significativa em outros

atributos como: a porosidade do solo, a resistência do solo à penetração e a infiltração de água no solo. Segundo VIEIRA & MUZILLI (1995), os efeitos diferenciados sobre os atributos físicos devido ao tipo de preparo de solo adotado, em cada sistema de manejo são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo. O uso incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas tem sido apontado por CAMPOS et al. (1995), como uma das principais causas de degradação da estrutura do solo e da redução da produtividade das culturas.

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo, para agricultura, têm sido quantificados utilizando diversos atributos: densidade (STONE & SILVEIRA, 2001), porosidade (OLIVEIRA et al., 2001) e resistência à penetração das raízes (BEUTLER et al., 2001).

Dentre os atributos físicos do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma e ou a sua estabilidade (CAMPOS et al., 1995). De modo geral, com o aumento da intensidade de cultivo tem sido observada alteração, como a diminuição do tamanho dos agregados, aumento da densidade, redução da porosidade total e aumento da resistência à penetração (BEUTLER et al., 2001).

A estabilidade de agregados caracteriza a resistência que eles oferecem à ruptura causada por agentes externos, ou seja, ação mecânica ou ação hídrica, sendo a agregação de grande importância para a produção agrícola. Assim a estabilidade de agregados pode ser utilizada como indicadora da degradação ou da recuperação da qualidade do solo (NIERO, 2009).

O objetivo da conservação do solo é basicamente a manutenção do agregado do solo como unidade fundamental do solo. A formação da estrutura do solo trata-se de um processo dinâmico, dentre os fatores envolvidos na estruturação do solo temos a atividade biológica, sistemas radiculares das plantas e fatores físicos do solo (SÁ et al., 2000).

A atividade biológica desempenha um importante papel na estruturação do solo, principalmente, no que se refere aos microagregados que produzem agentes cimentantes oriundos da produção da mesofauna e dos exsudados das raízes das plantas (KIEHL, 1979).

Dentre fatores físicos que influenciam na agregação do solo, a umidade do solo que principalmente em solos argilosos, favorece a máxima compressão do solo quando

se atinge um valor de umidade ótimo ou índice hídrico ótimo, quando em condições de seca, a desidratação dos agentes cimentantes, favorece a consolidação da argila que promove um adensamento do agregado do solo (KAISER et al, 2009; ).

A interação entre o conteúdo de argila e a sua mineralogia está entre os vários atributos que influenciam a agregação do solo, conforme demonstraram Avanzi et. al. (2011), em estudo sobre estabilidade de agregados em solos cultivados com eucalipto. Os autores concluíram que apesar da quantidade de MOS aportada ao solo, esta não teve relação com a estabilidade de agregados dos solos estudados, mesmo quando a quantidade de Matéria Orgânica do Solo (MOS) não diferiu da quantidade em relação aos solos de mata nativa.

### RESISTENCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

A resistência do solo à penetração é um índice integrado pela densidade do solo, textura, matéria orgânica e umidade do solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997; IMHOFF ET AL., 2000; TORMENA ET AL., 2004; RIBON & TAVARES FILHO, 2004). Sendo assim e apesar da facilidade de trabalho com este índice, a validação dos resultados obtidos com o mesmo depende, além do seu uso correto (Camargo & Alleoni, 1997; Torres & Saraiva, 2001), da caracterização do solo estudado.

A resistência à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular, acima de valores entre 1,5 e 3,0 MPa, GRANT & LANFOND, (1993); e 2,0 e 4,0 MPa, ARSHAD et al., (1996). Este aspecto está relacionado com a permanência da continuidade dos poros, resultante da decomposição das raízes, liberação de exsudatos radiculares, atividade biológica do solo, propiciando maior estabilidade dos agregados (TISDALL & OADES 1979; 1982). Com a redução do teor de água no solo, ocorre aumento na resistência à penetração decorrente da maior coesão entre partículas, dificultando comparações entre sistemas de manejo (BELTRAME et al., 1981). Este aspecto é corrigido quando se realizam medições na capacidade de campo do solo (ARSHAD et al., 1996). Assim como as propriedades relativas ao movimento de água no solo e compactação como a resistência do solo à penetração, as propriedades químico-biológicas também são afetadas pelo incremento de material orgânico, fornecido pela prática florestal (SILVA & MENDONÇA, 2007).

### QUOCIENTE METABÓLICO

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) representa a razão entre o  $CO_2$  evoluído e o pool de carbono da biomassa microbiana (CBMS), o qual indica o estado metabólico dos microrganismos e pode ser utilizado como indicador de estresse, perturbação ou estabilidade do ecossistema (DE-POLLI & GUERRA, 1997; ANDERSON & DOMSCH, 1990). O  $qCO_2$  reflete também as variações na proporção do carbono da biomassa microbiana do solo metabolicamente ativa e em crescimento. Quanto maior a proporção da biomassa microbiana ativa, maior será o quociente metabólico (FISK & FAHEY, 2001). À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido pela respiração ( $CO_2$ ) e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos (ODUM, 1969).

### QUOCIENTE MICROBIANO

O quociente microbiano ( $qMic$ ) representa a relação entre o carbono orgânico da biomassa microbiana e o carbono orgânico do solo e expressa a quantidade de carbono imobilizado na biomassa (SILVA et al., 2001). É calculado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBMS) e o carbono orgânico do solo (CO) (SPARLING, 1992). Este índice pode variar de acordo com o pH, sistemas de preparo do solo, quantidade e qualidade do aporte de carbono.

## **Atributos físicos em Latossolo Amarelo em áreas cultivadas com soja e eucalipto no cerrado piauiense**

### **Resumo**

No Brasil, o cultivo de eucalipto representa mais de 60% da área florestada para fins de produção de celulose. Essa cultura constitui opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos  $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera. Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da produção de eucalipto e soja em cerrado piauiense sobre os atributos físicos do solo. O estudo foi realizado na fazenda Chapada Grande no município de Regeneração, PI ( $06^\circ 14'' 16'' \text{ S}$ ,  $42^\circ 41' 18'' \text{ O}$ ). O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo AW'. Os tratamentos foram compostos de cultura anual (Soja), Cultura permanente eucalipto (EXP06), implantada no ano agrícola de 2006/2007, cultura permanente de eucalipto (E2009), área implantada em 2009, cultura permanente de eucalipto (E2008), área implantada em 2008 e área de Mata Nativa (Mata), classificada como Cerrado. As amostras para determinações físicas foram coletadas nas profundidades: 0-0,10m; 0,10-20m; 0,20-0,30m. Foram estudados os atributos: estabilidade de agregados, umidade, porosidade e análise granulométrica. Com os dados obtidos pode-se concluir que o preparo do solo influenciou diretamente sobre as propriedades físicas de solo. Os indicadores físicos foram eficientes para a determinação da qualidade do solo, foram mais afetados, estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração sob eucalipto. Os solos sob cultivo de eucalipto em cerrado piauiense apresentam indicadores de qualidade melhores que áreas de culturas anuais.

### **Abstract**

In Brazil, eucalyptus cultivation represents over 60% of the forested area for pulp production. This culture is effective option for carbon capture and can immobilize at least  $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  of  $\text{CO}_2$  from the atmosphere. This work aimed to evaluate the impacts of eucalyptus production in Piauí savanna on soil physical and biological soil. The study was conducted on the farm Chapada Grande in the city Regeneração, PI ( $06^\circ 14' 16'' \text{ S}$ ,  $42^\circ 41' 18''$ ). climate (AW') second Köppen. The treatments consisted of annual crops (soybean), permanent crops eucalyptus (EXP06), introduced in the agricultural year 2006/2007, permanent culture of eucalyptus (E2009), the area planted in 2009, permanent culture of eucalyptus (E2008), area



implanted in 2008 and Native Forest area (forest), the forest area is classified as Cerrado. The samples for physical measurements were collected at depths: 0 to 0.10 m, 0.10-20m, 0.20 to 0.30 m. The studied attributes were: aggregate stability, moisture, porosity and particle size analysis. With the data obtained it can be concluded that the preparation of the soil directly influence the physical properties of soil. The physical indicators were effective in determining the quality of the soil, were most obviously affected, aggregate stability and soil resistance to penetration under eucalyptus. The soils under eucalyptus cultivation in cerrado Piauí have better quality indicators than areas of annual crops.

## **Introdução**

O Brasil atualmente encontra-se entre os maiores fornecedores mundiais de papel para impressão, neste cenário o eucalipto representa uma das maiores áreas florestadas para fins de produção de celulose, chegando a representar mais de 60% da área florestada brasileira.

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção primária florestal brasileira somou R\$13,6 bilhões sendo deste total 66,4% (9 Bilhões) provenientes das florestas plantadas (IBGE, 2009). Segundo Gatto (2010) as plantações de eucalipto constituem opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, evidenciando além de um grande acúmulo de matéria orgânica, nas áreas cultivadas com eucalipto, uma boa opção para manutenção das boas condições de solo.

A qualidade do solo influi na produtividade da atividade agrícola e por essa razão, vários conceitos foram propostos diante da demanda de uma parcela significativa da comunidade científica, que reconheceu não só a necessidade do recurso solo ser pensado de forma mais integral e integradora como, também, pela necessidade de desenvolver uma nova forma de pensar o ecossistema agrícola (CASALINHO et al., 2007). Na maioria dos casos em regiões de vegetação sob cerrado os sistemas de preparo do solo, são caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelos danos causados pela compactação causada pelo intenso uso de grades e arados (BEUTLER, 2001). O monitoramento da qualidade do solo pelo uso de seus atributos físicos é de grande importância para a manutenção e avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Considerando o solo como um sistema em que ocorrem interações de atributos físicos, químicos e biológicos, e que estes são variáveis em função do tipo de solo, do

clima, e do manejo, é pressuposto que a relação entre o manejo e a qualidade pode ser avaliada pelo comportamento desses atributos. Assim, o monitoramento da qualidade do solo pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos, que são importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (SILVA et al., 2005).

A intensidade destas alterações é afetada pelo tipo de manejo, sistema de cultivo adotado além de fatores edafoclimáticos (Bertol et al., 2004).

Este trabalho teve como objetivo a avaliação de sistemas de produção de eucalipto e soja em cerrado piauiense quanto aos seus impactos sobre os atributos físicos e do solo.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado na fazenda Chapada Grande no município de Regeneração, PI (06° 14' 16" S, 42° 41' 18" O). O solo, segundo Levantamento exploratório-reconhecimento do solo do estado do Piauí, é do tipo Latossolo Amarelo. O clima, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo (AW').

Os tratamentos das áreas em estudo foram constituídos basicamente por 5 (cinco) usos e manejo de solo diferentes, com a utilização de quatro pontos de amostragem. Foram coletadas três amostras de solo em cada ponto, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30cm.

Na primeira área é cultivada cultura anual de soja, pelo terceiro ano. Sendo precedido pelas culturas de arroz e milho. Como corretivo de solo foi utilizado uma tonelada de calcário dolomítico. Foi realizada adubação utilizando-se NPK (2-30-15) e sementes inoculadas. Para o preparo de solo, foi utilizado, aração e gradagem antes do plantio.

A segunda área a ser amostrada estava implantada cultura permanente eucalipto (EXP06), no espaçamento 3,5 x 2,5. Foi implantada no ano de 2006, esta área foi corrigido pH via adição de 1 Mg . ha<sup>-1</sup> de calcário e adubada com 400 kg . ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples adição de NPK (14 – 7 – 28) em plantio e posteriormente a adição de NPK (20 – 00 – 20) um ano após o plantio, esta área foi utilizada antes do plantio de eucalipto com o cultivo de milho, onde o solo não foi preparado com uso da operação de gradagem. A mesma foi utilizada somente como campo experimental para teste de clones.

A terceira área estava sob tratamento de cultura permanente de eucalipto (E2009), área implantada em 2009 utilizando-se um espaçamento de 3,5 x 2,5m, foi feita a calagem do solo utilizando uma tonelada de calcário dolomítico por hectare, para a adubação foi utilizado 400 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato reativo pré plantio, 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK(14-7-28).

Na ocasião de plantio, decorrido 1(um) ano após o plantio foi realizada adubação de cobertura com 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK(20-00-20), sendo submetidos às seguintes operações: subsolagem na ocasião do preparo de solo, capina manual na área 2 meses após o plantio e gradagem entre linhas 3 meses após o plantio.

O quarto uso diferenciado para as áreas amostradas estava sob cultura permanente de eucalipto (E2008), implantado em 2008, utilizando-se um espaçamento de 3,5 x 2,5m. Foi feita a calagem do solo utilizando uma tonelada de calcário dolomítico por hectare e para a adubação, foram utilizados 400 kg.ha-1 de fosfato reativo pré-plantio, à base de 100 g . muda-1 de NPK (6-30-6) na ocasião de plantio. Decorrido um ano após o plantio foi realizada adubação de cobertura com 100 g . muda-1 de NPK(20-00-20). Foram realizadas as seguintes operações: subsolagem na ocasião do preparo de solo, capina manual na área, 2 meses após o plantio e gradagem entre linhas, 3 meses após o plantio.

Como tratamento controle para o delineamento amostral utilizou-se área sob cerrado nativo de relevo plano, bem próximo à área dos talhões implantados com eucalipto.

Em setembro de 2010, para a realização das análises laboratoriais foi feita a amostragem de solo nas áreas que foram objeto de estudo. As amostras foram coletadas em três profundidades: 0-0,10m; 0,10-0,20m; 0,20-0,30m, sendo retiradas amostras para as análises de estabilidade de agregados, umidade e porosidade.

As amostras de solo para fins de análise de porosidade foram retiradas com auxílio de anéis de volume conhecido, de modo que as amostras não sofressem nenhuma deformação, as análises de porosidade de forma a serem realizadas pelo método mesa de tensão (EMBRAPA, 1997) a partir dos volumes conhecidos e das massas das amostras saturadas e depois de colocadas sob a mesa de tensão onde foi retirada a água dos macroporos (poros com diâmetro > 0,05mm) com a obtenção dos valores de massa antes e depois das amostras serem levadas à estufa são obtidos os valores de macro e microporos.

A determinação dos valores de resistência do solo à penetração foram determinados de acordo com (STOLF, 1991) utilizando um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar – Stolf, por meio da penetração de uma haste no solo a partir de impactos de um peso em queda livre a uma altura de 40 cm. A equação resumida é a seguinte:

$$R \text{ (MPa)} = (5,6 + 6,89 \cdot N) \cdot 0,0980665$$

Onde:

R – resistência do à penetração e MPa

N – número de impactos por decímetro de penetração

Os valores de resistência foram calculados para camadas de 5 cm de profundidade. A partir dos valores obtidos, as camadas foram discriminadas com relação ao seu grau de compactação de acordo com (USDA, 1993) que considera que o limite de 2 MPa como forte restrição ao crescimento radicular.

As análises de estabilidade de agregados foram realizadas de acordo com Embrapa (1997) onde foram separados agregados tamisados em peneiras de 4mm e 2mm. Os agregados retidos na peneira de menor diâmetro foram levados para a distribuição de classes via úmida em aparelho de oscilação vertical preconizado por Yoder, onde o conteúdo de cada peneira, com malhas de 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,105 mm de abertura respectivamente foi levado à estufa e seco em estufa a 105°C.

O conteúdo da classe menor que 0,105mm foi estimado por diferença considerando a umidade residual da amostra. A partir das massas das classes obtidas foram calculados o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA)

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i * w_i)$$

$$DMG = \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right]$$

$$IEA = \left[ \frac{\text{massa da amostra seca} - wp_{25} - \text{areia}}{\text{massa da amostra seca} - \text{areia}} \right] * 100$$

Onde:

n: número de classes

$x_i$ : diâmetro médio das classes de agregados

$w_i$ : proporção de cada classe em relação ao total

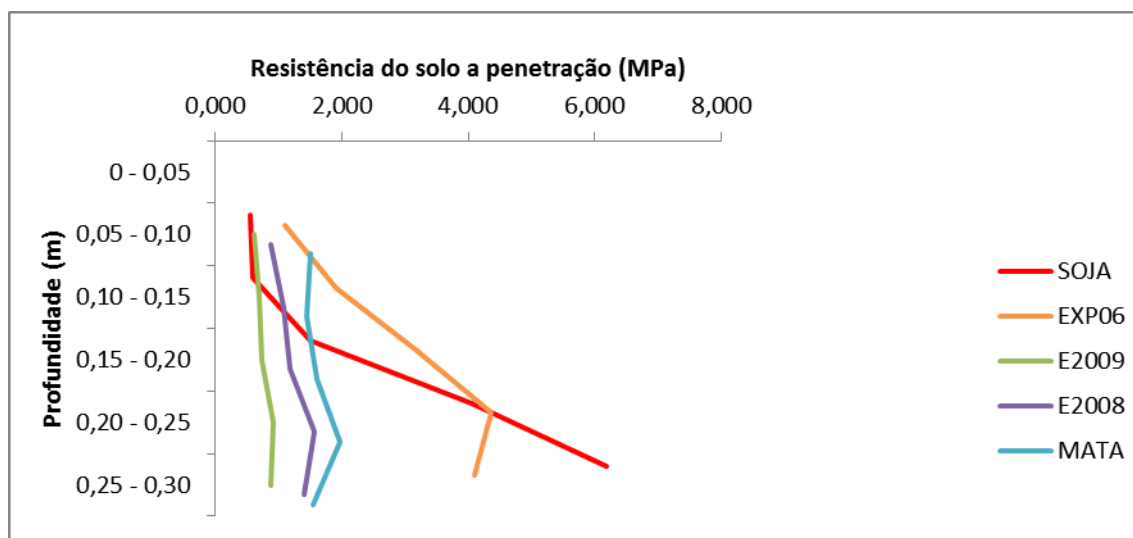
$wp_{25}$ : massa dos agregados da classe < 0,25mm

Todos os dados obtidos das análises do solo foram analisados em delineamento amostral inteiramente casualizado (DIC) submetidos à análise de variância ANAVA e depois ao teste de media de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a confirmação ou rejeição da hipótese estatística, foi utilizado o pacote estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2000).

## Resultados e Discussão

Os resultados de resistência do solo à penetração (RSP) demonstram que os sistemas de preparo aos quais foram submetidas às áreas implantadas, são diferentes entre si.

As áreas de eucalipto responderam de forma muito próxima à área de mata nativa de cerrado, não obstante a área experimental de teste da fazenda implantada no ano de 2006 (EXP06) ainda que tenha apresentado a sua área de compactação um pouco mais acima que as culturas áreas de plantio de cultura anual, têm-se que se ressaltar que a área experimental, não recebeu qualquer preparo quando migrou do cultivo de milho para o de eucalipto, o que provavelmente teria deixado camadas mais compactadas do que o ideal para a implantação da cultura.



**Figura 1.** Resistência do solo à penetração para os tratamentos cultura anual (Soja), área experimental implantada em 2006 (EXP), áreas de eucalipto implantadas em 2009 e 2008 (E2009 e E2008) e área de mata nativa (MATA)

Segundo a classificação de resistência do solo a penetração do USDA (1993) apenas as áreas de eucalipto com início de cultivo em 2008 e 2009 (E2009 e E2008) e a área de mata nativa, não apresentaram camadas com resistências muito altas ao crescimento radicular, classificando-as como, de baixa a moderada, diferente do encontrado por LIMA et. al. (2010), Beutler et. al. (2001) em estudos em área de cerrado nativo em Minas Gerais obtiveram como resultado valores bastante semelhantes, com a maioria dos tratamentos com valores enquadrados nas classes baixa e moderada.

O aumento abrupto do valor de RSP, após a camada de 25 cm de profundidade, no solo deve-se ao fato de área ter sido recém-preparada. Operações realizadas com relativa intensidade em áreas de culturas anuais proporcionam uma camada mais compactada devido à pressão exercida.

A camada muito adensada, evidenciada pelos valores de resistência do solo a penetração (RSP), deixa claras as alterações às propriedades físicas de solo, causadas pelo preparo convencional sem um diagnóstico prévio de compactação.

Os valores de macroporosidade (Tabela 1) não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, mesmo quando comparados os tratamentos em profundidades diferentes.

**Tabela 1.** Valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

Macroporosidade					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	30,40 Aa	28,57 Aa	26,84 Aa	29,40 Aa	30,30 Aa
5-10	19,53 Aa	20,04 Aa	27,80 Aa	30,13 Aa	29,22 Aa
10-20	22,31 Aa	22,74 Aa	29,99 Aa	29,06 Aa	29,04 Aa
Microporosidade					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	40,61 Aa	33,02 Ba	36,18 Ba	39,63 Ba	34,08 Ba
5-10	43,16 Aa	41,00 Ba	39,27 Ba	35,85 Ba	37,89 Ba
10-20	42,17 Aa	37,10 Ba	35,22 Ba	37,14 Ba	36,67 Ba
Porosidade Total					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	71,01 ABa	61,60 Ba	63,02 ABa	69,04 Aa	64,39 ABa
5-10	62,69 ABa	61,03 Ba	67,07 ABa	65,97 Aa	67,11ABa
10-20	64,48 ABa	59,84 Ba	65,21 ABa	66,20 Aa	65,71ABa

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A maioria dos valores acima corrobora com os valores obtidos por NIERO (2009) como valores para um solo ideal. Evidenciando solo sem problemas de espaço aéreo, de forma que há pouca restrição para o crescimento radicular, proporcionando ambiente mais propício ao crescimento vegetal.

Os valores de microporosidade bem como os valores de porosidade total diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Diferentemente dos valores de macroporosidade, os maiores valores de microporosidade entre tratamentos foram encontrados no tratamento de Soja e

considerando os valores de porosidade total o tratamento que obteve maior média foi a área de eucalipto implantada no ano de 2008, seguido pelos tratamentos E2009, Mata e soja e por fim EXP06, evidenciando um maior adensamento deste em relação às outras áreas.

CAVICHIOLO (2004), em seu estudo de propriedades do solo afetadas pelo preparo e rebrota de eucalipto, observou que há uma relação entre a porosidade total do solo e seu incremento anual de altura e seu diâmetro a altura do peito (DAP) mostrado com isso que o eucalipto é muito sensível as alterações nas características do solo pela compactação como a porosidade, de forma que os valores encontrados por ele além de muito semelhantes aos encontrados pelo presente estudo demonstram que mesmo as áreas com menores valores como as áreas de EXP06 mostram-se favoráveis ao crescimento satisfatório do eucalipto bem como incremento em sua produção de madeira.

Entre as áreas de estudo os valores de DMG diferiram significativamente sendo a área de cerrado nativo (mata) a área que obteve os maiores valores de DMG seguido pelas áreas E2009, E2008 e EXP06 e a área de cultura de soja (**Tabela 2.**).

Para os valores de DMP tem-se que os maiores índices foram os tratamentos da área de plantio de soja e a área EXP06 que foram iguais estatisticamente seguidas pelas áreas E2009, E2008 e a área de mata. As áreas de maiores valores do índice de estabilidade de agregados (IEA) foram E2009 e mata, seguido por E2008, depois por EXP06 e por fim, a área de soja.

O fato da área EXP06 ter tido menor IEA, mesmo tornando-se a área que foi implantada há mais tempo e com isso uma maior quantidade de MOS e indiretamente maior concentração de agregados, deve-se ao fato da qualidade dos resíduos orgânicos aportados ao solo ou mesmo às operações que nessas áreas não foram realizadas para a descompactação das áreas, quando da ocasião de abertura das mesmas. Discordando do que mostra VASCONCELOS (2010) e CASTRO FILHO (1998) que encontraram uma correlação positiva entre a quantidade de carbono orgânico no solo e o índice de estabilidade de agregados.



**Tabela 2.** Valores de Diâmetro Médio Geométrico (DMG) Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

DMG					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0 - 10	1,14 Ca	1,26 Ba	1,52 Ba	1,54 Ba	1,66 Aa
10 - 20	1,34 Ca	1,5 Ba	1,41 Ba	1,38 Ba	1,66 Aa
20 - 30	1,28 Ca	1,47 Ba	1,39 Ba	1,32 Ba	1,64 Aa
DMP					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0 - 10	4,51 Aa	4,47 Aa	3,59 Ba	2,96 Ba	3,31 Ba
10 - 20	4,92 Aa	5,64 Aa	2,74 Ba	2,61 Ba	3,29 Ba
20 - 30	4,64 Aa	5,49 Aa	2,82 Ba	2,41 Ba	3,23 Ba
IEA					
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0 - 10	62,59 Ca	62,02 BCa	91,50 Aa	93,87 ABa	98,64 Aa
10 - 20	72,07 Ca	86,16 BCa	88,10 Aa	87,27 ABa	98,81 Aa
20 - 30	68,61 Ca	84,94 BCa	87,91 Aa	84,30 ABa	98,07 Aa

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em estudo de estoque de carbono PULRONICK (2009) mostra que com os altos valores de relação C/N, C/P e C/S do material de serapilheira proveniente do eucalipto, aumenta sua dificuldade de ser degradado e com isso evidenciando seu acúmulo e com sua recalcitrância, dificultando a formação de agregados com a ajuda do aporte de MOS, já que o material se degrada com mais dificuldade, que nas áreas E2009 e E2008. Material esse que pode ter tido uma maior facilidade em ser degradado com as gradagens feitas após a implantação das áreas, com isso tornando o material vegetal menor e incorporando o mesmo ao solo de forma a facilitar sua degradação.

## **Conclusões**

As áreas de cultivadas há mais tempo com eucalipto apresentam menores valores de resistência do solo à penetração, exceto a área implantada em 2006;

A estabilidade de agregados do solo sob cultivo de soja apresenta menores valores quando comparados às áreas cultivadas com eucalipto.

## **Atributos biológicos em Latossolo Amarelo em áreas cultivadas com soja e eucalipto no cerrado piauiense**

### **Resumo**

No Brasil, o cultivo de eucalipto representa mais de 60% da área florestada para fins de produção de celulose. Essa cultura constitui opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos 50 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da produção de eucalipto e soja, em cerrado piauiense sobre os atributos biológicos do solo. O estudo foi realizado na fazenda Chapada Grande no município de Regeneração, PI (06° 14' 16" S, 42° 41' 18" O). clima segundo a classificação climática de Köppen é do tipo AW. Os tratamentos foram compostos de cultura anual (Soja), Cultura permanente eucalipto (EXP06), implantada no ano agrícola de 2006/2007, cultura permanente de eucalipto (E2009), área implantada em 2009, cultura permanente de eucalipto (E2008), área implantada em 2008 e área de Mata Nativa (Mata). A área de mata esta classificada como Cerrado. As amostras para coletadas para a realização de análises biológicas de solo, foram coletadas em profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10e 0,10-0,20 m após a coleta as mesmas foram mantidas resfriadas para que fossem mantidas as qualidades biológicas e dos microrganismos do material a ser estudado. Com os dados obtidos pode-se concluir que o carbono no solo foi reduzido com o aumento do número de operações realizadas. Os solos sob cultivo de eucalipto em cerrado piauiense apresentam indicadores de qualidade melhores que áreas de culturas anuais.

### **Abstract**

In Brazil, eucalyptus cultivation represents over 60% of the forested area for pulp production. This culture is effective option for carbon capture and can immobilize at least 50 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> from the atmosphere. This work aimed to evaluate the impacts of eucalyptus production in Piauí savanna on soil physical and biological soil. The study was conducted on the farm in the municipality of Chapada Grande Regeneration, PI (06 ° 14 '16 "S, 42 ° 41' 18"). climate (AW ') second Köppen. The treatments consisted of annual crops (soybean), permanent crops eucalyptus (EXP06), introduced in the agricultural year 2006/2007, permanent culture of

eucalyptus (E2009), the area planted in 2009, permanent culture of eucalyptus (E2008), area implanted in 2008 and Native Forest area (forest), the forest area is classified as Cerrado. The samples collected for performing biological analysis of soil were collected at depths of 0-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m after collection they are kept refrigerated to be maintaining the biological and microbial qualities of the material being studied. With the data obtained can be concluded that soil carbon was reduced when increasing the number of operations performed in this way, biological impacts on the accumulation of carbon when it changed the way of cultivation. The soils under eucalyptus cultivation in cerrado Piauí have better quality indicators than areas of annual crops.

## **Introdução**

O Brasil atualmente encontra-se entre os maiores fornecedores mundiais de papel para impressão, neste cenário o eucalipto representa uma das maiores áreas florestadas para fins de produção de celulose, chegando a representar mais de 60% da área florestada brasileira.

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção primária florestal brasileira somou R\$13,6 bilhões sendo deste total 66,4% (9 bilhões) provenientes das florestas plantadas (IBGE, 2009). Segundo GATTO (2010) as plantações de eucalipto constituem opção efetiva de captura de carbono, podendo imobilizar pelo menos  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, evidenciando além de um grande acúmulo de matéria orgânica, nas áreas cultivadas com eucalipto, uma boa opção para manutenção das boas condições de solo.

A função básica da Matéria Orgânica do Solo (MOS) é promover os processos biológicos do solo por meio da manutenção do metabolismo energético que, direta ou indiretamente, irão influenciar outras propriedades e processos do solo (NOVAIS et al., 2007).

VENZKE FILHO (2008) em avaliação de biomassa microbiana em sistema de plantio direto constatou que há uma correlação positiva entre o teor de argila e a biomassa microbiana do solo (BMS) indicando uma capacidade de proteção maior da BMS em solos mais argilosos. Além disso, o autor em mesmo estudo conclui que quanto maior o tempo de adoção do sistema de plantio direto maior são as quantidades de C e N microbianos deixados no solo, principalmente, nas camadas de 0-20 cm de solo.

O critério para o uso de um parâmetro como indicador do solo é a sua capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, além de ser facilmente utilizável por especialistas, técnicos e agricultores. Neste sentido, os microrganismos se enquadram nesses critérios, podendo ser utilizados como sensíveis indicadores da qualidade do solo. Os principais indicadores microbiológicos são a biomassa microbiana, a respiração, a nodulação por rizóbio, o quociente respiratório e a atividade enzimática do solo. Os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (ARAÚJO, 2007).

Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (ARAÚJO, 2007).

No Brasil, a maior área de florestas plantadas é constituída pelo eucalipto, que, além do suprimento de madeira, contribui para o sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Todavia, há pouca informação sobre a taxa de acumulação e sobre a dinâmica da MOS nos solos sob cultivo de eucalipto no Brasil e como elas se comparam com outros sistemas de uso da terra. É provável que o estoque de C do solo das formações vegetais se relacione positivamente com sua produtividade primária (PULROLNIK, 2009).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar as condições dos atributos biológicos do solo com cultivo de eucalipto, e comparação a cultivo de soja em área de cerrado piauiense.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado na fazenda Chapada Grande no município de Regeneração, PI (06° 14' 16" S, 42° 41' 18" O). Segundo Levantamento exploratório-reconhecimento do solo do estado do Piauí, com um Latossolo Amarelo. O clima segundo a classificação climática de Köppen é do tipo AW'.

Os tratamentos das áreas em estudo foram constituídos basicamente por 5 (cinco) usos e manejo de solo diferentes, com a utilização de quatro pontos de amostragem. Foram coletadas três amostras de solo em cada ponto, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30cm.

Na primeira área é cultivada cultura anual de soja, pelo terceiro ano. Sendo precedido pelas culturas de arroz e milho. Como corretivo de solo foi utilizado uma tonelada de calcário dolomítico. Foi realizada adubação utilizando-se NPK (2-30-15) e sementes inoculadas. Para o preparo de solo, foi utilizado, aração e gradagem antes do plantio.

A segunda área a ser amostrada estava implantada cultura permanente eucalipto (EXP06), no espaçamento 3,5 x 2,5. Foi implantada no ano de 2006, esta área foi corrigido pH via adição de 1 Mg . ha-1 de calcário e adubada com 400 kg . ha-1 de superfosfato simples adição de NPK (14 – 7 – 28) em plantio e posteriormente a adição de NPK (20 – 00 – 20) um ano após o plantio, esta área foi utilizada antes do plantio de eucalipto com o cultivo de milho, onde o solo não foi preparado com uso da operação de gradagem. A mesma foi utilizada somente como campo experimental para teste de clones.

A terceira área estava sob tratamento de cultura permanente de eucalipto (E2009), área implantada em 2009 utilizando-se um espaçamento de 3,5 x 2,5m, foi feita a calagem do solo utilizando uma tonelada de calcário dolomítico por hectare, para a adubação foi utilizado 400 kg.ha-1 de fosfato reativo pré plantio, 100 g . muda-1 de NPK(14-7-28).

Na ocasião de plantio, decorrido 1(um) ano após o plantio foi realizada adubação de cobertura com 100 g . muda-1 de NPK(20-00-20), sendo submetidos às seguintes operações: subsolagem na ocasião do preparo de solo, capina manual na área 2 meses após o plantio e gradagem entre linhas 3 meses após o plantio.

O quarto uso diferenciado para as áreas amostradas estava sob cultura permanente de eucalipto (E2008), implantado em 2008, utilizando-se um espaçamento de 3,5 x 2,5m. Foi feita a calagem do solo utilizando uma tonelada de calcário dolomítico por hectare e para a adubação, foram utilizados 400 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato reativo pré-plantio, à base de 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK (6-30-6) na ocasião de plantio. Decorrido um ano após o plantio foi realizada adubação de cobertura com 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK(20-00-20). Foram realizadas as seguintes operações: subsolagem na ocasião do preparo de solo, capina manual na área, 2 meses após o plantio e gradagem entre linhas, 3 meses após o plantio. O quarto uso diferenciado para as áreas amostradas estava sob cultura permanente de eucalipto (E2008), com espaçamento de 3,5 x 2,5m. Para a correção de pH foi feita a calagem do solo utilizando uma tonelada de calcário dolomítico por hectare. Foram utilizados 400 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato reativo pré-plantio, 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK(6-30-6) na ocasião de plantio, para a adubação da área. Um ano após o plantio foi realizada adubação de cobertura com 100 g . muda<sup>-1</sup> de NPK(20-00-20). Os tratamentos culturais consistiram de subsolagem na ocasião do preparo de solo, capina manual na área dois meses após o plantio e gradagem entre linhas três meses após o plantio.

Utilizou-se uma área de Cerrado Nativo (Mata), classificada como Cerrado, com relevo da área amostrada praticamente plano.

As amostras coletadas para a realização de análises biológicas de solo foram extraídas em profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m. Após a coleta as mesmas foram mantidas resfriadas para que fossem mantidas as qualidades biológicas e dos microrganismos do material a ser estudado.

O carbono orgânico total das amostras foi analisado a partir da metodologia descrita por (EMBRAPA, 2005) que é também conhecido como Walkley – Black. Fundamenta-se na oxidação de todo o carbono do solo, utilizando o excesso de dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-</sup>) em meio ácido e a quente, como agente oxidante e posterior quantificação do dicromato remanescente por titulação com solução de ferro reduzido (Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) em meio ácido.

O carbono da biomassa microbiana foi determinado pelo método descrito por VANCE et al. (1987). Em substituição do clorofórmio, utilizou-se o forno de microondas para a eliminação dos microrganismos como proposto por FERREIRA et al. (1999).

A respiração basal foi determinada pelo método adaptado do método proposto por ALEF & NANNIPIERI, (1995) onde o carbono fixado do ar, em solução de

hidróxido de sódio (NaOH) é depois titulada para posterior determinação do quanto de carbono foi emitido pela respiração basal do solo.

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, por conseguinte, o quociente microbiano foi calculado pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo.

Todos os dados obtidos das análises do solo foram analisados em delineamento amostral inteiramente casualizado (DIC) submetidos à análise de variância ANAVA e depois ao teste de media de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a confirmação ou rejeição da hipótese estatística, foi utilizado o pacote estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2000).



## Resultados e Discussão

Os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Verificou-se o maior valor de MOS na área EXP06, seguido pelas áreas de cerrado nativo, E2008 e cultivo de soja, respectivamente. O menor valor de MOS foi verificado na área de cultivo de eucalipto E2009 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores de matéria orgânica do solo (MOS) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

	MOS g kg <sup>-1</sup>				
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	48,90 BCa	87,35 Aa	42,20 Ca	63,77 BCa	69,83B
5-10	51,58 BCb	76,81 Ab	36,19 Cb	42,52 BCb	50,50B
10-20	40,07 BCc	62,64 Ac	38,65 Cc	38,33 BCc	37,17B

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Resultados de MOS refletem tanto a qualidade, quanto a influência do acúmulo de MOS gerado pelo preparo das áreas de plantio de eucalipto. Quanto ao uso ou não de gradagens após a implantação das áreas, o acúmulo gerado com o tempo após a implantação sofreu influência de práticas mecânicas utilizadas nos tratamentos. O preparo com o uso de gradagens pode influir de forma positiva de modo a quebrar a serapilheira em tamanhos menores quanto a sua incorporação a camadas inferiores.

Pode-se observar que além do preparo diferenciado nas áreas de eucalipto o tempo de adoção de implantação da cultura nas áreas foi determinante para o acúmulo de MOS no solo em estudo. LIMA et. al, (2008) em estudo de áreas com 30 anos, plantadas com eucalipto em comparação as áreas de pastagem nativa, encontraram valores de MOS superiores nas áreas de eucalipto.

Os valores de COT para as áreas em estudo diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os maiores valores obtidos referem-se à área de cultivo de eucalipto EXP06, seguida pela área de cerrado nativo, soja e área de eucalipto E2008. Os menores valores foram encontrados na área de cultivo com eucalipto E2009 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores de carbono orgânico total (COT) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

	COT g kg <sup>-1</sup>				
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	28,37 BCa	50,67 Aa	24,48 Ca	36,99 BCa	40,50 Ba
5-10	29,92 BCb	44,55 Ab	20,99B Cb	24,67 BCb	29,29 Bb
10-20	23,24 BCc	36,34 Ac	22,42B Cc	22,23 BCc	21,56 Bc

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Resultados semelhantes foram encontrados por LIMA et. al. (2008) que apresentam uma série cronológica maior de adoção de plantio de eucalipto.

Os resultados obtidos em estudo realizado por MIRANDA et. al. (2007) corroboram de certa forma com o que afirmam PULROLNIK et. al. (2009) que além dos teores de COT superiores em áreas de eucalipto até mesmo que em áreas de cerrado nativo se deve também ao fato da pobreza do material vegetal depositado ao solo pelo eucalipto.

Essa pobreza de material vegetal depositado, segundo GAMA RODRIGUES & BARROS (2002) está associada a sua eficiência na ciclagem bioquímica dos nutrientes. Segundo COBO et. al. (2002) esses baixos teores de nutrientes no material vegetal do eucalipto geralmente estão associados a baixas taxas de decomposição do mesmo.

Para as áreas do estudo, onde os maiores valores de respiração basal e de certa forma de atividade microbiana foram obtidos na área de plantio de eucalipto E2009 seguido pelas áreas E2008 e de cerrado nativo e por ultimo as áreas de plantio de eucalipto EXP06 e de soja.

Segundo BARRETO et. al. (2008) a qualidade da serapilheira influencia diretamente a atividade microbiana, ou seja, quanto maior a quantidade de nutrientes em sua composição maior a atividade microbiana gerada a partir da degradação da mesma.

**Tabela 3.** Valores de respiração para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

	Respiração µgCO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>				
	SOJA	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	12,34 Bb	23,83 Bb	24,32 Ab	72,23 ABb	39,11 ABb
5-10	29,94 Ba	45,83 Ba	104,74 Aa	46,81 ABa	60,99 ABa
10-20	59,52 Ba	54,63 Ba	97,66 Aa	50,23 ABa	48,16 ABa

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Estudos demonstram que quanto maior o revolvimento maior a facilidade na degradação do material. SILVA et. al, (2007) avaliaram a evolução de CO<sub>2</sub> emitido em solos de cerrado.

A incorporação do material de serapilheira de eucalipto no solo, aumenta significativamente a atividade microbiana, ou seja, sua respiração basal foi superior às áreas em que o material não havia sido incorporado ao solo de forma, que isso corrobora ao fato de a área EXP06 mesmo com maiores teores de COT e, por conseguinte, de MOS, tem sua respiração basal inferior a áreas com menores teores como as áreas E2009 e E2008.

MIRANDA et. al, (2007) encontraram valores baixos de atividade microbiana devido ao fato de a área objeto de estudo ser abandonada, ou seja sem nenhum trato de movimentação de solo.

PULROLNIK et. al, (2009) afirmaram que o material vegetal depositado sobre o solo oriundo da vegetação de eucalipto é muito pobre dificultando ainda mais a sua decomposição por microrganismos do solo. Os valores de atividade microbiana normalmente são mais baixos em relação a outras áreas como as áreas de cerrado nativo onde a variedade do material e a riqueza do mesmo em nutrientes tendem a serem maiores. Apesar da afirmativa, os resultados obtidos nas áreas de cerrado nativo foram inferiores aos valores obtidos na E2009.

Os valores de C-mic foram maiores na área E2009, seguidos por E2008, cerrado nativo e EXP06 e por último com menores valores de C-mic a área utilizada com o plantio de cultura anual de soja (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores de carbono microbiano (C-mic), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) para as áreas de SOJA, eucalipto implantado em 2009 e 2008 (E2009, E2008), área experimental de eucalipto (EXP06) e área de cerrado nativo.

		C-mic (mgC g <sup>-1</sup> )			
	soja	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	4,00 Ba	748,73 ABa	1261,45 Aa	807,64 ABa	952,73 ABa
5-10	34,55 Ba	139,27 ABa	1165,45 Aa	904,36 ABa	1209,96 ABa
10-20	752,36 Ba	869,82 ABa	557,45 Aa	679,64 ABa	384,73 ABa
		qMic			
	soja	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	26,75 ABa	15,33 Ba	52,51 Aa	22,12 ABa	30,87 ABa
5-10	17,13 ABa	7,07 Ba	58,08 Aa	39,66 ABa	41,16 ABa
10-20	31,23 ABa	39,13 Ba	24,98 Aa	29,96 ABa	16,95 ABa
		qCO <sub>2</sub>			
	soja	EXP06	E2009	E2008	MATA
0-5	0,0098 ns	0,0393 ns	0,0185 ns	0,1115 ns	0,0437 ns
5-10	0,0726 ns	0,2468 ns	0,1100 ns	0,0857 ns	0,0542 ns
10-20	0,2391 ns	0,0460 ns	0,2731 ns	0,0782 ns	0,2021 ns

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula em coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores de qMic obtidos para as áreas em estudo resultam da relação dos valores do carbono da biomassa microbiana e do carbono orgânico do solo, corroborando com os valores obtidos por SILVA et. al, 2001). O q-Mic reflete o carbono da MOS fixado pela transformação via atividade microbiana em C-mic, de forma que o qMic reflete a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono orgânico do solo.

Observando os valores de qMic (**Tabela 4.**) tem-se que os valores refletem que com operações de revolvimento e incorporação de material vegetal sobre o solo em cultivo de eucalipto, interferem de maneira muito significativa na atividade microbiana e no carbono microbiano de forma a aumentar esses valores, mas quanto ao acúmulo de MOS no solo, tem-se que essas operações refletem uma diminuição significativa em relação a área EXP06, que provavelmente pode ser resultante de seu maior tempo de implantação diante as outras áreas implantadas com a cultura do eucalipto.

CHAER & TÓTOLA (2007) avaliaram áreas submetidas a operações de preparo e áreas sem operações de revolvimento do solo, ou seja, conservando a camada de material orgânico sobre o solo. análises evidenciaram uma redução na qualidade de solos em fase de reforma das áreas de eucalipto de modo que as áreas sem operações de

revolvimento, por se aproximarem mais da área de referência de qualidade de solo em sua análise de componentes principais demonstram que tem uma maior qualidade de solo que as áreas com intenso uso de operações.

Já os valores de  $qCO_2$  são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, de modo que os valores de  $qCO_2$  demonstram que a microbiota do solo reage praticamente da mesma forma quanto a eficiência na utilização do carbono e outros nutrientes contidos na MOS, sendo assim não se pode determinar via  $qCO_2$  como os microrganismos do solo em estudo são mais ou menos eficientes na utilização da MOS do solo.

## **Conclusões**

O acúmulo de carbono no solo foi reduzido com o aumento do número de operações realizadas.

Os solos sob cultivo de eucalipto em cerrado piauiense apresentam indicadores de qualidade melhores que áreas de culturas anuais.

## Referências Bibliográficas

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008. Brasília: ABRAF, 2009, 120p.

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

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p. 234- 245

BARRETO, P. A. B. et al. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades, **R. Bras. Ci. Solo**, 32:611-619, 2008

BERTOL, I. et al. 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. 02, p. 337-345, 2004.

BEUTLER, A.N.; et. al, Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.167-177, 2001.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-6, 1995.

CANELLAS, L.P.; et. al., Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:331-340, 2007.

CAVACHIOLLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Preparo do solo e estado nutricional de *Eucalyptus saligna*, **Scientia Florestalis**, n. 66, p 120-127, dez 2004

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L. & THOMAS, R.J. Nitrogen mineralization and crop uptake from surfaceapplied leaves of green manure on a tropical volcanic-ash soil. **Biol. Fert. Soil**, 36:87-92, 2002.

CHAER, G. M. & TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo, **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1381-1396, 2007

DEMOLINARI, M. S. M. et al. Efeito da solução de separação densimétrica na quantidade e qualidade da matéria orgânica leve e na quantificação do carbono orgânico da fração pesada. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2008, vol.32, n.2, pp. 871-879.

DOBBSS, L. B. et al. Caracterização química e espectroscópica de ácidos húmicos e fúlvicos isolados da camada superficial de latossolos brasileiros. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2009, vol.33, n.1, pp. 51-63.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA, **Manual de métodos de análise de solos**. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA, 2005, 412p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p 991-996, 1999

FERREIRA, D. F. Sistema SIRVAR para análises estatísticas, UFV/DEX, Lavras, 2000.



GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **R. Árvore**, 26:193- 207, 2002.

GATTO, A. et. al, Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto, **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1069-1079, 2010

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CAMARGO, F.A. de O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.19-26

IBGE, **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura**, v.24, 2009

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; COLLARES, G. L. & KUNZ, M. Intervalo Hídrico Ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação, **R. Bras. Ci. Solo**, 33:845-855, 2009

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LIMA, C. G. da R. et al. Atributos físico-químicos de um Latossolo do Cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2010, vol.34, n.1, pp. 163-173

MIRANDA, C. C.; CANELLAS, L. P.; NASCIMENTO, M. T. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto **R. Bras. Ci. Solo**, 31:905-916, 200

NIERO, L. A. C. Avaliações visuais do solo como índice de qualidade de um latossolo vermelho em oito usos e manejos e sua validação por análises físicas e químicas / **Dissertação**. Campinas, 2009. 111 f.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.133-170

OLIVEIRA, J.O.A.P.; VIDIGAL FILHO, P.S.; TORMENA, C.A.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; MUNIZ, A.S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.443-450, 2001.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1125-1136, 2009.

SA, M. A. C. DE; LIMA, J. M. DE; SILVA, M. L. N. and DIAS JUNIOR, M. DE S.. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2000, vol.35, n.9, pp. 1825-1834. ISSN 0100-204X.

SILVA, C. A. et. al, Estoques de carbono e nitrogênio de Latossolo do Paraná sob diferentes sistemas de cultivo. Encontro brasileiro sobre substâncias húmicas, 4, 2001 Viçosa, **Anais** p. 68-70.

SILVA, L. DE A. et. al, Evolução de CO<sub>2</sub> de solos sob influência da aplicação de resíduos de eucalipto nos biomas Mata Atlântica e Cerrado, XXXI CBCS, Gramado, **Anais**, 2007.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob Sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul./ago. 2005.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Campinas, **R. bras. Ci. Solo**, n.15, p.229-235, 1991.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

USDA, **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993. 437p.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

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

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, 1995.

VENZKE FILHO, Solismar de Paiva et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2008, vol.32, n.2, pp. 599-610.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo Franco-Arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão, **R. Bras. Ci. Solo**, 28:891-900, 2004