



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO**

**CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA**

**DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E GRADUAÇÃO**

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**THELMA FERREIRA DE SOUZA VIEIRA**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DOS SOLOS EM ÁREA FLORESTAL E DE PASTAGEM NA REGIÃO SUDOESTE DE MATO GROSSO**

**CUIABA-MT  
2015**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO**

**CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA**

**DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E GRADUAÇÃO**

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**THELMA FERREIRA DE SOUZA VIEIRA**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DOS SOLOS EM ÁREA FLORESTAL E DE PASTAGEM NA REGIÃO SUDOESTE DE MATO GROSSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso – Campus Cuiabá/Bela Vista sob orientação da Professora Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa.

**Cuiabá- MT  
Julho/2015**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus Cuiabá  
Bela Vista  
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

C837u

Costa, Ana Cristina Domingas da.

Uso de indicadores biológicos para avaliação de área degradada no Pantanal matogrossense./ Ana Cristina Domingas da.\_ Cuiabá, 2015.

59f.

Orientador(a): Prof. Dr<sup>a</sup>. Eliane de Arruda Oliveira Coringa

TCC (Graduação em Gestão Ambiental)\_ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Qualidade ambiental – TCC. 2. Indicadores bioquímicos – TCC. 3. Pantanal norte - TCC. I. Coringa, Eliane de Arruda Oliveira. II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA

CDU 631.8

CDD 631.4

**THELMA FERREIRA DE SOUZA VIEIRA**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DOS SOLOS EM ÁREA  
FLORESTAL E DE PASTAGEM NA REGIÃO SUDOESTE DE MATO GROSSO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá/Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em 02 de Julho de 2015.

Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

Professora orientadora - IFMT

Dr. Josias do Espírito Santo Coringa

Professor convidado - IFMT

Ms. Fernanda Silveira Carvalho de Souza

Professora convidada - IFMT

**Cuiabá-MT**

**Julho/2015**

## ***Dedicatória***

A Deus, aos meus pais, esposo, filhos e amigos.

## ***Agradecimentos***

A realização desta pesquisa não seria possível se não houvesse a participação e colaboração de pessoas que contribuíram para sua execução:

- Agradeço primeiramente a Jeová Deus, meu refúgio, minha rocha, minha fortaleza, que me concedeu sabedoria, perseverança e saúde para realização deste trabalho;
- Agradeço aos meus pais Maria de Souza Ferreira e José Ferreira Filho;
- Ao meu esposo Manoel Vieira da Silva Neto e aos meus filhos Juliano, Thyago e Enzzo, pela dedicação e companheirismo;
- Às minhas irmãs e irmãos pelo apoio e pelo incentivo;
- Às minhas amigas, companheiras que estiveram comigo durante essa caminhada, Mayara Dias e Lucimeire Lima;
- Aos amigos Sra. Anália e Sr. José Tibúrcio, que cederam a fazenda para que fosse realizada essa pesquisa;
- Aos professores do IFMT que, durante essa longa jornada, incentivaram-me sempre com palavras de apoio e de encorajamento;
- À minha orientadora, Professora Dra. Elaine de A. Oliveira Coringa, por ter acreditado em meu potencial e ter dedicado parte de seu tempo e conhecimento para auxiliar-me na realização desta pesquisa.

## RESUMO

As técnicas agrícolas e a criação de gado tem sido uma das principais causas de impactos nos solos, principalmente dos solos do cerrado, onde a mecanização agrícola causa a compactação do solo alterando seus atributos físicos. Entretanto, um solo com propriedades físicas aparentemente preservadas não é necessariamente um solo saudável. Por isso, os indicadores biológicos são mais eficientes na identificação de prováveis distúrbios no solo em razão do tipo de uso e manejo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do uso do solo através de indicadores biológicos, considerando que esses indicadores estão relacionados à atividade da biomassa microbiana, componente importante no processo de sustentabilidade do solo. A pesquisa foi realizada na Fazenda Três José localizada a sudoeste do estado de Mato Grosso, no vale do Guaporé. A amostragem foi realizada em duas épocas distintas (seca e chuvosa) e as áreas avaliadas foram: **MN**- Mata Nativa: área de referência, sem intervenção antrópica; **PB**- pastagem com Braquiária (*Brachiaria decumbens*) desmatada há 20 anos, primeiro manejada com cultura de milho e há 11 anos implantada a pastagem; **PT**- pastagem com capim "Tanzânia" (*Panicum maximum*) implantado há 18 anos, sem utilização de adubo ou corretivo. Os solos foram caracterizados química e fisicamente, e os indicadores biológicos avaliados: carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (C-BMS), taxa de respiração basal do solo (RBS) e calculados os índices  $qCO_2$  (índice metabólico) e  $qMic$  (índice microbiano). Os solos apresentaram maiores teores de areia, porém com boas propriedades químicas e fertilidade natural. A substituição da mata nativa pela pastagem Braquiária aumentou o COT e a BMS, principalmente no período seco. Os indicadores biológicos foram influenciados pela sazonalidade, onde o C-BMS e o  $qMic$  apresentaram maiores valores no período chuvoso para todos os tratamentos, enquanto que o  $qCO_2$  e a RBS foram maiores no período seco, especialmente na MN e PT. Em todas as áreas estudadas, a substituição da vegetação natural por pastagens alterou o carbono da biomassa microbiana e os demais indicadores biológicos de qualidade do solo, refletindo na sua maior qualidade do solo sob MN e PB. A pastagem com capim Tanzânia mostrou menor qualidade do solo com relação aos demais usos, principalmente no que se refere à textura arenosa, menor fertilidade natural, menor aporte de carbono e maior impacto na atividade microbiana do solo. Os atributos microbiológicos foram eficientes indicadores da qualidade dos solos em função do manejo e tipo de cobertura vegetal.

**Palavras-chaves:** cerrado, carbono da biomassa, manejo.

## ABSTRACT

Agricultural techniques and livestock has been a major cause of impacts on soils, mainly of Cerrado soils, where agricultural mechanization cause soil compaction changing their physical attributes. However, a apparently preserved with soil physical properties is not necessarily a healthy soil. Therefore, the biological indicators are more efficient in identifying probable disturbances in the soil due to the type of use and handling. In this sense, the objective is to evaluate the effect of land uses through biological indicators, considering that these indicators are related to the activity of the microbial biomass, an important component in soil sustainability process. The survey was conducted in Farm "Três José" located southwest of the state of Mato Grosso, in the Guaporé valley. Sampling was done in two different seasons (dry and wet) and the evaluated areas were: MN-Native Forest: Reference area without human intervention; PB pasture with *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*) cleared for 20 years, first handled with maize crop and 11 years located the pasture; PT-pasture with grass "Tanzania" (*Panicum maximum*) deployed 18 years ago, without the use of fertilizer or corrective. The soils were characterized chemically and physically, and biological indicators evaluated: total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon (C-BMS), basal soil respiration rate (RBS) and calculated the  $qCO_2$  index (metabolic rate) and  $qMic$  (microbial content). The soils had higher sand content, but with good chemical and natural fertility. Replacement of native forest for pasture **Braquiária** increased the COT and the BMS, especially in the dry season. The biological indicators were influenced by seasonality, where the C-BMS and  $qMic$  were higher in the rainy season for all treatments, while the  $qCO_2$  and RBS were higher in the dry season, especially in MN and PT. In all areas studied, the replacement of natural vegetation by grazing altered the microbial biomass carbon and other biological indicators of soil quality, reflecting the most soil quality under MN and PB. The pasture with Tanzania grass showed lower soil quality in relation to other uses, especially in relation to the sandy texture, lower natural fertility, smaller carbon intake and greater impact on soil microbial activity. Microbiological attributes were effective indicators of soil quality in terms of management and type of vegetation cover.

**Keywords:** cerrado, carbon biomass, handling.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Características e localização geográfica das áreas estudadas .....	20
Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos de qualidade dos solos em estudo nos dois períodos de amostragem. ....	28
Tabela 3 - Indicadores biológicos dos solos.....	30
Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson .....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão da matéria orgânica -Fonte: Fassarella et al, 2012 <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 2- Mata Nativa – área de referência (MN).....	20
Figura 3 – Pastagem com Braquiária (PB).....	21
Figura 4 – Pastagem com capim Tanzânia. (PT).....	21
Figura 5 - Pontos de coleta na mata nativa (MN).....	22
Figura 6 - Pontos de coleta Capim Braquiaria (PB).....	22
Figura 7 - Pontos de Coleta Capim Tanzânia (PT).....	23
Figura 8 – Amostras em erlenmeyers após irradiação no micro-ondas. ....	24
Figura 9 – Extração do C-BMS em solução de $K_2SO_4$ .....	24
Figura 10 - Copo coletor com NaOH a 1 M (à esquerda) para a captura de $CO_2$ produzido pela amostra de solo (à direita) .....	25
Figura 11 - Titulação da amostra com ácido clorídrico 5 M, para determinação da RBS.....	25
Figura 12 – Análise do carbono orgânico total (COT). ....	26
Figura 13 - Carbono orgânico total nos solos em estudo. ....	30
Figura 14 - Carbono da biomassa microbiana nos solos em estudo... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 15 – Quociente microbiano dos solos em estudo.....	33
Figura 16 - Respiração Basal dos solos em estudo. ....	34
Figura 17 – Quociente metabólico dos solos em estudo.....	35

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1.MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E SUA IMPORTÂNCIA AMBIENTAL .....	14
2.2.INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DE SOLOS .....	15
2.2.1.BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E QUOCIENTE MICROBIANO .....	16
2.2.2. RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO E QUOCIENTE METABÓLICO .....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM.....	19
3.2. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS.....	23
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS:.....	28
4.2. INDICADORES BIOLÓGICOS .....	30
4.3. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	37
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O solo desempenha diversas funções essenciais à vida e ao desenvolvimento humano, dentre elas destacam-se as funções econômica, social e a ambiental da qual depende o bom andamento de todas as outras funções. E para que o solo possa cumprir estas funções é necessário que sua capacidade seja respeitada, ou seja, que haja um manejo correto em que suas propriedades sejam alteradas minimamente.

A qualidade do solo sempre esteve ligada a sua capacidade produtiva, entretanto, mais que produção em larga escala, a qualidade do solo deve se referir a um sistema sustentável que possa sustentar a vida vegetal, animal, manter a qualidade da água e do ar. Essa qualidade depende das propriedades físicas, químicas e biológicas, que podem ser alteradas pelo tipo de uso e manejo.

Quando ocorre a deterioração dessas propriedades, há o desequilíbrio do solo e conseqüentemente a perda da sua fertilidade. Para mensurar os efeitos do manejo sobre o solo são utilizados indicadores de qualidade que são úteis em monitorar suas alterações, entre estes se destacam os indicadores químicos e biológicos, por serem mais sensíveis a essas alterações.

No Estado de Mato Grosso, a agropecuária é a principal atividade econômica que afeta intensamente o ambiente do solo, o que causa distúrbios na comunidade microbiana que pode, por sua vez, influenciar os processos biogeoquímicos que nele ocorrem. O solo ao ser manejado seja pela agricultura ou pecuária constitui um novo equilíbrio que pode ser monitorado no intuito de identificar alterações mais impactantes em relação à matéria orgânica, nutrientes, estrutura do solo e à comunidade microbiana.

As técnicas agrícolas e a criação de gado tem sido uma das principais causas de impactos nos solos, principalmente os do cerrado, onde a mecanização agrícola causa compactação, alterando seus atributos físicos. Entretanto, um solo com propriedades físicas aparentemente preservadas não é necessariamente um solo saudável. Por isso, os indicadores biológicos são mais eficientes na identificação de prováveis distúrbios no solo em razão do tipo de uso e manejo.

A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica e corresponde a parte viva dessa matéria orgânica. A biomassa microbiana é composta por fungos, bactérias, actinomicetos, protozoários e microfauna. Por isso

ela torna-se mais sensível as alterações na qualidade do solo e conseqüentemente pode-se mensurar sua qualidade. Além disso, ela é um reservatório muito ativo do solo atuando no balanço de nutrientes como o nitrogênio, fósforo e carbono.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do uso do solo sob diferentes coberturas vegetais através de indicadores biológicos, considerando que esses indicadores estão relacionados à atividade da biomassa microbiana, componente importante no processo de sustentabilidade do solo.

As hipóteses que norteiam este trabalho são:

Os indicadores da atividade da biomassa microbiana são capazes de refletir as mudanças no uso do solo.

Em todas as áreas manejadas, a substituição da vegetação natural por pastagens altera o carbono da biomassa microbiana e os demais indicadores biológicos de qualidade do solo.

A sazonalidade interferirá nos valores dos indicadores biológicos do solo em função do maior aporte de biomassa vegetal no período chuvoso.

O tipo de gramínea interfere no teor de carbono orgânico total e microbiano dos solos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Matéria Orgânica do solo e sua importância ambiental

O solo constitui um recurso insubstituível essencial para a vida terrestre como um todo, é um corpo natural complexo que sofre a influência da água, ar, plantas e microrganismos (CORINGA, 2012). Sua composição é resultado de uma coleção de materiais naturais, constituído de fase sólida, líquida e gasosa e o principal contém matéria viva (EMBRAPA, 2013). Grande parte desta massa viva está presente na matéria orgânica do solo.

A matéria orgânica do solo é o resultado de uma mistura complexa de resíduos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição e de microrganismos (MENDONÇA e MATOS, 2005). Ela pode ser separada em componentes vivos e mortos (Figura 1), a parte viva pode ser dividida ainda em três compartimentos: raízes de plantas, macrofauna e microrganismos (LEITE e ARAÚJO, 2007).

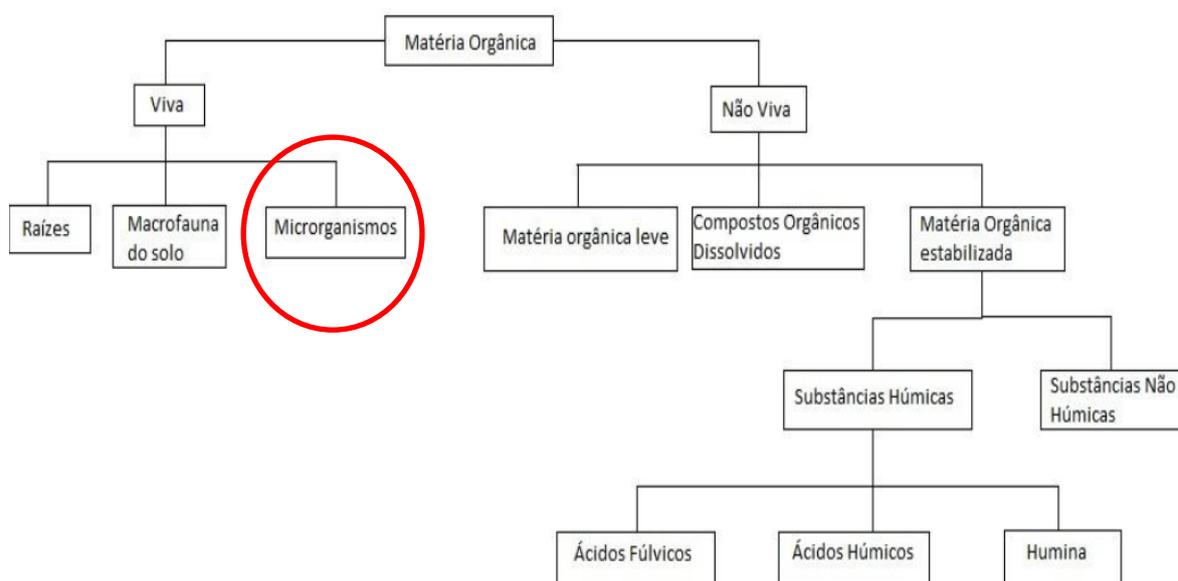


Figura 1 - Divisão da matéria orgânica (Fonte: FASSARELLA et al., 2012)

A maioria dos solos o percentual de matéria orgânica presente é muito pequena (BRADY e WEIL, 2012), variando entre 1% e 4% (PILLON, 2005). Porém o

papel da matéria orgânica no solo é de extrema importância, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas (DE POLLI e PIMENTEL, 2005).

Em relação às propriedades físicas a matéria orgânica atua na formação de agregados, proteção da superfície do solo (CRASWELL e LEFROY, 2001), melhora a porosidade do solo que conseqüentemente auxilia na retenção de água (MADARI et al, 2009). Nas propriedades químicas atua no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), importante para as culturas, pois muitos nutrientes essenciais as plantas estão na forma de cátions (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008).

A matéria orgânica ainda proporciona equilíbrio na atividade biológica e na fertilidade do solo (DE POLLI e PIMENTEL, 2005), permitindo retenção de calor no solo, devido a sua coloração escura, garantindo a temperatura ideal para as atividades biológicas (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008). Além disso ela atua diretamente na ciclagem de nutrientes e disponibilização dos mesmos para plantas e para a própria microbiota do solo (ROSCOE, 2006).

## **2.2. Indicadores Biológicos de qualidade de solos**

Em solos cultiváveis as principais causas de degradação estão ligadas a forma com que o solo é preparado (MELLO et al, 2000). O preparo excessivo ao longo dos anos acelera a oxidação da matéria orgânica e a formação de camadas compactadas pelo uso de maquinário (PILLON, 2005). Além disso o cultivo sucessivo sem pousio pode esgotar os nutrientes do solo (ALMEIDA et al, 2005).

Os indicadores biológicos têm sido muito utilizados para mensurar a qualidade dos solos. Isso por que os microrganismos presentes no solo são muito sensíveis a mudanças indicando assim as alterações que o solo está sofrendo (OLIVEIRA et al, 2014). Os microrganismos conseguem dar respostas rápidas as mudanças na qualidade do solo, diferente dos indicadores químicos e físicos que podem levar mais tempo para refletir as alterações do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

A atividade biológica concentra-se principalmente nas primeiras camadas do solo (0 a 30 cm) (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007) e desenvolvem funções importantíssimas para o bom funcionamento do solo atuando como decompositores, produtores primários, armazenadores de nutrientes e transformadores de elementos como nitrogênio, carbono, fósforo e potássio. (PULROLNIK, 2009).

### 2.2.1. Biomassa Microbiana do solo e Quociente Microbiano

A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes de plantas e animais do solo maiores do que  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$  (JENKINSON e LADD, 1981). Essa parte mais ativa da matéria orgânica é geralmente expressada em  $\mu\text{g}$  de C  $\text{g}^{-1}$  de solo seco (REIS JUNIOR e MENDES, 2007).

A BMS representa a principal fonte de enzima no solo, catalisa as transformações bioquímicas, representa fonte e dreno de carbono e regula a troca de nutrientes entre a atmosfera e o ecossistema solo-planta-organismos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Além do carbono outros vários elementos minerais fazem parte da biomassa microbiana e também são importantes para as reações metabólicas, tais como o Nitrogênio, Fósforo e o Enxofre (LEITE e ARAÚJO, 2007).

A BMS participa ativamente nos ciclos biogeoquímicos destes elementos. Durante a decomposição parte do carbono e nutrientes fica imobilizado na biomassa, tornando-a rica nesses elementos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), outra parte do carbono retorna a atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ .

A presença de microrganismos é limitada pelas condições ambientais dominantes às quais a BMS pode estar imposta. Mudanças nos fatores abióticos do solo como pH, salinidade, temperatura e adição de substratos como fonte de energia podem ser determinantes para o desenvolvimento ou não da BMS.

Há uma estreita relação entre a matéria orgânica e a biota do solo, POWLSON et al. (1987) concluíram que a determinação da BMS pode indicar mudanças na qualidade da matéria orgânica. Para GRISI (1996) a quantificação da biomassa significa estimar o potencial microbiano do solo e sua capacidade de transformação e relacionar os resultados com a qualidade e produtiva agroecológica.

A BMS pode ser quantificada por meio do quociente microbiano (qMic). O quociente microbiano é um índice utilizado para fornecer indicações sobre a qualidade da matéria orgânica e é expresso pela relação entre o C-BMS e o COT (REIS JUNIOR e MENDES, 2007).

Este indicador permite dimensionar quanto carbono está imobilizado na biomassa microbiana, servindo assim para avaliar a eficiência dessa biomassa em imobilizar este elemento em seu próprio tecido (ANDERSON e DOMSCH, 1989).

Em condições de estresse como elevação do pH, deficiências nutricionais e metais pesados, por exemplo, diminuem a capacidade de utilização do carbono o que leva ao decréscimo da qMIC (WARDLE, 1994). Acabada as condições de estresse os níveis de qMIC tendem a aumentar novamente, principalmente se há adição de matéria orgânica de boa qualidade (POWLSON et al., 1987).

### **2.2.2 Respiração Basal do solo e Quociente Metabólico**

A respiração basal do solo (RBS) pode ser definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO<sub>2</sub> é produzido (SILVA et al. 2007). Em condições aeróbias, grande parte do carbono depositado no solo é utilizada como fonte de energia primária para o crescimento microbiano, que oxida bioquimicamente estes compostos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). O CO<sub>2</sub> liberado do solo, portanto é o resultado da respiração microbiana que é responsável pela decomposição da matéria orgânica e das raízes (ADUAN et al, 2003).

Essa respiração depende diretamente do estado fisiológico das células e é influenciada pela umidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes (REIS JUNIOR e MENDES, 2007) e depende também da quantidade de nutrientes disponibilizados.

A RBS é resultado de um processo fundamental dos ecossistemas que reflete a intensidade dos processos degradativos a que um solo pode estar imposto (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Por isso ela tem sido utilizada como indicador de da dinâmica do carbono no solo e sua implicação na degradação do mesmo.

A RBS deve ser analisada com cuidado, pois nem sempre altos valores de liberação de C-CO<sub>2</sub> significa maior população microbiana no solo, mas sim pode indicar estresse em consequência da alteração do solo (ANDERSON e DOMSCH, 1993). MOREIRA e SIQUEIRA (2006), afirmam que a interferência antrópica nos solos altera a composição e atividade dos microrganismos do solo, e verificaram que em solos contaminado com metais potencialmente tóxicos houve uma redução na

BMS e elevação no  $qCO_2$ , confirmando a situação de estresse a qual a BMS estava submetida.

Por isso a RBS do solo deve ser analisada em conjunto com o quociente metabólico ( $qCO_2$ ), pois ela representa a quantidade de C- $CO_2$  liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo (COLOZZI et. al., 2001). O  $qCO_2$  é obtido através da razão entre RBS e o carbono presente na BMS e indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono para a biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo e amostragem

A pesquisa foi realizada na Fazenda Três José (15°34'12.40"S, 59°22'4.36"W), com altitude média de 301 m, no município de Pontes e Lacerda, localizado a sudoeste do estado de Mato Grosso, no vale do Guaporé.

O clima da região pela classificação de Koppen é o Aw – tropical quente sub-úmido, com duas estações bem definidas: uma seca que vai de maio a outubro e uma chuvosa que vai de novembro a abril. A precipitação média anual é de 1.500 mm e temperatura média de 24°C.

A vegetação local é composta pela floresta subcaducifólia amazônica, a qual apresenta elementos de transição entre floresta amazônica e cerrado. Essa vegetação é também chamada de “cerradão” por alguns autores (MAGNOLI e ARAÚJO, 1997).

O solo predominante na região é o Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico que de acordo com o Sistema de Brasileiro de Classificação de Solos são solos com argila de baixa ou alta atividade e com saturação por base ( $V\% \geq 50\%$ ) maior nos primeiros 100 cm do horizonte B.

A pesquisa foi realizada em duas épocas distintas, sendo que a primeira coleta foi realizada no dia 26/09/14 (época de seca) e a segunda em 16/02/2015 (época chuvosa). Foram escolhidas três áreas distintas para compor este estudo, conforme o uso e manejo do solo. As áreas avaliadas estão descritas na tabela 1 e representadas visualmente nas figuras 2,3 e 4 respectivamente:

Tabela 1 –Características e localização geográfica das áreas estudadas

Área de estudo	Características	Coordenadas
<b>MN</b>	Mata nativa, área de referência, sem intervenção antrópica.	Latitude: 15° 33'40.91''S Longitude: 59° 22'18.57''O
<b>PB</b>	Pastagem com Braquiária ( <i>Brachiaria decumbens</i> ) desmatada há 20 nos, primeiro manejado com cultura de milho e há 11 anos implantada a pastagem.	Latitude: 15° 33'54.19''S Longitude: 59° 21'56.49''O
<b>PT</b>	Pastagem com Capim Tanzânia ( <i>Panicum maximum</i> ) implantada há 18 anos, sem utilização de adubo ou corretivos.	Latitude: 15° 34'22.91''S Longitude: 59° 21'8.02''O



Figura 2- Mata Nativa – área de referência (MN).



Figura 3 – Pastagem com Braquiária (PB).



Figura 4 – Pastagem com capim Tanzânia. (PT).

Em cada área foram coletadas cinco amostras simples formando uma amostra composta, na profundidade de 0-15 cm, em zigue-zague. Para as coletas foram utilizados: trado holandês, balde plástico para homogeneização das amostras, sacos plásticos e etiquetas para identificação e a localização de cada ponto de coleta foi determinado por aparelho de GPS (figuras 5, 6 e 7).



Figura 5 - Pontos de coleta na mata nativa (MN)

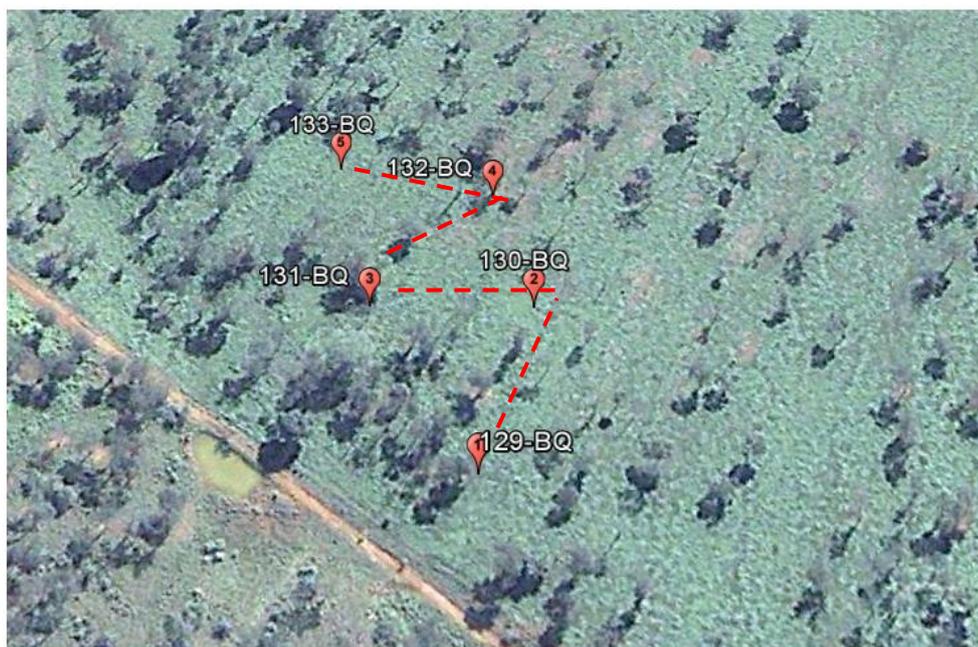


Figura 6 - Pontos de coleta Capim Braquiaria (PB)

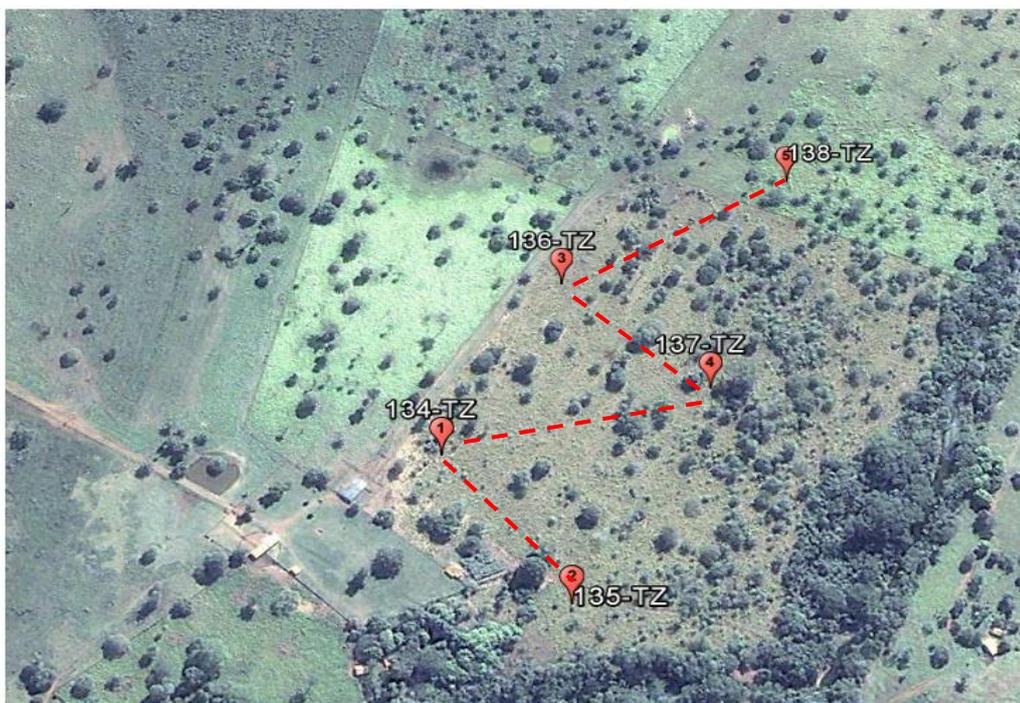


Figura 7 - Pontos de Coleta Capim Tanzânia (PT)

### 3.2 Tratamento das amostras e análises laboratoriais

As amostras foram acondicionadas e armazenadas sob refrigeração a 5°C até a análise biológica. As amostras para análise físico-química foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, para obtenção da TFSA (terra fina seca ao ar). Já as amostras para análise biológica, foram somente peneiradas em malha de 2 mm e conservadas em refrigeração.

As análises biológicas foram realizadas no Laboratório de Solos do Instituto Federal de Ciências, Tecnologia e Educação de Mato Grosso (IFMT) – Campus Bela Vista. Já a caracterização físico-química dos solos foi realizada no Laboratório Agroanálise – MT, segundo metodologia da EMBRAPA (2011).

As análises dos indicadores biológicos consistiram na determinação do (a):

- **C-BMS-** Carbono da Biomassa Microbiana, pelo método da irradiação-extração adaptado de Islam e Weil (1998) e Brookers et al. (1982). Neste método amostras do solo em placas de petri são submetidas à irradiação em forno microondas em potência máxima por aproximadamente dois minutos. Após irradiação, as amostras irradiadas (figura 8) e não irradiadas foram transferidas para erlenmeyers contendo a solução extratora ( $K_2SO_4$ ), e levadas ao agitador de solos por 30 minutos (figura 9).



Figura 8 – Amostras em erlenmeyers após irradiação no micro-ondas.



Figura 9 – Extração do C-BMS em solução de  $K_2SO_4$

Após a agitação, o líquido foi filtrado e teve seu teor de carbono determinado pelo método de Yeomans e Bremmer (1998).

- **RBS-** Respiração Basal do Solo, determinada pelo método da incubação das amostras por seis dias, com captura do  $CO_2$  em solução de NaOH 1 M. As amostras foram analisadas em duplicata (figura 10). Nas análises da primeira coleta as amostras ficaram incubadas por oito dias e na análise da segunda coleta as amostras ficaram incubadas por 6 dias e 6 horas.

Figura 10 - Copo coletor com NaOH a 1 M (à esquerda) para a captura de CO<sub>2</sub> produzido pela amostra de solo (à direita)

Após este período, a solução extratora foi titulada com ácido clorídrico 0,5 M e indicador fenolftaleína 1% (m/v) (figura 11).



Figura 11 - Titulação da amostra com ácido clorídrico 5 M, para determinação da RBS.

A quantidade de CO<sub>2</sub> evoluído da amostra foi calculada por meio da equação (1).

$$\text{RBS (mg de C-CO}_2 \text{ / Kg solo/ hora)} = \left\{ \frac{(V_b - V_a) \times M \times 6000}{P_s / T} \right\} \quad (1)$$

Onde:

RBS = Carbono da respiração basal do solo;

V<sub>b</sub> (mL) = Volume de HCl gasto na titulação do branco;

V<sub>a</sub> (mL) = Volume gasto na titulação da amostra;

M = Molaridade do HCl; P<sub>s</sub> (g) = Massa do solo seco;

T = Tempo de incubação da amostra em horas.

- **COT**- Carbono orgânico total, realizada pelo método de Yeomans e Bremmer (1998). Aproximadamente 0,5 g de TFSA foi colocada em tubo digestor juntamente com solução de dicromato de potássio e ácido sulfúrico concentrado

por 30 minutos a 170° C. Os extratos obtidos foram titulados com sulfato ferroso amoniacal utilizando ferroin com indicador (figura 12).



Figura 12 – Análise do carbono orgânico total (COT).

A partir dos resultados obtidos nas análises de RBS, C-BMS e COT, foram calculados os quocientes metabólico e microbiano por meio das respectivas equações (2) e (3):

$$qCO_2 = (RBS/C-BMS) \times 1000 \quad (2)$$

Onde:

$qCO_2$  = Quociente metabólico do solo (mg C-CO<sub>2</sub>/g C-BMS/h)

RBS = Respiração basal do solo (mg C-CO<sub>2</sub>/ kg solo/h)

C – BMS = Carbono da biomassa microbiana do solo (mg C/kg solo ou µg/g)

$$qMic = (C-BMS \times 10^{-3} / COT) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$qMic$  = Quociente microbiano (%)

C-BMS= Carbono da biomassa microbiana do solo (mg C/kg solo ou µg/g)

COT = Carbono orgânico total do solo (g/kg solo)

### 3.3 Análise estatística

Os resultados das análises físicas, químicas e biológicas dos solos foram submetidos à estatística descritiva, e suas relações foram avaliadas por meio a análise de correlação de Pearson entre as variáveis explicativas da qualidade dos

solos em estudo, a 95% de significância. Foi utilizado o software de estatística *Action (Estatcamp)* integrado à planilha *Excel Microsoft* para o tratamento dos resultados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização físico-química dos solos

Os solos apresentam maiores teores de areia, sendo enquadrados na classe textural franco arenosa e franco argilo-arenosa (tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos de qualidade dos solos em estudo nos dois períodos de amostragem.

Solo	pH em H <sub>2</sub> O	MO g.dm <sup>-3</sup>	Acidez trocável cmol/kg	SB cmol/kg	CTC cmol.kg <sup>-1</sup>	V (%)	m (%)	P total mg.kg <sup>-1</sup>	N total g.kg <sup>-1</sup>	Areia g.Kg <sup>-1</sup>	Silte g.Kg <sup>-1</sup>	Argila g.Kg <sup>-1</sup>
<b>Período seco</b>												
<b>MN</b>	6.60	39,90	0	7,10	9,70	73,50	0	155,80	1,22	590	107	303
<b>PB</b>	6.60	36,80	0	6,40	8,90	72,40	0	140,20	1,10	573	114	313
<b>PT</b>	6.40	27,10	0	4,60	6,80	68,20	0	180,20	0,83	773	49	178
<b>Período chuvoso</b>												
<b>MN</b>	6.60	54,20	0	12,20	16,50	73,90	0	280,40	1,32	590	107	303
<b>PB</b>	6.70	47,10	0	8,40	10,80	77,80	0	196,80	1,12	573	114	313
<b>PT</b>	6.50	29,50	0	5,10	7,60	67,10	0	230,60	0,92	773	49	178

MO: matéria orgânica; SB: soma de bases (Ca+Mg+K+Na); CTC: capacidade de troca catiônica (SB+H+Al); V: saturação por bases (SB/CTC); m: saturação por alumínio (Al/[Al+SB]).

Em relação aos parâmetros químicos, os solos estudados apresentaram baixa acidez nos períodos seco e chuvoso (pH 6,4 e 6,7), considerado desejável para a maioria das culturas.

A capacidade de troca catiônica (CTC) é considerada média e apresentou maiores valores no período chuvoso. A CTC representa a quantidade de cátions retidos no solo, que é liberado gradualmente às plantas. Nos solos em estudo, a maior parte da CTC está ocupada por cátions básicos (Ca, Mg, K).

Em todas as áreas a saturação por base foi maior que 50% variando entre 67,1 e 77,8% indicando solos de boa fertilidade ou eutróficos. Igualmente encontrada alta saturação por bases nos solos amostrados de Pontes e Lacerda por Pierangeli e Pierangeli (2010).

A matéria orgânica (MO) nas áreas teve maior incremento durante o período chuvoso, principalmente na mata nativa (MN) devido ao grande aporte vegetal

depositado no solo durante o período seco e que no período chuvoso começa a ser decomposto devido ao aumento da atividade microbiana.

A dinâmica do fósforo (P) e nitrogênio (N) são influenciados pela MO e por sua biomassa microbiana (GATIBONI, 2005). No período chuvoso houve um aumento na matéria orgânica de todas as áreas, com consequente incremento de P.

A presença do P no solo também é controlada pela atividade de microrganismos, pois a decomposição dos resíduos vegetais presentes na superfície e perfil pela BMS, possibilita a redistribuição do fósforo em formas orgânicas mais estáveis (SÁ, 1995). Em todas as áreas houve aumento de P disponível durante o período chuvoso, Espíndola et al. (2001) encontraram maiores valores para P durante o verão – período com maior índice pluviométrico.

Com a substituição da MN por sistemas de pastagem houve uma redução no teor de Nitrogênio (N) nos períodos seco e chuvoso. Stevenson (1994) afirma que em áreas tropicais há uma redução de N muito rápida quando o solo passa por perturbação, por exemplo, em razão da substituição de mata nativa para sistemas de cultivos em que há revolvimento do solo. Entre os sistemas de pastagem, o solo com braquiária (PB) apresentou maior valor para N em ambos os períodos.

Para Santos et al. (2008) o nitrogênio total corresponde a uma importante fração da MO e apresenta variação em seu conteúdo conforme o tipo de material orgânico que é depositado no solo. Além disso, a associação entre microrganismos e raízes possibilita a fixação de N, como é o caso da gramínea, que por suas raízes fasciculadas permitem que mais microrganismos se alojem e realizem a fixação biológica do N no solo.

## 4.2 Indicadores biológicos

Os resultados das análises dos indicadores biológicos dos solos estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores biológicos dos solos

Solo	COT (g.kg <sup>-1</sup> )	RBS (mg de C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )	C-BMS (µg g <sup>-1</sup> )	qCO <sub>2</sub> (mg de C-CO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )	qMic (%)
<b>Período seco</b>					
<b>MN</b>	7,20	0,84	92,70	9,60	12,90
<b>PB</b>	21,60	0,93	218,20	4,26	10,10
<b>PT</b>	7,50	1,53	60,00	25,50	8,00
<b>Período chuvoso</b>					
<b>MN</b>	19,75	0,40	349,09	1,15	17,68
<b>PB</b>	12,96	1,24	174,54	7,10	13,46
<b>PT</b>	6,42	1,08	87,27	12,38	13,59

*COT: carbono orgânico total; RBS: respiração basal do solo; C-BMS: carbono da biomassa microbiana do solo; qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico; qMic: quociente microbiano.*

Os teores de carbono orgânico total (**COT**) diferiram entre as áreas em estudo e entre os períodos, apresentando maiores valores no período chuvoso na MN e no período seco nas pastagens (PT e PB). Os maiores valores foram encontrados na mata nativa (MN) e na área de pastagem braquiária (PB) (Figura 13). Silva et al. (2012) também observaram maiores valores para carbono orgânico total em áreas florestais e de pastagem.

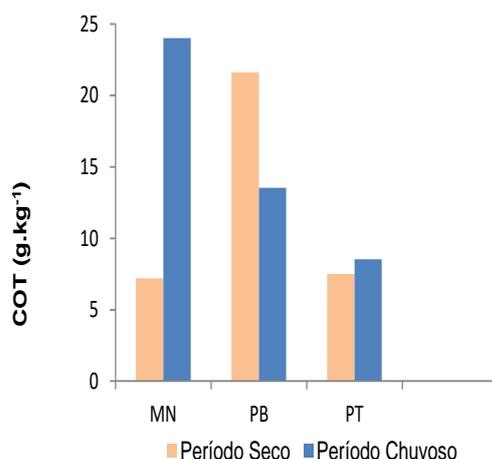


Figura 13 - Carbono orgânico total nos solos em estudo.

Maiores valores de COT em áreas florestais como a mata nativa (MN) estão associados à deposição de resíduos vegetais produzidos pelas espécies, à ausência de atividades como o revolvimento do solo, favorecendo a proteção da matéria orgânica (CARNEIRO et al., 2009), bem como à eficiente ciclagem de nutrientes que ocorre nessas áreas. No período chuvoso, o teor de COT tende a aumentar na MN, pois a matéria orgânica acumulada durante o período seco passa a ser decomposta pelos microrganismos e a atividade microbiana passa a ser maior durante o período chuvoso, aumentando assim a taxa de decomposição da serapilheira e incorporação do COT ao solo (SILVA et al., 2012).

É possível verificar que a substituição da MN pela pastagem aumentou o teor de COT expressivamente na pastagem com braquiária (PB), instalada há onze anos, durante o período seco. Isso ocorre devido ao sistema radicular desenvolvido e bem distribuído das gramíneas, onde ocorre uma elevada deposição de carbono ao solo na forma de raízes. De acordo com Paustin et al. (2000) as gramíneas possuem alta capacidade de aumentar o estoque de carbono em subsuperfície. Além disso, a morte das raízes das gramíneas constitui fonte de carbono no solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Teixeira e Bastos (1989), as pastagens geralmente apresentam um sistema de radicular bem distribuído com 46% das raízes na camada superficial do solo. De maneira geral, a literatura científica sugere que, em regiões de cerrado, as pastagens proporcionam a manutenção dos estoques de carbono e que as pastagens bem manejadas muitas vezes permitem a estocagem de carbono no solo em quantidade superior à observada na vegetação nativa (ROSCOE et al., 2006).

Em contrapartida, o solo com capim Tanzânia apresentou menor teor de COT nos períodos seco e chuvoso. Essa pastagem foi instalada há 18 anos e nunca recebeu nenhum tipo de tratamento. Devido a pouca deposição de material orgânico de qualidade nesta área somada à textura arenosa do solo, influenciou diretamente na baixa incorporação do carbono orgânico nesta área.

O efeito da época de coleta no valor do COT foi observado nas áreas de pastagem, sendo maiores na época seca.

Com relação ao carbono estocado na Biomassa Microbiana (C-BMS), nota-se comportamento semelhante ao do COT (figura 14).

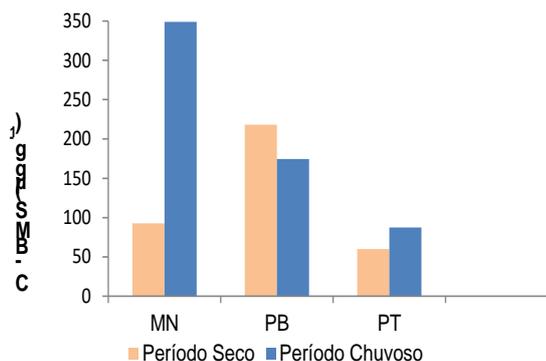


Figura 14 -

Carbono da biomassa microbiana nos solos em estudo.

Os teores de **C-BMS** variaram entre 60,00 e 218,20  $\mu\text{g g}^{-1}$  no período seco e entre 87,27 e 349,09  $\mu\text{g g}^{-1}$  para o período chuvoso. Os menores valores foram encontrados no período seco, exceto para a pastagem Braquiária (PB).

Tal com neste estudo, Alves et al. (2011) encontraram maiores valores de C-BMS em área de pastagem durante período seco e, segundo os autores, isso ocorre devido ao sistema radicular da braquiária ser volumoso e abundante, com contínua renovação. De acordo com Lourent et al. (2011), durante a estação seca, parte da biomassa microbiana morre e, com a retomada das chuvas e incremento da umidade do solo, a biomassa sobrevivente utiliza matéria orgânica acumulada no período, incluindo as células mortas, havendo, desta forma, maior atividade microbiana, durante o período chuvoso. Isso explica os menores valores de C-BMS no período seco na MN e PT.

Dentre os sistemas de pastagens, o solo com braquiária (PB) obteve maior valor de C-BMS em ambos os períodos. Carneiro et al. (2008) também encontraram maior valor de C-BMS em sistema de pastagem braquiária em área de cerrado, com valor superior em 50% em relação a área de referência. Este aumento está associado ao sistema radicular fasciculado da gramínea que se concentra nos primeiros 10 cm de profundidade, resultando na maior entrada de carbono no solo e ativando a microbiota do solo.

No período chuvoso os maiores teores de C-BMS foram encontrados na mata nativa (MN) em decorrência da contínua deposição de substratos orgânicos em quantidade e qualidade variada. Além disso, os estratos arbóreos proporcionam maior cobertura do solo diminuindo as variações de temperatura e umidade do solo

durante o ano todo (RAMBO et al., 2014). A ausência de revolvimento do solo favorece a preservação das hifas fúngicas, ao acúmulo de serapilheira, aumentando a entrada de substratos orgânicos no sistema (REIS JUNIOR e MENDES, 2007).

A substituição da vegetação nativa por sistemas de pastagem causou importante redução no C-BMS no período chuvoso, da ordem de 50% para a pastagem com braquiária e de 75% para o capim tanzânia.

O quociente microbiano (**qMic**) representa a porcentagem de carbono incorporado na biomassa microbiana, com relação ao carbono orgânico total do solo, e solos que exibem valores maiores ou menores poderiam expressar, respectivamente, acúmulo ou perda de C no solo. Neste estudo, não foram encontradas variações significativas entre as pastagens avaliadas (figura 15), porém a MN obteve maiores teores de qMIC em todos os períodos, indicando que o grande aporte de matéria orgânica depositado sob o solo florestal foi aproveitado pela microbiota dessa área.

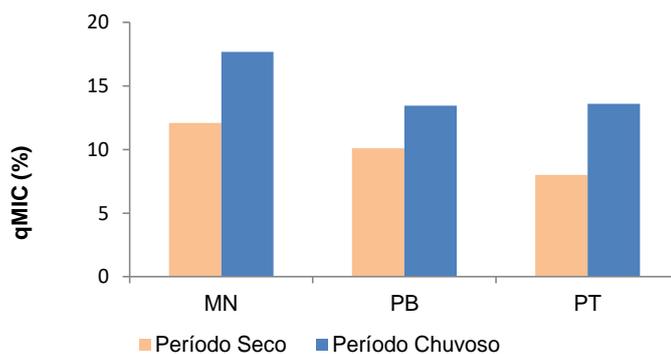


Figura 15 – Quociente microbiano dos solos em estudo.

Nesta pesquisa, observou-se que os maiores valores de qMic ocorreram no período chuvoso, nos diferentes sistemas de uso ou manejo do solo, apresentando valores maiores que 1%. De acordo com Jenkinson e Ladd (1981), valores de qMic inferiores a 1% podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana. Esse índice tem sido utilizado para avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo. Quanto maior o qMic, melhor é a eficiência dos microrganismos em fixar o carbono no solo.

A respiração basal do solo (**RBS**) indica a atividade metabólica da microbiota do solo, expressa pela quantidade de CO<sub>2</sub> liberado. As diferentes épocas de coleta (período seco e período chuvoso) influenciaram a RBS em todos os sistemas de manejo, com maiores valores de RBS nas áreas de pastagem. Na área de pasto, a rápida ciclagem de nutrientes promovida pela alta renovação de biomassa vegetal e pela atividade biológica mais intensa pode ter promovido as taxas mais elevadas de RBS (figura 16).

A pastagem com capim tanzânia (PT) apresentou maior valor de RBS no período seco (1,53 mg de C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> hora<sup>-1</sup>) pois, dentre as áreas avaliadas, a PT apresentou os menores valores de COT, C-BMS e qMic nesse período, o que impacta na atividade metabólica da microbiota, medida pela RBS.

Já a mata nativa (MN) apresentou menor perda de carbono pela respiração ou maior equilíbrio em função dos menores valores em todos os períodos. Carneiro et al. (2008) também observaram menores valores na respiração do solo na área de referência.

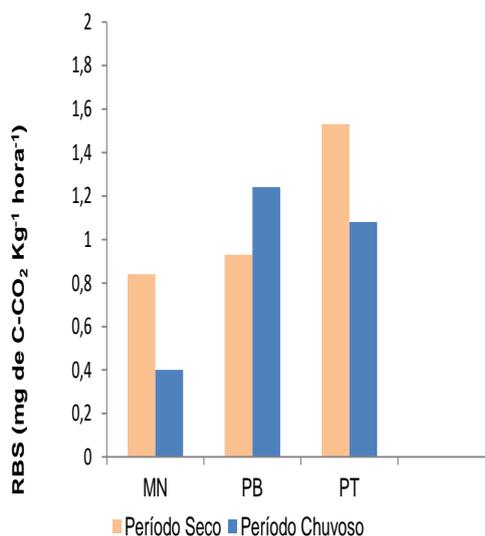


Figura 16 - Respiração Basal dos solos em estudo.

A respiração da biomassa microbiana pode ser influenciada por vários fatores: presença de substâncias inibidoras de crescimento microbiano, a composição química do substrato e fatores nutricionais do solo (MERCANTE et al., 2008) têm sido considerados responsáveis pela redução na atividade microbiana. Considerando a mesma constituição da comunidade microbiana, uma BMS

“eficiente” teria menor taxa de respiração. Por outro lado, Roscoe et al. (2006) afirmam que uma alta taxa de respiração pode ser desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para a planta.

Por isso, sua avaliação independente é bastante dificultada (MUNIZ et al., 2010), e esse indicador geralmente é analisado juntamente com o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (figura 17). A taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana ( $qCO_2$ ), apresenta-se como variável de determinação mais adequada para o entendimento da atividade microbiana no solo.

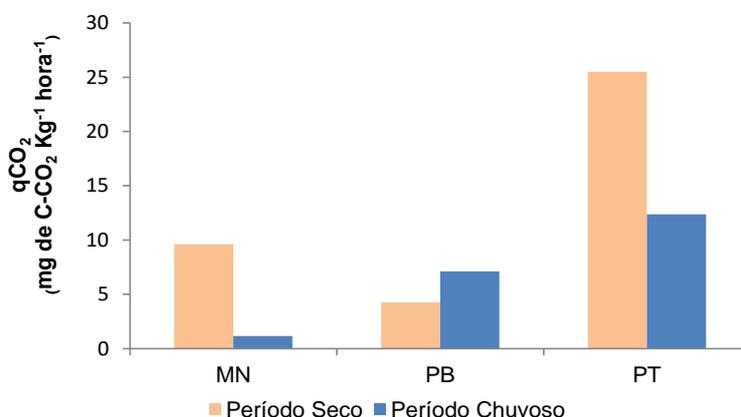


Figura 17 – Quociente metabólico dos solos em estudo.

Observa-se que, de modo geral, houve redução no  $qCO_2$  na MN e na PB, semelhante à RBS. Segundo Müller et al. (2014), valores menores de  $qCO_2$  indicam que os microrganismos estão sob menor nível de estresse, e maiores valores do  $qCO_2$  significam que a população microbiana está oxidando carbono de suas próprias células (respiração de manutenção dos microrganismos vivos) para a sua manutenção e adaptação ao solo, e portanto, a população microbiana se encontra em condições adversas ou estressantes.

Dessa forma, a redução de  $qCO_2$  nestes dois sistemas (MN e PB) indica que a biomassa microbiana está sendo mais eficiente perdendo menos  $CO_2$  por unidade de biomassa. Com isso mais carbono é incorporado ao tecido microbiano (LOURENT et al., 2011).

No solo com capim tanzânia (PT), os valores de  $qCO_2$  são maiores nos períodos seco e chuvoso, indicando que nesse sistema de uso o solo está mais impactado, provavelmente devido ao menor aporte de resíduos desse tipo de pastagem, pelas características inerentes do solo ou da própria gramínea.

### 4.3 Análise de correlação de Pearson

Os Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo com diferentes coberturas vegetais, nos períodos seco e chuvoso, são mostrados na tabela 4.

Por meio da confecção da matriz de correlação, foi possível observar correlação positiva e significativa ( $p < 0,05$ ), em ambos os períodos, entre C-BMS e COT, silte e argila.

Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson

Variável	COT	RBS	CBMS	QCO <sub>2</sub>	QMIC
COT	1				
RBS	-0,38	1,00			
CBMS	<b>0,98</b>	<b>-0,56</b>	1,00		
QCO <sub>2</sub>	-0,68	<b>0,93</b>	<b>-0,82</b>	1,00	
QMIC	-0,10	<b>-0,88</b>	0,11	<b>-0,66</b>	1,00
pH	0,48	<b>-0,99</b>	<b>0,66</b>	-0,97	<b>0,82</b>
Pt	-0,78	<b>0,87</b>	-0,90	<b>0,99</b>	-0,54
Nt	0,20	<b>-0,98</b>	0,40	-0,85	<b>0,96</b>
AREIA	-0,55	<b>0,98</b>	-0,72	<b>0,99</b>	-0,78
SILTE	<b>0,57</b>	<b>-0,98</b>	0,73	-0,99	0,76
ARGILA	<b>0,54</b>	<b>-0,98</b>	0,71	-0,98	0,78
<b>COT</b>	<b>1,00</b>				
<b>RBS</b>	<b>-0,77</b>	<b>1,00</b>			
<b>CBMS</b>	<b>0,98</b>	<b>-0,87</b>	<b>1,00</b>		
<b>QCO<sub>2</sub></b>	<b>-1,00</b>	<b>0,78</b>	<b>-0,99</b>	<b>1,00</b>	
<b>QMIC</b>	<b>0,86</b>	<b>-0,99</b>	<b>0,94</b>	<b>-0,87</b>	<b>1,00</b>
<b>pH</b>	<b>0,49</b>	<b>0,18</b>	<b>0,33</b>	<b>-0,47</b>	<b>-0,03</b>
<b>Nt</b>	<b>1,00</b>	<b>-0,76</b>	<b>0,98</b>	<b>-1,00</b>	<b>0,85</b>
<b>AREIA</b>	<b>-0,82</b>	<b>0,26</b>	<b>-0,70</b>	<b>0,81</b>	<b>-0,41</b>
<b>SILTE</b>	<b>0,81</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,69</b>	<b>-0,79</b>	<b>0,39</b>
<b>ARGILA</b>	<b>0,82</b>	<b>-0,27</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,42</b>

Isso indica que a biomassa microbiana foi influenciada positivamente pelos teores de matéria orgânica e frações finas do solo, apresentando maiores valores nos solos com braquiária (PB) e sob mata nativa (MN).

Por outro lado, o qCO<sub>2</sub> apresentou correlação positiva com a RBS e o teor de areia dos solos, indicando que a perda de carbono na forma de CO<sub>2</sub> é maior nos

solos mais arenosos (como a PT), por favorecer uma condição de estresse ou de distúrbio ao sistema solo.

Também se nota uma relação inversa entre a biomassa microbiana (C-BMS e  $q_{Mic}$ ) e o quociente metabólico ( $q_{CO_2}$ ), sugerindo que, em maiores teores de C, podem ocorrer aumento da BM e diminuição na atividade metabólica, indicando sistemas mais estáveis, como ocorre na MN e PB.

Observou-se correlação positiva entre o  $q_{CO_2}$  e RBS e o teor de fósforo total (Pt) na época seca. Maluche-Baretta et al. (2006) afirmam que os teores deste nutriente no solo podem limitar a biomassa microbiana em algumas situações, e em outras, pode exercer efeito benéfico.

O pH dos solos influenciou positivamente o C-BMS e, por conseguinte, o  $q_{Mic}$ , indicando que condições químicas favoráveis como a baixa acidez dos solos, pode aumentar a biomassa microbiana, independente da cobertura vegetal. Esse comportamento foi melhor evidenciado na época seca.

O nitrogênio total (Nt) também esteve bem correlacionado com o  $q_{Mic}$  dos solos, em ambos os períodos sazonais, o que significa melhor aproveitamento desse nutriente pela microbiota, refletindo na qualidade do solo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da mata nativa pela pastagem braquiária aumentou o COT e a BMS, principalmente no período seco;

Os indicadores biológicos foram influenciados pela sazonalidade, onde o C-BMS e o qMic apresentaram maiores valores no período chuvoso para todos os tratamentos, enquanto que o qCO<sub>2</sub> e a RBS foram maiores no período seco, especialmente na MN e PT.

Em todas as áreas estudadas, a substituição da vegetação natural por pastagens alterou o carbono da biomassa microbiana e os demais indicadores biológicos de qualidade do solo, refletindo na sua maior qualidade do solo sob MN e PB.

A pastagem com capim tanzânia mostrou menor qualidade do solo com relação aos demais usos, principalmente no que se refere à textura arenosa, menor fertilidade natural, menor aporte de carbono e maior impacto na atividade microbiana do solo.

Os atributos microbiológicos foram eficientes indicadores da qualidade dos solos em função do manejo e tipo de cobertura vegetal.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R.E.; VILELA, M.F.; KLINK, C.A. **Ciclagem de Carbono em Ecossistemas terrestres – o caso do Cerrado brasileiro**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 105).

ALCÂNTARA, F.A; MADEIRA, N.R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 12p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnico 64).

ALMEIDA, J.R; ARAÚJO, G.H.S; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradada**. 1ed. 2005

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotec**, Lavras, v.23, p.617-625,1999.

ALVES, T. S **et al.** Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, p. 471-479, 1989.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) 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.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to access the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R. **Indicadores biológico de qualidade do solo**. Uberlândia, v. 23, p. 66-75 Jul/set. 2007.

ARAÚJO, E.A. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. Guarapuava, v. 5, p. 187-206, 2012.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3<sup>o</sup> ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2012. 716p.

BROOKES, D.S.; POWLSON, D.S.; JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology Biochemistry**. v.14, p.319-329, 1982.

CARNEIRO, M.A.C.; ASSIS, P.C.R.; MELO, L.B.C.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; NETO, A.N.S. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, p. 276-283, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R.; Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-157, 2009.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 133-142, 1990.

COLOZZI, FILHO, A.; ANDRADE, D.S. e BOLOTA, E.L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plantio direto. **Informativo Agropecuária**, v. 22, p.84-91, 2001.

CORINGA, E.A.O. **Solos**. Curitiba: Livro Técnico, 2012. 248p.

CRASWELL, E.T; LEFROY, R.D.B. A função da matéria orgânica nos solos tropicais. In: MACHADO, P.L.O.A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais: abrangência e limitações**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20p (Embrapa Solos. Documentos, 24).

DE POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável**. 1º ed. Brasília – DF: EMBRAPA, 2005. P. 17-28.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2011, 360p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 353p.

ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Revista Floresta e Ambiente**, v.8, p. 104-113, 2001.

FANGERIA, N.K.; STONE, L.F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás – GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documento 197).

FASSARELA, K.M.; SIMÃO, J.B.P.; LIMA, W.L.; PELUZIO, J.B.E. Caracterização quali-quantitativa da matéria orgânica do solo. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**. v. 7, p. 18-30, 2012.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com Mehlich -1, Mehlich -3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. Viçosa, v. 23, 2005

GRISI, B.M. Participação da microbiota na ciclagem de nutrientes. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Embrapa, 1996. CD-ROM.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: **Paul, e. A.; Ladd, J. N.**, (ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker. v. 5. p. 415-471. 1981.

LEITE, L.F.C; ARAÚJO, A.S. **Ecologia microbiana do solo**. Teresina- PI: Embrapa Meio Norte, 2007. 31p. (Embrapa Meio Norte. Documentos 164).

LOPES, A.S; GUILHERME, L.R.G. **Interpretação de Análise de Solo: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: ANDA, 2004. 50p. (Boletim técnico nº 2).

LOURENT, E. R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, p. 20-28, jan./mar. 2011.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; AMARANTE, C. V. T.; KLAUBERG FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1531-1539, 2006.

MADARI, B.E **et al.** Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W.G. **(org).** **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. **Manaus-AM: Embrapa Amazônia Ocidental**, 2009. Disponível em: <[http://www.biochar.org/joomla/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=5&Itemid=8](http://www.biochar.org/joomla/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=5&Itemid=8)> acesso em 28/04/2015.

MAGNOLI, D.; ARAÚJO, R. **A Nova Geografia**. 2º ed. São Paulo: Moderna, 1997.

MATSOUKA, M. **Atributos biológicos de solos cultivados com videira na região da Serra Gaúcha**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, UFRS, Porto Alegre, 2006.

MELO, F.B; CARDOSO, M.J; RIBEIRO, V. Q. **Alterações nas características químicas e físicas de um solo Aluvial Eutrófico decorrentes do tempo de uso em diferentes sistemas de manejo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000, 14 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa, 28).

MENDONÇA, et al. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises** – Viçosa: UFV, 2005, 107p.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S.F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 34, p. 479-485, 2008.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2006. p.203-260.

MÜLLER, D.H.; CAMILI, E.C.; GUIMARÃES, S.C.; CAMPO, D.T.S.; MARTINS, M.E. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Internacional de Ciências**, v.4, 2014.

MUNIZ, L.C.; MADARI, B.E.; TROVO, J.B.F.; MACHADO, P.L.O.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A.F.S. **Atributos biológicos do solo numa cronosequência de Pastagens em Sistema ILP no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 198).

OLIVEIRA, L.L.; VIEIRA, T.F.S.; SIQUEIRA, M.D.; CORINGA, E.A.O. Indicadores ambientais químicos e biológicos de solo sob diferentes usos. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: IBAS, 2014.

PAREDES JUNIOR, F.P.; PORTILHO, I.I.R.; CARVALHO, L.A.; MERCANTE, FM. Atributos microbiológicos em cultivos de cana-de-açúcar sob métodos de preparo do solo. **Revista Ciências Agrárias**, v.57, p.101-107, 2014.

PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; HUNT, H.W. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. **Biogeochemistry**, v.48, p.147-163, 2000.

PIAO, H. C.; HONG, Y. T.; YUAN, Z. Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 30, n. 4, p. 294-297, 2000.

PIERANGELI, L.M; PIERANGELI, M.A.P. Algumas Características Químicas de Solos de Pontes e Lacerda-MT. **50º Congresso Brasileiro de Química (on line)**, Oct. 2010. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2010/trabalhos/13/13-375-8162.htm>>. Acessado em: 20/08/14.

PILLON, C.N. **Manejo da matéria orgânica em agroecossistemas**. Pelotas: Clima Temperado, 2005. 16p (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 150)

POWLSON, D.S; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19. p. 159-164, 1987.

PULROLNIK, K. **Transformações do Carbono no solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2009. (Embrapa Cerrado. Boletim de pesquisa, 264).

RAMBO, J.R.; GOUVEIRA, R.G.L.; BEM, A.K.A.N.; BAYER, C.; TOMAZI, M. Atributos microbiológicos do solo sob distintos sistemas de manejo de fertilidade. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, nov.,2014

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I.C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. 40p. (Embrapa Cerrado. Documento, 205).

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Org.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-41.

SÁ, J.C.M. Manejo de fósforo no sistema de plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA – CNTP, 1995. p. 83-93.

SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654p.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology e Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, p. 96-101, 2002.

SILVA. E.E.; AZEVEDO. P.H.S; DE-POLLI. H. **Determinação da Respiração Basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 99). 2007. 4p.

SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FERNANDES, J.C.F.; LOSS, A.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M.R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 36, p. 1680-1689, 2012.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. John Willey, New York, USA. 1994, 496p.

TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B. **Matéria orgânica nos ecossistemas de floresta primária e pastagem na Amazônia central**. Boletim de Pesquisa, 99. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1989. 26 p.

WARDLE, D.A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa – SPI, 1994. p. 419-436.

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.