



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

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ANA CRISTINA DOMINGAS DA COSTA

**USO DE INDICADORES BIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREA
DEGRADADA NO PANTANAL MATOGROSSENSE**

**Cuiabá-MT
2015**



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

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ANA CRISTINA DOMINGAS DA COSTA

**USO DE INDICADORES BIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREA
DEGRADADA NO PANTANAL MATOGROSSENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Gestão Ambiental
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Estado de Mato Grosso
Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção
de título de graduado, sob orientação da
Prof. Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa.

**Cuiabá-MT
Maio/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 Dominga da._ Cuiabá, 2015.
59f.

Orientador (a): Prof. Dr^a. 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

ANA CRISTINA DOMINGAS DA COSTA

**USO DE INDICADORES BIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREA
DEGRADADA NO PANTANAL MATOGROSSENSE**

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, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduada.

Aprovado em 13 de maio de 2015.

Prof.^a Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa
(Orientadora)

Prof.^o Dr. Josias do Espírito Santo Coringa
(Professor convidado)

Prof.^o Ms. James Moraes de Moura
(Professor convidado)

**Cuiabá-MT
Maio/2015**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as coisas boas providenciadas em minha vida;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, campus Cuiabá Bela Vista pela experiência e formação proporcionadas;

Ao Núcleo Avançado do Pantanal - NAPAN, campus IFMT Poconé, pelo auxílio prestado e por nos receber de forma tão solícita durante a coleta de solos;

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação do IFMT - PROPES/IFMT, pelo auxílio financeiro ao projeto;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT, pela bolsa de iniciação científica concedida;

Aos professores do IFMT, pela amizade e por compartilhar de seus conhecimentos e experiências agregando a minha formação, em especial à minha orientadora Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa pela presteza e paciência, e por disponibilizar o seu tempo e conhecimento na realização deste trabalho, e também ao professor Josias Coringa por todo auxílio prestado;

Aos técnicos (Cleverson, Milena e Andréia) e estagiários (Emmily, Fellipe e Erivelton) dos laboratórios do campus pela amizade e auxílio dado quando necessário;

Aos colegas de curso/amigos que fiz e levarei comigo até o fim da vida e além dela, em especial Francielly, Laudyana, Gabriela, Dirlene, Fernanda, Natalie, Poliana, Vitor, Alysson Moraes e Alisson Martins, pela amizade, parceria, estudos e diversão, pelo apoio e auxílio em diversos momentos;

À minha família, pelo amor, compreensão e apoio de sempre e em todos os momentos da minha vida;

Ao meu amigo, cúmplice, e eterno namorado Raphael Luyten, pelo companheirismo, carinho e paciência a mim dedicados, e pelo auxílio durante a graduação e na confecção deste trabalho.

À todos, minha imensa gratidão!

“Queira!

*Basta ser sincero e desejar profundo.
Você será capaz de sacudir o mundo,
Tente outra vez!*

Tente!

*E não diga que a vitória está perdida.
Se é de batalhas que se vive a vida.
Tente outra vez!”*

(Raul Seixas – Tente outra vez)

*“Aprender é a única coisa de que a mente
nunca se cansa, nunca tem medo e nunca
se arrepende.”*

(Leonardo da Vinci)

*“A natureza é perfeita como Deus criou e
não como o homem quer.”*

(Dra. Ana Primavesi)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pantanal e sub-regiões (Fonte: Silva; Abdon, 1998).....	14
Figura 2: a) e b) Área de estudo (margem direita do Rio Bento Gomes) no IFMT NAPAN, campus Poconé.	25
Figura 3: Mapa do delineamento amostral (Fonte: Google Earth, 2015; Site Roteiros do Brasil).	26
Figura 4: Trado Holandês utilizado para a coleta de amostras deformadas dos solos do Pantanal de Poconé.	28
Figura 5: Amostrador de anéis utilizado para a coleta de amostras indeformadas dos solos do Pantanal de Poconé.....	28
Figura 6: Quantificação do carbono orgânico total do solo (COT) pelo método de Yomans e Bremner (1998). Fonte: Autor.	31
Figura 7: Esquema simplificado do fracionamento químico e extração das substâncias húmicas (SH's) pelo método da Embrapa (2003).	32
Figura 8: Quantificação do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) pelo método irradiação-extração (ISLAM; WEIL, 1998 adaptado por MENDOÇA; MATOS, 2006).	33
Figura 9: Quantificação da respiração basal do solo (C-BMS) pelo método Jenkinson; Powlson (1976) adaptado por Silva <i>et al.</i> (2007).	34
Figura 10: Carbono orgânico total (COT) dos solos do Pantanal de Poconé.	40
Figura 11: Carbono da biomassa microbiana (C-BMS) dos solos do Pantanal de Poconé.	43
Figura 12: Índice de quociente microbiano (qMic) dos solos do Pantanal de Poconé.	44
Figura 13: Índice de respiração basal (RBS) dos solos do Pantanal de Poconé.	45
Figura 14: Índice de quociente metabólico (qCO ₂) dos solos do Pantanal de Poconé.	46
Figura 15: Ponto 1 de coleta das amostras.	57
Figura 16: Ponto 2 de coleta das amostras.	57
Figura 17: Ponto 3 de coleta das amostras.	57
Figura 18: Ponto 4 de coleta das amostras.	58
Figura 19: Ponto 5 de coleta das amostras.	58

Figura 20: Ponto 6 de coleta das amostras.....	58
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores de qualidade física dos solos em estudo.....	36
Tabela 2: Indicadores de qualidade química dos solos em estudo.....	37
Tabela 3: Teor de carbono orgânico total nos solos e nas frações húmicas.	39
Tabela 4: Indicadores biológicos de qualidade dos solos em estudo.	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Matriz de correlação de <i>Pearson</i>	59
---	----

USO DE INDICADORES BIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO PANTANAL MATOGROSSENSE

RESUMO: O objetivo deste estudo foi mensurar através dos indicadores biológicos do solo, a qualidade e regeneração da área degradada numa região do Pantanal de Poconé-MT. A área de estudo é uma APP – Área de Preservação Permanente (mata ciliar) onde antes era utilizada para extração de areia (dragas), e atualmente se encontra em pousio. Os principais indicadores utilizados foram a matéria orgânica do solo (MOS), substâncias húmicas (SH's), carbono orgânico do solo (COT), estoque de carbono (EC), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2) e o quociente microbiano ($qMic$). A fração humina (C-HU) teve maior participação no COT devido a suas propriedades recalcitrantes, evidenciando processo de humificação mais intensa, comum em solos de regiões tropicais; os solos em recuperação natural demonstraram eficiência em estocar C no solo com valores considerados médios para solos tropicais; os solos da antiga área de extração demonstraram boa ciclagem de nutrientes e eficiência dos micro-organismos na incorporação de C à própria biomassa, com níveis satisfatórios de C-BMS e $qMic$, denotado também correlação de função positiva (0,65); a RBS não se mostrou sensível em demonstrar a atividade microbiana do solo; já o qCO_2 demonstrou sensibilidade quanto a atividade metabólica dos micro-organismos ao apresentar menor perda de C pela respiração e contribuindo com a incorporação do C à biomassa.

Palavras-chave: qualidade ambiental, indicadores bioquímicos, Pantanal norte.

USING BIOLOGICAL INDICATORS FOR DEGRADED AREA ASSESMENT IN THE PANTANAL OF MATO GROSSO

ABSTRACT: The objective of this study was to measure through biological indicators of soil quality and regeneration of degraded area in the Pantanal of Poconé-MT area. The study area is a PPA - Permanent Preservation Area (riparian) where it was used for sand extraction (dredging), and is currently fallow. The main indicators used were soil organic matter (SOM), humic substances (HS's), soil organic carbon (TOC), carbon storage (EC), carbon of microbial biomass (C-MBS), basal breath soil (BBS), metabolic quotient (qCO_2) and microbial quotient ($qMIC$). The humin fraction (C-HU) had greater participation in TOC due to its recalcitrant properties, showing more intense humification process, common in tropical regions; soils natural recovery were efficient in storing soil C with values considered average for tropical soils; those of the former mining area soils showed good nutrient cycling and efficiency of micro-organisms in the incorporation of C's own biomass with satisfactory levels of C-BMS and $QMIC$ also denoted positive function of correlation (0.65); RBS was not sensitive to demonstrate the soil microbial activity; qCO_2 already demonstrated sensitivity as the metabolic activity of microorganisms by introducing lossless C by breathing and contributing to the incorporation of C biomass.

Keywords: environmental quality, biochemical indicators, north Pantanal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. Pantanal de Poconé - MT	14
2.2. Qualidade do solo e degradação ambiental	16
2.3. Indicadores biológicos de qualidade do solo	16
2.3.1 Matéria orgânica do solo (MOS).....	17
2.3.2 Substâncias húmicas (SH's).....	18
2.3.3 Carbono orgânico total (COT)	19
2.3.4 Estoque de carbono (EC)	20
2.3.5 Biomassa microbiana do solo (BMS).....	21
2.3.6 Respiração basal do solo (RBS)	22
2.3.7 Quociente metabólico (qCO ₂).....	23
2.3.8 Quociente microbiano (qMic).....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1. Área de estudo	25
3.2. Coleta e amostragem	26
3.3. Análises laboratoriais	29
3.3.1. Caracterização físico-química dos solos	29
3.3.2. Determinação dos indicadores biológicos do solo.....	30
3.4. Análise estatística	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Caracterização físico-química dos solos	36
4.2. Carbono orgânico e substâncias húmicas.....	39
4.3. Indicadores biológicos de qualidade do solo	41
5. CONCLUSÕES	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
7. ANEXOS	57
Anexo 1: Prancha de figuras	57
Anexo 2. Matriz de correlação de <i>Pearson</i>	59

1. INTRODUÇÃO

O uso inadequado e intensivo de áreas exploradas pelas atividades antrópicas tem proporcionado um declínio importante da qualidade dos solos. Quando essa alteração se associa a processos que ocasionam a perda da capacidade produtiva e do equilíbrio ambiental do agrossistema, diz-se que as áreas estão degradadas.

O processo de degradação de solos está associado à intensidade e duração do impacto ambiental e da capacidade de retorno do sistema. Essa recuperação do ambiente poderá vir a ocorrer de forma natural ou através de intervenções antrópicas. No caso de recuperação natural, as espécies pioneiras são as primeiras a se estabelecerem no ambiente perturbado, dando condições às demais espécies de se implantarem, num processo natural chamado sucessão ecológica. Esse processo mostra a resiliência do sistema se recuperar da degradação sofrida.

Uma das formas de degradação do solo é a mineração de areia, que constitui um dos principais fatores antrópicos de degradação ambiental devido às grandes modificações físicas e bióticas que provoca, tais como modificação da paisagem, erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água. A devastação das matas ciliares pela extração da areia do barranco dos rios tem despertado grande preocupação, porque elas garantem a estabilidade das áreas que margeiam os rios, evitando o assoreamento de reservatórios, o empobrecimento do solo e, conseqüentemente, a redução da biodiversidade local.

As conseqüências no ambiente ao considerar esse tipo de degradação são desde perda de matéria orgânica com drástica redução da atividade biológica até a desestruturação e compactação do solo com aceleração de processos erosivos.

Nesse contexto, para caracterizar uma área degradada por meio de indicadores ambientais é necessário conhecer os usos em que foi submetida ao longo do tempo e as características dos solos. Essas informações são essenciais quando um solo se encontra degradado e, provavelmente, quando está em fase de recuperação.

Um indicador ambiental é uma ferramenta que mede uma condição, um processo, uma reação ou um comportamento do meio físico (água, ar, solo), e que permite a aquisição de informações sobre um ecossistema em resposta às

atividades antrópicas nele executadas. Assim, o indicador constitui importante instrumento no controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental.

Os indicadores biológicos de qualidade de solo são importantes ferramentas utilizadas para entender os processos ecológicos envolvidos em solos, especialmente solos degradados. Dentre os indicadores biológicos utilizados para avaliação da degradação de solos mais importantes estão a matéria orgânica e a atividade microbiana, determinada pela biomassa microbiana do solo. Esses indicadores são bastante utilizados para avaliação do impacto ambiental em áreas degradadas por serem de fácil medição, seus resultados são proporcionais ao nível de degradação encontrado e principalmente, são sensíveis ao uso atual do solo.

O objetivo deste estudo é avaliar, por meio de indicadores biológicos do solo, o estado atual de recuperação e a qualidade da área degradada no Pantanal de Poconé, sub-região do Pantanal norte mato-grossense.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Pantanal de Poconé - MT

O Pantanal é uma planície com cerca de 140.000 km², inserida na Bacia do Alto Rio Paraguai (BAP), no Centro-Oeste brasileiro, leste da Bolívia e nordeste do Paraguai (SALIS, 2008). Considerada a maior área de inundação do continente sul americano (AMARAL; FONZAR, 1982), e uma das maiores do mundo (AB'SABER, 1988).

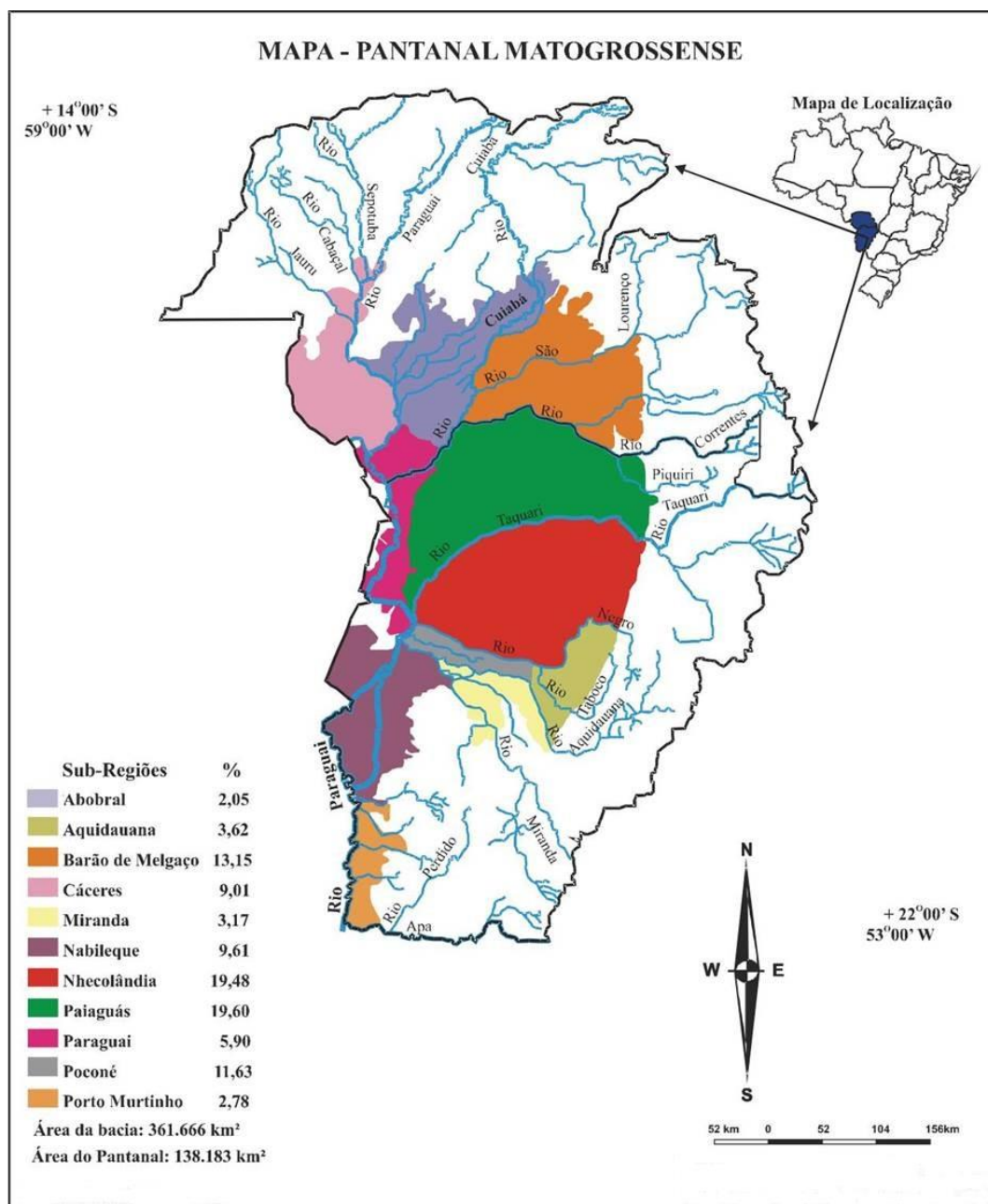


Figura 1: Pantanal e sub-regiões (Fonte: Silva; Abdon, 1998).

Esse ecossistema está inserido nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul sendo subdividido em 11 sub-regiões (Figura 1) englobando 16 municípios de ambos os estados. Uma dessas sub-regiões é o denominado Pantanal de Poconé com 16.066 km² de extensão, o correspondente a 11,6% da área total, que abrange os municípios de Cáceres, Poconé, Nossa Senhora do Livramento, Barão de Melgaço e Santo Antônio do Leverger (SALIS, 2008).

O desenvolvimento dos solos dessa planície se deu a partir principalmente de sedimentos arenosos inconsolidados, datados do Período Quaternário, com algumas áreas restritas de materiais argilosos e orgânicos (CORINGA *et al.*, 2012). A Formação Pantaneira manifesta enorme variedade de solos como os Vertissolos, Luvisolos, Neossolos, Plintossolos, Gleissolos, Cambissolos Flúvicos e Planossolos (COUTO *et al.*, 2002). Isso em função dos processos pedogenéticos que normalmente ocorre nesses solos: a gleização e plintação (COUTO; OLIVEIRA, 2010).

Grande parte da região possui caráter hidromórfico como consequência das inundações sazonais que ocorrem em épocas de cheia, onde o arejamento é diminuído devido ao excesso de água (EMBRAPA, 2007). Sob a influência do material de origem e do regime de inundações os solos pantaneiros possuem características distintas que limita seu uso para o cultivo, como pobreza em bases trocáveis, elevada saturação de sódio, constituição arenosa, ocorrência de argilas expansivas e mudanças texturais abruptas em profundidade, entre outras (SANTOS *et al.*, 1997). Sendo a pecuária extensiva o uso mais adequado aproveitando-se as pastagens nativas.

O Cerrado (Cerradão e Cerrado *Stricto sensu*) é a formação com maior representatividade na cobertura vegetal do Pantanal (SILVA *et al.*, 2000), e em contraste com essa vegetação, as matas ciliares. Estas são Áreas de Preservação Permanente – APP com inúmeras funções ambientais importantes como a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e flora, da proteção do solo e de assegurar o bem estar do homem, e por isso devem ser preservadas (ANNIBELLI; FILHO, 2007)

Porém, o uso das margens dos rios pelas atividades antrópicas especialmente a extração de areia (mineração) levam a um desequilíbrio ambiental

que implica na supressão da vegetação e posterior impedimento a sua regeneração, o solo superficial de maior fertilidade é removido e levam a infertilidade, compactação e a exposição à erosão hídrica, o assoreamento dos corpos d'água, má qualidade da água entre outros impactos ambientais adversos (MECHI; SANCHES, 2010).

2.2. Qualidade do solo e degradação ambiental

Segundo Marouelli (2003), o solo é de extrema importância para o ecossistema terrestre visto que propicia meio equilibrado para o desenvolvimento de plantas e suporte para animais e micro-organismos e por exercer regulação do fluxo de água e nutrientes para as plantas e para o ambiente. Além de atuar como filtro ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente. Nesse sentido, a qualidade do solo corresponde às condições para que este recurso funcione adequadamente e, seja ele natural ou manejado, dependente da interação de processos físicos, químicos e biológicos, que mantenha um fluxo constante e uma natureza heterogênea (TÓTOLA; CHAER, 2002). Entretanto, o uso e manejo inadequados desse recurso alteram o seu estado natural de equilíbrio prejudicando suas funções e promovendo a sua degradação física, química e biológica (GIESTEIRA, 2011).

Os fatores antrópicos como o uso inadequado do solo e práticas de manejo que não conservam a matéria orgânica (manejo convencional), práticas extrativistas e de mineração, uso indiscriminado de pesticidas e herbicidas e atividades poluidoras (disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes) são os grandes causadores da degradação do solo e, as consequências ambientais podem ser inúmeras como: perda da matéria orgânica, drástica redução da atividade biológica, desestruturação e compactação do solo e aceleração de processos erosivos (DIAS *et al.*, 2007).

2.3. Indicadores biológicos de qualidade do solo

Para verificação do grau de degradação de um solo são utilizados alguns indicadores ambientais, os quais podem ser definidos como uma ferramenta que

mede uma condição, um processo, uma reação ou um comportamento e que permite a aquisição de informações sobre um ecossistema, em resposta às atividades antrópicas nele executadas (MARZALL, 2000). Assim, o indicador constitui importante instrumento no controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental.

Segundo Stenberg (1999) e Araújo *et al.* (2007), nenhum indicador singularmente irá conseguir descrever e/ou quantificar todos os aspectos da qualidade do solo. Nem mesmo uma única função do solo tem essa capacidade, já que seus atributos relacionam-se entre si. Desse modo, um número mínimo deve ser selecionado. Os critérios para seleção de indicadores relacionam-se principalmente com sua utilidade em definir determinados processos do ecossistema e sua sensibilidade diante alguns fatores modificadores.

Os indicadores de qualidade do solo podem ser físicos, químicos e biológicos, dentre eles, os de natureza biológica deve ser prioridade em qualquer avaliação ou monitoramento, sobretudo aqueles envolvendo a participação de micro-organismos que, por sua elevada abundância, atividade metabólica e bioquímica são mais sensíveis em medir e avaliar os efeitos de distúrbios ambientais do que os físicos-químicos, permitindo antecipar as medidas de manejo nos ecossistemas (TOTOLA; CHAER, 2002; SCHLOLER *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009).

As principais atividades dos organismos no solo são a decomposição de matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia (incluindo a fixação de nitrogênio atmosférico), produção de compostos complexos que contribuem para agregação do solo, decomposição de xenobióticos e controle biológico de pragas e doenças, entre outras funções (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004).

2.3.1 Matéria orgânica do solo (MOS)

A matéria orgânica compreende os restos de vegetais e animais, serapilheira em diferentes estágios de decomposição e a biomassa microbiana (CHAVEZ, 2008).

É composta por todo o carbono orgânico presente no solo, sendo considerados três importantes reservatórios: a MOS transitória, formada, sobretudo, por resíduos de plantas e organismos do solo de fácil decomposição e materiais

orgânicos produzidos pela microbiota e raízes (ácidos de baixo peso molecular e polissacarídeos); a MOS humificada, formada por materiais recalcitrantes, os quais passaram por um processo intenso de transformação, como os ácidos húmicos e fúlvicos; além da microbiota do solo (ROSCOE, 2005).

Roscoe *et al.* (2006), assegura que a importância da MOS para diversos processos físicos, químicos e biológicos é amplamente reconhecida na literatura visto que desempenha diversas funções no ambiente, estando ligada a processos fundamentais como a ciclagem de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de ser fonte básica de energia para a atividade biológica.

Em solos tropicais a matéria orgânica tem importância extremamente relevante como fonte de nutrientes para as espécies vegetais, para a retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração, e serve como fonte de C e energia aos organismos heterotróficos. Trata-se, portanto, de um componente fundamental do potencial produtivo destes solos (RESENDE, 2011).

O teor de MOS é estimado indiretamente pelo teor de carbono orgânico total do solo que é multiplicado por um fator de conversão (fator de Van Bemmelen), igual a 1,724 (100/58), onde considera que a matéria orgânica representa 58% do carbono do solo. (EMBRAPA, 2011).

2.3.2 Substâncias húmicas (SH's)

A matéria orgânica do solo é formada por componentes vivos e não vivos, os microrganismos como elementos vivos são os responsáveis pela decomposição de resíduos vegetais e animais, formando o húmus (LEPSCH, 2002). Assim, pode-se entender por substâncias húmicas como resultado das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais, assim como da atividade dos microrganismos do solo (PRIMO *et al.*, 2011).

As SHs compõem aproximadamente de 70-80% da matéria orgânica do solo, e por serem estáveis diante das variações temporais e espaciais de curto prazo também traduzem as mudanças no solo, causadas pelas ações antrópicas, quando comparadas com indicadores biológicos e bioquímicos os quais são normalmente avaliados, a caracterização dessas SHs que são compostas pelas frações ácidos

fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, apresenta grande potencial na avaliação de alterações na qualidade do solo (BENITES *et al.*, 2010; PRIMO *et al.*, 2011).

A constituição dessas substâncias se dá basicamente de 30% de aminoácidos, 5 a 20 % de carboidratos, 40 a 60% de compostos aromáticos derivados da lignina e em torno de 2% de lipídios, resinas e outros componentes (MOREIRA, 2006).

As substâncias húmicas são um dos principais fatores que governam a dinâmica e disponibilidade dos nutrientes do solo. Além de influenciarem indiretamente o crescimento das plantas, aumentando ou reduzindo a disponibilidade de nutrientes e a agregação e retenção de água do solo, podem agir diretamente nas plantas, facilitando a absorção de nutrientes, aumentando a produção de ATP e clorofila e aumentando a atividade de várias enzimas (UNESP).

A determinação do teor de carbono nas frações é feito posteriormente ao fracionamento da matéria orgânica. O fracionamento químico da MOS consiste na extração de substâncias húmicas do solo e posterior obtenção de três principais componentes, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas, baseada em diferenças de solubilidade das substâncias húmicas em soluções ácidas ou alcalinas (EMBRAPA, 2003).

2.3.3 Carbono orgânico total (COT)

O carbono é um dos principais elementos para os seres vivos, pois, é o componente fundamental das moléculas orgânicas. É encontrado no solo na forma mineral e orgânica, sendo o carbono orgânico o principal componente da matéria orgânica do solo. Deste modo, possui relação direta com propriedades do solo como a agregação, aeração e retenção de água, além de sua importância como fonte de energia para organismos do solo e de nutrientes para as plantas, para a capacidade de troca de cátions, tamponamento do pH, e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Os níveis de carbono orgânico são regulados pelo balanço entre a entrada de material orgânico (resíduos vegetais e microbianos) e pela saída através da decomposição, erosão e lixiviação (CHAVEZ, 2008).

A quantificação do CO tem sido feita frequentemente tanto na forma de teores totais como na concentração encontrada nos diferentes compartimentos do solo (LEITE; MENDONÇA; MACHADO, 2004). Tal quantificação é possível devido à elevada capacidade que o solo tem, por meio do seu manejo, de reter ou transferir C para a atmosfera.

Para a determinação do COT é usualmente utilizado o método pela oxidação ácida (Walkley-Black), que envolve a conversão de todas as formas de CO para CO₂ por meio de combustão seca ou úmida onde o aquecimento é necessário para que ocorra a reação. E posteriormente é empregado técnicas gravimétricas, titulométricas, volumétricas, espectrométricas ou cromatográficas para quantificar o CO₂ extraído (YOMANS; BREMNER, 1998).

2.3.4 Estoque de carbono (EC)

O estoque de carbono é uma estimativa da massa total de carbono de um solo, considerando os teores de carbono, a profundidade (espessura) do solo e sua densidade (DINIZ, 2012). Onde a MOS constitui o maior reservatório de carbono (C) do solo. Campos (2006), afirma que o estoque de C no solo é consequência do balanço entre a saída de C pela emissão de CO₂, devido à atividade de microrganismos heterotróficos, e erosão e, a entrada de C, principalmente pela adição de compostos orgânicos sintetizados pela fotossíntese.

O estoque de carbono orgânico do solo pode ser deturpado com maior ou menor intensidade sendo um dos atributos mais sensíveis às transformações desencadeadas pelo manejo (STEINER *et al.*, 2012). A alteração de ecossistemas naturais com práticas de manejo inadequadas pode levar a um rápido declínio do estoque de carbono orgânico do solo, colaborando para o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) à atmosfera (FREIXO *et al.*, 2002).

A entrada de C no sistema, ou o sequestro de C no solo acontece quando o CO₂ é capturado pelas plantas no processo de fotossíntese que transforma esse gás, na presença de água e minerais, em biomassa vegetal. A decomposição de resíduos de plantas e animais no solo constitui um processo biológico, no qual o C é reciclado para a atmosfera como CO₂. Parte do C é incorporado ao tecido

microbiano e parte é convertida em húmus e parte do húmus nativo é mineralizado (SEGNINI, 2007).

Braga (2012) afirma que o carbono é de extrema importância para o solo, visto que melhora a estrutura física do solo pela melhor agregação, maior porosidade, melhor infiltração e armazenamento de água. Assim, as plantas têm a possibilidade de produzir sistemas radiculares abundantes, com raízes profundas, o que lhes confere a vantagem de buscar nutrientes e água, através das camadas mais profundas do solo. Com isto, as plantas resistem melhor aos veranicos e absorvem os nutrientes contidos nestas camadas.

2.3.5 Biomassa microbiana do solo (BMS)

A biomassa microbiana do solo é definida como parte viva da matéria orgânica, composta por todos os organismos menores que $5.10^{-3} \mu\text{m}^3$, tais como fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e outros componentes da microfauna (GAMA-RODRIGUES, 1999; MERCANTE *et al.*, 2008), e representa de 2 a 5% do carbono orgânico total.

O carbono da matéria orgânica viva subdivide-se em carbono presente nos micro-organismo (60-80%) consistido principalmente de fungos e bactérias e carbono presente nos macro-organismos (15-30%) constituído, por exemplo, por minhocas, ácaros e térmitas terrestres (MACHADO, 2005).

Os micro-organismos são um dos componentes que controlam funções-chave no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; AZAR *et al.*, 2013). O que os tornam um instrumento útil para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar variações causadas por cultivos ou por devastação de florestas, aferir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial; e avaliar os efeitos de poluentes como metais pesado e pesticidas (FRIGHETTO, 2000). E como a BMS relaciona-se com as propriedades físicas e químicas e é suscetível a atividades antropogênicas, ela pode ser considerada como indicador biológico satisfatório da qualidade do solo pois é capaz de detectar precocemente as alterações no solo decorrentes de seu uso e manejo (MATSUOKA *et al.*, 2003; GLAESER *et al.*, 2010).

A determinação da BMS é avaliada pelo total de massa microbiana viva no solo, estimado com base na concentração de carbono microbiano, obtida por meio de amostras incubadas por um tempo determinado, utilizada como indicativo da condição biológica do solo (JENKINSON; POWLSON, 1976). E se dá frequentemente pelos métodos de fumigação-incubação (JENKINSON; POWLSON, 1976), fumigação-extração (VANCE *et al.*, 1987) e irradiação-extração com uso de forno micro-ondas (ISLAM; WEIL, 1998).

Os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração têm o inconveniente de, além da necessidade de demandar tempo para a análise e são relativamente perigosos devido à utilização de clorofórmio (CHCl_3) no processo de fumigação. Nesse sentido, a substituição da fumigação pela irradiação das amostras de solo em forno micro-ondas tem sido defendida, pelo fato de ser mais rápido, exigir procedimentos simples e atóxico (FERREIRA *et al.*, 1999; WANG *et al.*, 2001).

2.3.6 Respiração basal do solo (RBS)

A respiração basal do solo (ou C prontamente mineralizável) pode ser definida como a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido, sendo as bactérias e os fungos os principais responsáveis pela maior liberação de CO_2 via degradação da matéria orgânica, possuindo ainda, uma estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas a umidade, temperatura e aeração (SILVA *et al.*, 2007).

A avaliação da RBS é umas das técnicas frequentemente empregadas para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo da matéria orgânica e coma biomassa microbiana. Há basicamente duas metodologias propostas para quantificar o conteúdo de CO_2 produzido: a primeira baseia-se na determinação do fluxo de CO_2 usando câmaras que são colocadas sobre o solo; a segunda é utilizada para avaliar a atividade microbiana sendo baseada na produção de CO_2 a partir de uma amostra de solo em laboratório (ARAÚJO, 2008).

A respiração é considerada um indicador sensível pois revela rapidamente alterações nas condições ambientais que porventura afetem a atividade microbiana (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

2.3.7 Quociente metabólico (qCO_2)

O quociente metabólico expressa a relação da respiração basal com o carbono proveniente da biomassa (metabolismo dos micro-organismos), e refere-se a quantidade de CO_2 incorporada por unidade de biomassa microbiana em um determinado tempo (DE-POLLI; GUERRA, 1997; DINIZ, 2012).

Esse quociente é utilizado para verificar, justamente, a eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono a própria biomassa. Valores mais elevados de qCO_2 indicam um maior consumo de carbono prontamente mineralizável, elevando as perdas de CO_2 (TÓTOLA; CHAER, 2002). Sendo que um ecossistema em equilíbrio perde menos carbono na forma de CO_2 pela respiração, e imobiliza carbono nos tecidos microbianos, aumentando sua massa (AQUINO *et al.*, 2005). Com isso assume comportamento inversamente proporcional à qualidade do solo (ISLAM; WEIL, 2000). Podendo ser utilizado como indicador de estresse, perturbação e estabilidade de um ecossistema (DE-POLLI; GUERRA, 1997; SILVA *et al.*, 2007; SOUSA, 2014).

No entanto, deve haver cautela quanto a sua interpretação uma vez que qCO_2 elevados podem também indicar que as comunidades microbianas apresentam estágios iniciais de desenvolvimento, bem como um indicativo de estresse metabólico.

2.3.8 Quociente microbiano ($qMic$)

O quociente microbiano é relação entre a biomassa microbiana do solo e o carbono orgânico total, e expressa a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (SILVA, 2001), mede a eficiência dos micro-organismos em utilizar o carbono orgânico do solo (FRANCHINI *et al.*, 2007), fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica (FIALHO *et al.*, 2006); além de ser indicadora sensível das perturbações que ocorrem no solo (BARETTA *et al.*, 2005).

Em situações de desequilíbrio ambiental ou em situação em que a biomassa experimenta algum fator de estresse (manejo inadequado, MO de má qualidade, deficiência de nutrientes, acidez, déficit hídrico, etc.) a capacidade de utilização de C é diminuída e o $qMic$ tende a diminuir. Por outro lado, em ecossistemas estáveis, onde predominam condições favoráveis, há uma tendência de aumento da atividade

microbiana e, por consequência, o q_{Mic} tende a crescer até atingir um equilíbrio (POWLSON *et al.*, 1987; DINIZ, 2012). Desse modo em ambientes preservados, em estado de equilíbrio, o valor desta relação pode ser usado como padrão para avaliar quanto um solo se encontra degradado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo se desenvolveu em uma Área de Preservação Permanente - APP de mata ciliar à margem direita do Rio Bento Gomes, dentro do campus do IFMT NAPAN (Núcleo avançado de estudos do Pantanal), com área total de 240.243 m².

É uma área de reserva de mata ciliar em recuperação, onde antes era utilizada para a extração de areia dos barrancos do rio. A área em processo de recuperação recebeu sedimentos arenosos oriundos do processo de extração de areia no passado, e atualmente se encontra em pousio e em processo natural de regeneração dominada por uma vegetação herbácea, predominantemente gramínea, e espécies arbustivas diversas (Figura 2).



Figura 2: a) e b) Área de estudo (margem direita do Rio Bento Gomes) no IFMT NAPAN, campus Poconé.

O Campus do IFMT de Poconé está situado na unidade geomorfológica conhecida como Pantanal de Poconé, constituída por sedimentos arenosos inconsolidados e parcialmente consolidados, com alguma contribuição argilosa da Formação Pantanal, e também por sedimentos aluviais holocênicos.

A sub-região do Pantanal Norte Matogrossense é caracterizada pelo clima Aw - tropical úmido, segundo classificação de Koppen, e precipitação média anual de 1.200 mm, com temperatura média de 22 a 32 °C, e 100 a 150 metros de altitude (HASENACK *et al.*, 2003; CORINGA *et al.*, 2012).

A cobertura vegetal predominante é o Cerrado com presença de Campo Cerrado, Cerradão e Campo Sujo. As matas ciliares fazem um contraste com a vegetação que predomina na área de estudo, tendo o caráter linear, e acompanhando sempre o vale do rio Bento Gomes em sua margem direita.

3.2. Coleta e amostragem

A amostragem de solos foi realizada no mês de agosto de 2013 em 6 pontos ao acaso (P1, P2, P3, P4, P5 e P6), ao longo da margem do Rio Bento Gomes (Figura 3) onde P1 e P2 são a área testemunha e P3, P4, P5 e P6 são pontos da antiga área de extração de areia.



Figura 3: Mapa do delineamento amostral (Fonte: Google Earth, 2015; Site Roteiros do Brasil).

Por se tratar de uma mesma área, a fitofisionomia dos pontos apresentam similaridades entre si. Todos possuem formação vegetal de mata ciliar em contraste às formações savânicas e campestres do Cerrado podendo destacar em cada ponto as seguintes características (Anexo 1): Ponto 1, coordenada 16°19'39.15" S 56°32'21.99" O e altitude de 93 m, solo de cor acinzentada e amarelada com material vegetal recém depositado (serrapilheira), e uma vegetação herbácea e algumas árvores de médio porte. Esse ponto foi usado como testemunha da condição original da área de estudo; Ponto 2, coordenada 16°19'47.34" S 56°32'26.21" O e altitude de 123 m, solo de cor acinzentada e escura devido ao material vegetal mais decomposto, vegetação herbácea e algumas árvores de médio porte. Esse ponto também foi utilizado como testemunha da condição original da área de estudo;

Ponto 3, coordenada 16°19'39.15" S 56°32'21.99" O e altitude de 118 m, solo de coloração escura contendo serrapilheira, e uma vegetação herbácea e gramíneas; Ponto 4, coordenada 16°19'42.70" S 56°32'15.49" O e altitude de 120 m, solo de cor acinzentada e amarelada contendo serrapilheira, vegetação herbácea com predomínio de gramíneas e algumas árvores de médio porte. Esse ponto provavelmente era onde depositavam a areia extraída dos barrancos do rio Bento Gomes; Ponto 5, coordenada 16°19'39.15" S 56°32'21.99" O e altitude de 119 m, solo de coloração escura em função a matéria orgânica mais decomposta contendo serrapilheira, e uma vegetação herbácea e algumas árvores de porte médio. Ponto 6, coordenada 16°19'39.56" S 56°32'19.04" O e altitude de 121 m, solo amarelado com pouca serrapilheira, e uma vegetação predominantemente de gramínea e alguns arbustos.

Em cada ponto, foram coletadas amostras deformadas compostas formadas pela integração de três sub amostras, nas profundidades de 0-15 cm (horizonte A). As coletas foram feitas com uso do trado holandês (Figura 4).



Figura 4: Trado Holandês utilizado para a coleta de amostras deformadas dos solos do Pantanal de Poconé.

As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos de 100 cm³, por meio de um amostrador de anéis (Figura 5), e serviram para a determinação dos parâmetros físicos de qualidade do solo (densidade e porosidade total).



Figura 5: Amostrador de anéis utilizado para a coleta de amostras indeformadas dos solos do Pantanal de Poconé.

Todas as amostras deformadas e indeformadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Solos do campus Cuiabá Bela Vista do IFMT – Instituto Federal de Mato Grosso, onde procederam as análises dos

atributos físicos, químicos e biológicos dos solos. As amostras para a determinação dos parâmetros biológicos foram imediatamente armazenadas em caixas térmicas até serem encaminhadas para o laboratório e em seguida mantidas resfriadas a 4°C em geladeira.

3.3. Análises laboratoriais

3.3.1. Caracterização físico-química dos solos

Com as amostras indeformadas foram determinados os parâmetros físicos: densidade global pelo método do anel volumétrico e porosidade total do solo.

Já a textura do solo foi determinada pelo método da pipeta, utilizando-se amostras deformadas. Todas as análises seguiram a metodologia oficial de análises de solo, da Embrapa (1997).

Dos indicadores químicos foram determinados: o pH em água e em KCl 0,1M na relação 1:2,5; o teor de P disponível extraído pelo método Mehlich-1 e analisado por espectrofotômetro; os teores de Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 M e dosados por titulometria de complexação; o teor de H + Al (acidez potencial) extraídos pelo acetato de cálcio 0,5 M pH 7 e dosados por titulometria. Com os resultados das análises, foram calculadas a CTC a pH 7 ou total (1) e a CTC efetiva (2) do solo, a saturação por bases (V%) (3) e a saturação por alumínio (m%) (4), conforme fórmulas abaixo descritas:

$$CTC (T) = SB + H + Al \quad (1)$$

Onde:

CTC (T) = Capacidade de troca catiônica total

SB = Soma de bases

H + Al = Acidez potencial

$$CTC (t) = SB + Al \quad (2)$$

Onde:

CTC (t) = Capacidade de troca catiônica efetiva

SB = Soma de bases

Al = Acidez trocável

$$V\% = (SB \cdot 100) / CTC (T) \quad (3)$$

Onde:

V% = Saturação por bases

CTC (T) = Capacidade de troca catiônica total

SB = Soma de bases

$$m\% = (Al \cdot 100) / SB + Al \quad (4)$$

Onde:

m% = Saturação por alumínio

SB = Soma de bases

Al = Acidez trocável

Todas as análises seguiram a metodologia oficial de análises de solo da Embrapa (1997) e do Instituto Agronômico de Campinas (2009).

3.3.2. Determinação dos indicadores biológicos do solo

Dos indicadores biológicos investigados estão: o teor de matéria orgânica do solo que foi determinado via indireta através do teor de carbono orgânico total (COT) multiplicado pelo fator de “Van Bemmelen” (EMBRAPA, 2011):

$$MOS = COT \cdot 1,724 \quad (5)$$

Onde:

MOS = matéria orgânica do solo em %

COT = carbono orgânico total em %

1,724 = Fator de conversão (Bemmelen)

Sendo o COT obtido por oxidação via úmida com dicromato ácido de potássio (Figura 6), de acordo com a metodologia de Yomans e Bremner (1988).

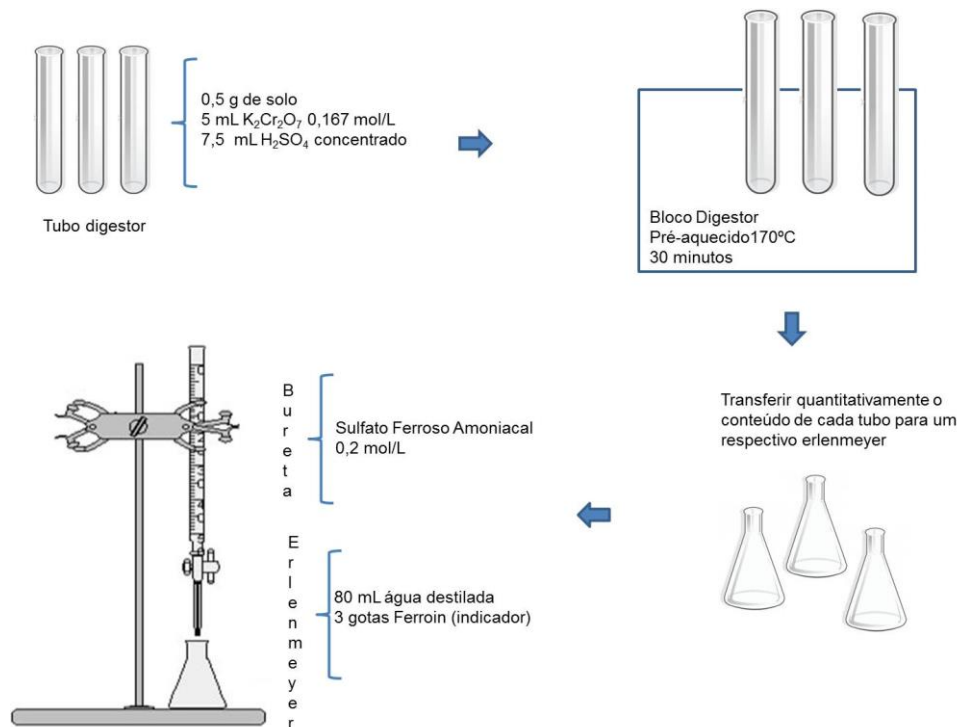


Figura 6: Quantificação do carbono orgânico total do solo (COT) pelo método de Yomans e Bremner (1998). **Fonte:** Autor.

O estoque de carbono no solo foi determinado pela seguinte fórmula:

$$EC = COT \cdot Ds \cdot E/10 \quad (6)$$

Onde:

EC = estoque de carbono em $kg\ m^{-2}$

COT= carbono orgânico total em %

Ds = densidade do solo $g\ cm^{-3}$

E = espessura do horizonte em cm

O fracionamento das substâncias húmicas foi realizado pelo método simplificado da Embrapa (2003), baseado na solubilidade em meio básico e ácido das frações (Figura 7), alterando-se uma das etapas da extração de filtração por centrifugação, extraíndo-se assim, as frações ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e

humina. A determinação de C nessas frações foi determinada posteriormente pelo método Walkley-Black.

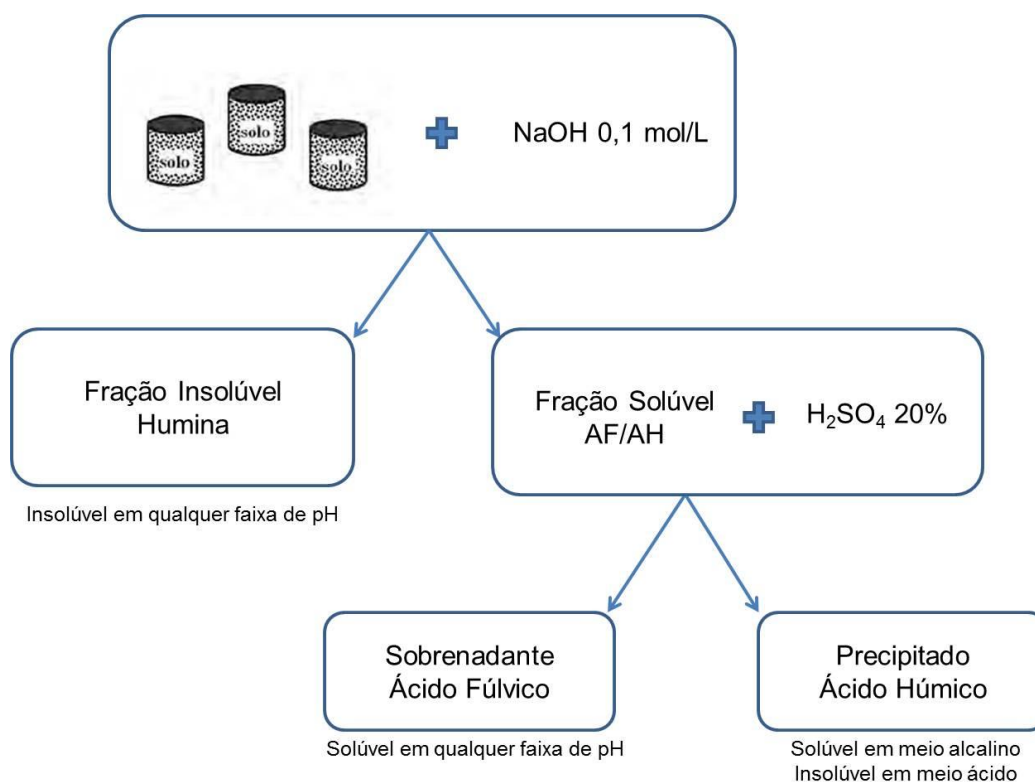


Figura 7: Esquema simplificado do fracionamento químico e extração das substâncias húmicas (SH's) pelo método da Embrapa (2003).

A avaliação da biomassa microbiana do solo foi efetuada pela determinação do teor de carbono contido na biomassa microbiana (C-biom), extraído pelo método da irradiação/extração, utilizando-se de um forno micro-ondas, conforme método descrito por Islam e Weil (1998) e adaptado por Mendonça e Matos (2005). O extrator utilizado foi K₂SO₄ 0,5 mol/L e o C contido nos extratos foram quantificados por meio de oxidação via úmida (YEOMANS; BREMNER, 1998) sem aquecimento externo (Figura 8). O fator de conversão (Kc) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana foi de 0,33 (SPARLING; WEST, 1988), conforme equação 7.

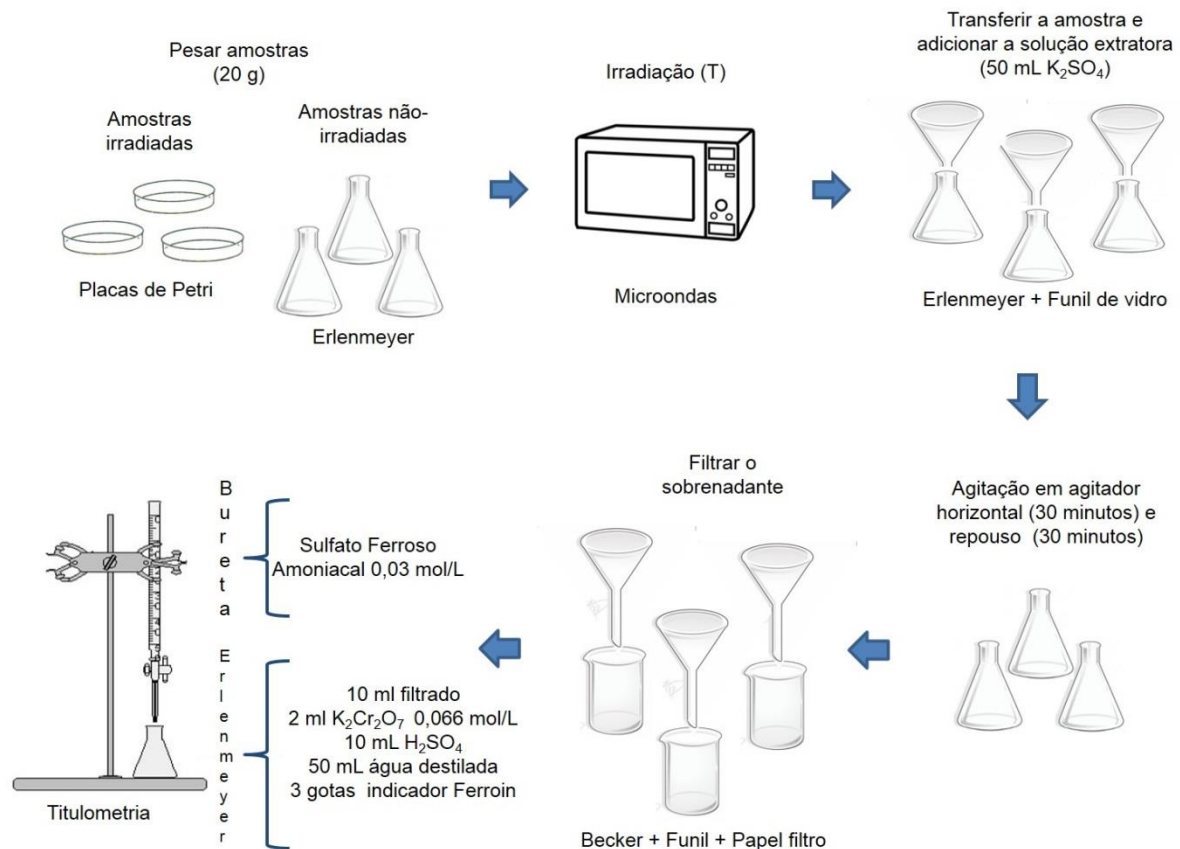


Figura 8: Quantificação do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) pelo método irradiação-extração (ISLAM; WEIL, 1998 adaptado por MENDOÇA; MATOS, 2006).

$$C - BMS = (I - NI)/Kc \quad (7)$$

Onde:

C-BMS = carbono da biomassa microbiana do solo

I = carbono das amostras irradiadas

NI = carbono das amostras não irradiadas

Kc = fator de conversão do C para C da biomassa (0,33)

A respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pela captura do C-CO₂ evoluído de uma amostra de 50g de solo de seco incubado à temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 89,5 horas, em solução de NaOH 1M, e sua dosagem por titulação de neutralização, com HCl 0,25 mol/L (JENKINSON; POWLSON, 1976 adaptado por SILVA *et al.*, 2007), conforme Figura 9.

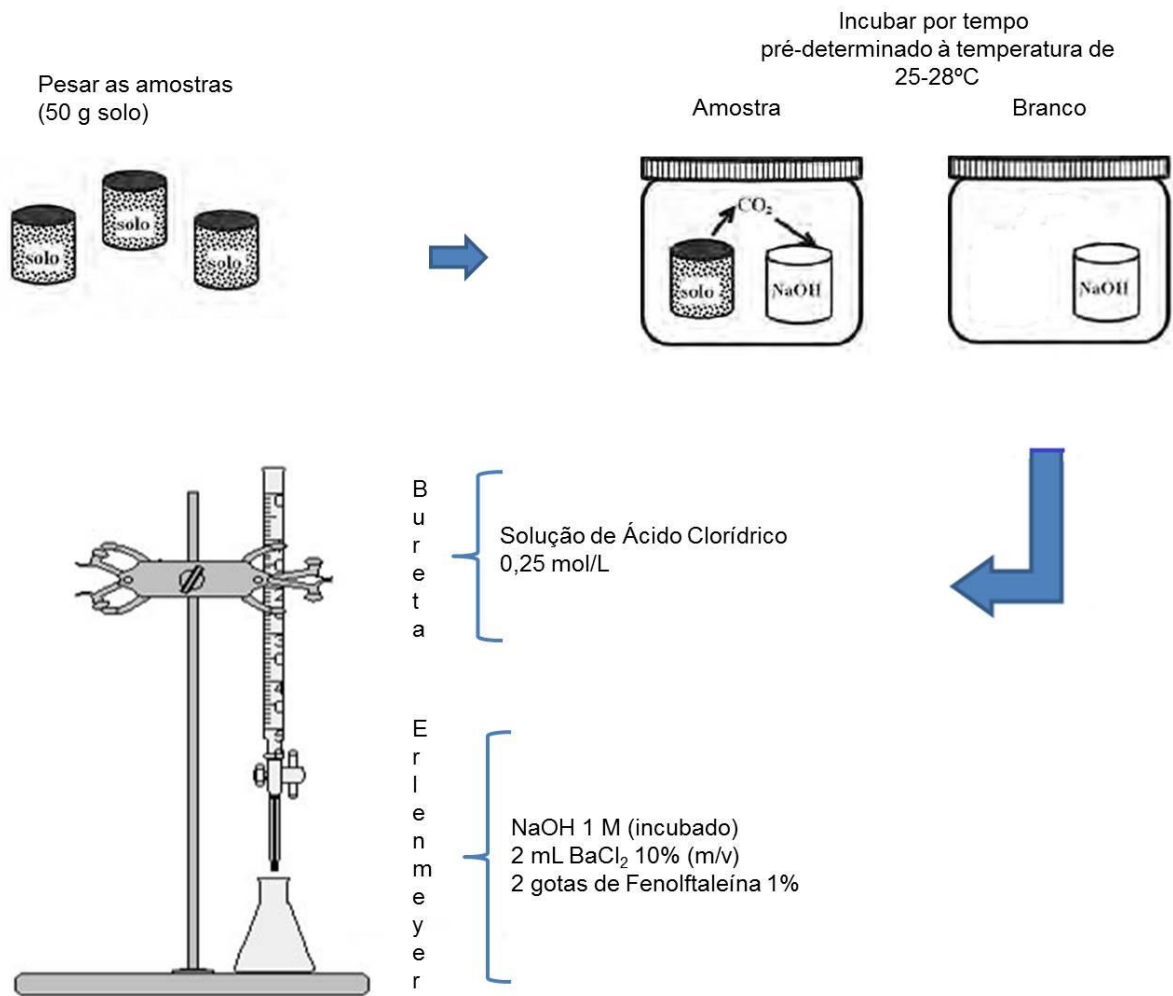


Figura 9: Quantificação da respiração basal do solo (C-BMS) pelo método Jenkinson; Powelson (1976) adaptado por Silva *et al.* (2007).

A determinação do teor de RBS se deu pela seguinte fórmula:

$$\text{RBS} = ((V_b - V_a) \cdot M \cdot 6000) / P_s / T \quad (8)$$

Onde:

RMS = respiração basal do solo em mg C g⁻¹h⁻¹

V_b (mL) = volume de HCl gasto na titulação da solução controle (branco)

V_a (mL) = volume de HCl gasto na titulação da amostra

M = molaridade exata do HCl (ácido clorídrico)

P_s (g) = massa do solo seco

T = tempo de incubação da amostra em horas

O quociente metabólico, que representa a quantidade de CO₂ liberado por unidade de biomassa microbiana, foi obtido pela razão da respiração basal do solo pelo carbono da biomassa microbiana do solo (SILVA *et al.*, 2007) conforme equação a seguir:

$$qCO_2 = RBS / (BMS \cdot 10^{-3}) \quad (9)$$

Onde:

qCO_2 = quociente metabólico em mg C kg solo⁻¹

RMS = respiração basal do solo em mg C g⁻¹h⁻¹

BMS = biomassa microbiana do solo em mg C kg solo⁻¹

E o quociente microbiano foi determinado pela relação entre o carbono orgânico da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo (SPARLING, 1992) e expressa a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana.

$$qMic = (BMS / COT) \cdot 10 \quad (10)$$

Onde:

$qMic$ = quociente microbiano em %

BMS = biomassa microbiana do solo em mg C⁻¹ kg solo

COT = carbono orgânico total em g kg⁻¹

3.4. 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. A matriz de correlação entre as variáveis foi construída (Anexo 2). Todos os atributos dos solos foram determinados em triplicatas, de cada ponto amostral.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química dos solos

Os resultados das análises de caracterização física dos solos estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Indicadores de qualidade física dos solos em estudo.

Indicadores físicos	Solos amostrados					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Areia (%)	79,42	52,02	38,45	98,35	28,71	71,64
Argila (%)	3,68	10,92	14,64	0,88	9,76	6,16
Silte (%)	16,90	37,06	46,91	0,77	61,53	22,20
Densidade global (Ds, g.cm ⁻³)	1,23	0,43	0,95	1,28	0,84	1,04
Porosidade total (Pt, %)	63,05	78,15	62,20	55,25	66,55	63,57

A análise textural demonstrou que os solos (P1, P2, P3, P4, P5, P6) se enquadram, respectivamente, nas classes texturais: areia franca, franco arenosa, franca, arenosa, franco siltoso a e franco arenosa (EMBRAPA, 2006). Essa textura é derivada dos sedimentos arenosos trazidos pelo rio durante as cheias no Pantanal, e nos pontos P4 e P6 devido à deposição de areia extraída dos barrancos do rio Bento Gomes, pelo processo de mineração ocorrido antigamente no local.

A densidade do solo (Tabela 1) em todas as amostras apresenta valores abaixo do limite crítico para compactação em solos de textura média a arenosa (1,65 g cm⁻³) segundo Reinert, *et al.* (2006). Solos compactados apresentam aumento da densidade do solo e da resistência à penetração do solo, redução da porosidade além de afetar diversos de seus atributos como a condutividade hidráulica, permeabilidade, infiltração de água e outras características ligadas à porosidade do solo. Essas alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou a concentração de água, oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e temperatura, que podem limitar o crescimento e desenvolvimento das plantas e causar problemas ambientais (REINERT *et al.*, 2006), o que significa que esses solos não demonstram impedimento para a infiltração e armazenamento de água, e para o crescimento radicular das plantas, com ótima porosidade total o que estabelece um equilíbrio de água e ar no solo.

Os resultados das análises de caracterização química dos solos estão listados na Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores de qualidade química dos solos em estudo.

Indicadores químicos	Solos amostrados					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
pH em água	4,76	4,73	4,45	5,14	4,30	4,94
pH em KCl	4,28	4,11	3,82	4,17	3,90	3,92
H+Al (cmol.kg ⁻¹)	1,73	7,01	6,60	0,33	7,43	3,30
Ca+Mg (cmol.kg ⁻¹)	2,35	7,35	5,85	1,15	4,15	2,45
Al ³⁺ (cmol.kg ⁻¹)	0,69	0,83	2,99	0,29	4,02	1,72
P disponível (mg.kg ⁻¹)	5,82	5,73	8,24	41,51	11,79	31,26
Soma de bases (cmol.kg ⁻¹)	2,35	7,35	5,85	1,15	4,15	2,45
CTC a pH 7,0 (cmol.kg ⁻¹)	4,08	14,36	12,45	1,48	11,58	5,75
CTC efetiva (cmol.kg ⁻¹)	3,04	8,18	8,84	1,44	8,17	4,17
Saturação por bases (V) %	57,60	51,20	47,00	77,70	35,90	42,60
Saturação por Al (m) %	22,60	10,20	33,80	20,40	49,20	41,20

Os solos demonstraram reação ácida ao pH do solo, característico do bioma Cerrado, com predomínio de Al³⁺ nos sítios de troca, especialmente nos pontos P3, P5 e P6 (área em recuperação) o que justifica os menores teores de saturação por bases encontrados nestes pontos e os altos teores de saturação por alumínio (m%), chegando a ser tóxicos nos pontos P5 e P6. Somente o P4 apresentou acidez mediana em função dos menores teores de matéria orgânica, acidez potencial (H+Al) e alumínio trocável.

No solo P2, considerado como referência, assim como no P3 e P5 (solos da área em regeneração) a acidez é devido ao alto teor de matéria orgânica encontrados nestes pontos onde na decomposição dos resíduos orgânicos pela ação das bactérias, ocorre liberação de NH₃ (amônia) que se converte em nitrato liberando H⁺, responsável pela acidez do solo nesses pontos. Essa relação entre a MO e a acidez é apresentada pela análise de correlação (Anexo 2) com coeficiente de 0,77.

O teor de nutrientes básicos (Ca + Mg) encontrados nos solos (Tabela 2) apresenta-se médio a alto corroborando os altos níveis de saturação por bases (V%)

nos pontos P1 e P2 (área testemunha) caracterizando esses solos como eutróficos. Em contrapartida a análise de correlação (Anexo 2) demonstrou que a fertilidade desses solos está associada à biomassa ($r = 0,44$), isso porque são os micro-organismos os responsáveis pela ciclagem de nutrientes, e ao fósforo (P) disponível ($r = 0,51$) que significa que quanto maior for o teor de P mais fértil será esse solo.

Apesar dos pontos P2, P3 e P5 (Tabela 2) apresentarem teores de acidez potencial limitantes para o crescimento das raízes das plantas, obtiveram bons níveis de cátions básicos, devido aos maiores teores de matéria orgânica encontrados nesses pontos. Isso porque a decomposição da MO, tanto pode liberar substâncias ácidas como aumentar níveis de nutrientes no solo favorecendo a fertilidade do mesmo, dependendo de sua quantidade. Isso pode ser confirmado pela correlação entre a MO e as bases trocáveis ($r = 0,94$) e a acidez potencial ($r = 0,77$).

Esses mesmos solos apresentaram boa capacidade de troca de cátions (CTC) também devido aos maiores teores de argila e de matéria orgânica neles encontrados, apresentando coeficiente de 0,93 da CTC com a argila e 0,87 da CTC com a MO, que pela propriedade coloidal (carga negativa) que ambas possuem conseguem reter uma quantidade desejável cátions.

Os teores de fósforo disponível da área de estudo foram maiores nos solos P4 e P6, podendo atribuir esses valores a ação das micorrizas (associação mutualística de fungos e raízes) que, embora não tenha sido avaliada neste estudo, estão presentes em quase 95% das plantas. Nessa associação a planta libera C para o fungo e esse absorve água e nutrientes em especial o fósforo para as plantas (REICHERT, 2009). O que pode ser justificado pela vegetação arbustiva e das gramíneas presentes nesses solos que possuem raízes fartas

O fósforo disponível desses solos, conforme anexo 2, foi influenciado pela fração mais grossa do solo (areia) ($r=0,66$), justificando os altos teores encontrados desse macronutriente principalmente no P4 e no P6, onde o teor de areia no P4 foi igual a 98,35% e no P6 igual a 71,64%. O P também mostrou correlação com a fertilidade do solo (V% - saturação por bases) ($r=0,51$), onde solos mais férteis irão apresentar maiores teores de fósforo disponível.

A correlação de Pearson demonstrou também a relação entre o teor de P desses solos com o C da biomassa microbiana ($r=0,46$), isso por que durante a decomposição os micro-organismos incorporam temporariamente parte desse

nutriente em seu tecido celular (imobilização) que posteriormente é lentamente liberado através da mineralização.

O fósforo como componente vital da célula, exerce inúmeras funções na planta: estimula o crescimento e a formação do sistema radicular no início do desenvolvimento da planta; é responsável pelo arranque das plantas; pela maturidade; e ajuda na formação das sementes. E dentro da célula existem funções bem específicas como a influência na utilização dos açúcares e amido contribuindo com armazenamento de energia, além de exercer influência no processo de fotossíntese e acelerar a atividade das enzimas importantes no processo de respiração (BRAGA, 2010).

4.2. Carbono orgânico e substâncias húmicas

O teor de carbono orgânico total foi determinado nas amostras de solos e nas frações húmicas da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos e humina), obtidas após o fracionamento químico (Tabela 3).

Tabela 3: Teor de carbono orgânico total nos solos e nas frações húmicas.

Indicadores	Solos amostrados					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
COT (%)	0,89	4,71	2,15	0,24	1,91	1,02
C-AF (mg g ⁻¹)	0,07	0,52	0,36	0,27	0,61	0,45
C-AH (mg g ⁻¹)	0,64	1,11	1,09	0,36	1,08	0,76
C-HU (mg g ⁻¹)	1,10	2,75	2,30	0,03	1,53	0,87
MOS (%)	1,53	8,12	3,71	0,42	3,30	1,75
EC (Mg C ha ⁻¹)	16,40	30,40	30,70	4,70	24,10	15,90

COT: carbono orgânico total; C-AH: C na fração ácido húmico; C-AF: C na fração ácido fúlvico; C-HU: C na fração humina; MOS: matéria orgânica do solo; EC: estoque de carbono.

O teor de carbono orgânico total nos solos (Figura 10) é considerado médio na maioria dos solos em estudo, e os pontos P2 (área testemunha) e P3 (área em recuperação) apresentaram os maiores valores em consequência do maior aporte de substrato proveniente da vegetação do entorno; no solo P2 a contribuição via rizodeposição também é evidenciada.

Os teores de COT demonstraram correlação significativa com os teores de argila ($r = 0,69$) e silte ($r = 0,54$), solos com maiores teores de argila tendem a apresentarem maiores teores de carbono isso porque as frações mais finas oferecem proteção física a MOS (FALLER; BEARE, 1997; BAYER *et al.*, 2002).

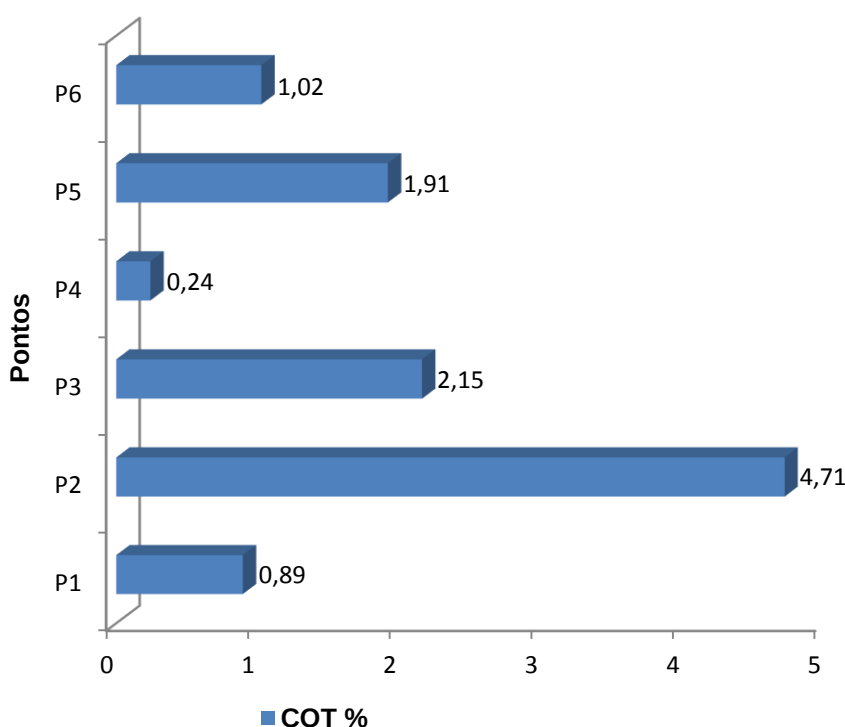


Figura 10: Carbono orgânico total (COT) dos solos do Pantanal de Poconé.

Na área testemunha (solo P2), o teor de matéria orgânica é superior aos teores encontrados na literatura para área de Cerrado nativo sem histórico de perturbação antrópica, citados por Leite *et al.* (2010) no município de Baixa Grande do Ribeiro (região sudoeste do Piauí) e D'Andrea *et al.* (2002) no município de Morrinho (sul de Goiás), que apresentaram teores de carbono orgânico total iguais a 2,26% e 1,8%, respectivamente.

No fracionamento das substâncias húmicas da matéria orgânica, a fração humina (C-HU) teve maior participação na composição do carbono orgânico total do solo em relação às frações ácido húmico e ácido fúlvico, com destaque aos solos do P2 e P3 (Tabela 3) que indicaram os maiores valores. Estudos em solos tropicais também identificaram esse predomínio (ASSIS *et al.*, 2006; ROSSI *et al.*, 2011). Isso ocorre em função da maior estabilidade química dessa fração, que dificulta a degradação microbiana, por ser constituída por ácidos húmicos fortemente ligados à

fração mineral do solo (STEVENSON, 1994), evidenciando processo de humificação mais intenso.

Quanto ao estoque de carbono (Tabela 3), os solos sob recuperação natural mostraram eficiência em manter o carbono no solo, apresentando valores considerados médios para os solos tropicais. O que aponta um balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (MOREIRA; SIQUEIRA; 2006).

O COT apresentou maior contribuição ao EC com coeficiente de 0,82 (Anexo 2), isso denota uma boa entrada de C através do maior aporte de MOS nos solos em estudo. Outro atributo bem relacionado foi a respiração basal, devido a menor perda de C-CO₂ para o ambiente, com coeficiente de 0,69, assim como a densidade do solo ($r=-0,80$), indicando que quanto menor a densidade maior será o teor de EC, e vice-versa.

Somente o P4 apresentou o menor teor de estoque de C no solo (4,70 Mg C há⁻¹), isso porque esse índice tem estreita relação com a textura do solo. As perdas de C em solos arenosos são proporcionalmente mais rápidas do que em solos argilosos (BUSO; KLIEMANN, 2003).

4.3. Indicadores biológicos de qualidade do solo

Os indicadores biológicos dos solos da área testemunha e em recuperação foram obtidos a partir dos resultados de carbono orgânico total e biomassa microbiana dos solos (Tabela 4).

Tabela 4: Indicadores biológicos de qualidade dos solos em estudo.

Indicadores	Solos amostrados					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
C-BMS (mg C kg ⁻¹ solo)	22,50	7,50	180,00	165,00	30,00	60,00
RBS (mg C kg ⁻¹ solo)	39,0	48,00	45,00	36,00	39,00	27,00
qCO ₂ (mg C g ⁻¹ h ⁻¹)	19,37	71,51	2,79	2,44	14,53	5,03
qMic (%)	23,34	1,59	83,57	679,01	15,67	59,00

C-BMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico; qMic: quociente microbiano.

Os solos P3 e P4 apresentaram os valores de carbono da biomassa com 180 e 165 mg C⁻¹ kg solo, respectivamente, diferenciando expressivamente dos outros pontos que inclui a área testemunha (P1 e P2) (Figura 11). Isso devido a maior quantidade de espécies vegetais herbáceas e, principalmente, gramíneas nesses pontos que por apresentarem sistemas radiculares mais abundantes propicia maior liberação de exsudatos (carboidratos, ácidos orgânicos e os aminoácidos) com posterior aumento da população de micro-organismo na rizosfera (LEITE *et al.*, 2013).

O mesmo aconteceu em um estudo feito por Carneiro *et al.* (2008) que encontrou teores de C-BMS 50% maiores em uma área de pastagem em relação ao Cerrado nativo numa região do município de Costa Rica - MS, que também está associada ao sistema radicular fasciculado das gramíneas em pastagem que se concentra na camada superficial do solo, corroborando os dados encontrados neste estudo.

Contudo, esses valores são menores comparando-se com estudos em área sob vegetação nativa de Cerrado sem histórico de perturbação antrópica. Em uma região do sudoeste do estado do Piauí Leite *et al.* (2010) encontrou 309 mg kg⁻¹ e numa região central do Maranhão Leite *et al.* (2013) encontrou 422 mg kg⁻¹. Isso acontece quando se utiliza o Cerrado como referência de um estado de equilíbrio como preconizado por alguns autores (PEREZ *et al.*, 2004; CARNEIRO *et al.*, 2009).

Porém, Cunha *et al.* (2012) dizem que o maior valor de C-BMS em vegetação nativa de Cerrado reflete uma situação singular para a microbiota do solo nesse sistema, que é estimulada pelo fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, originados da vegetação.

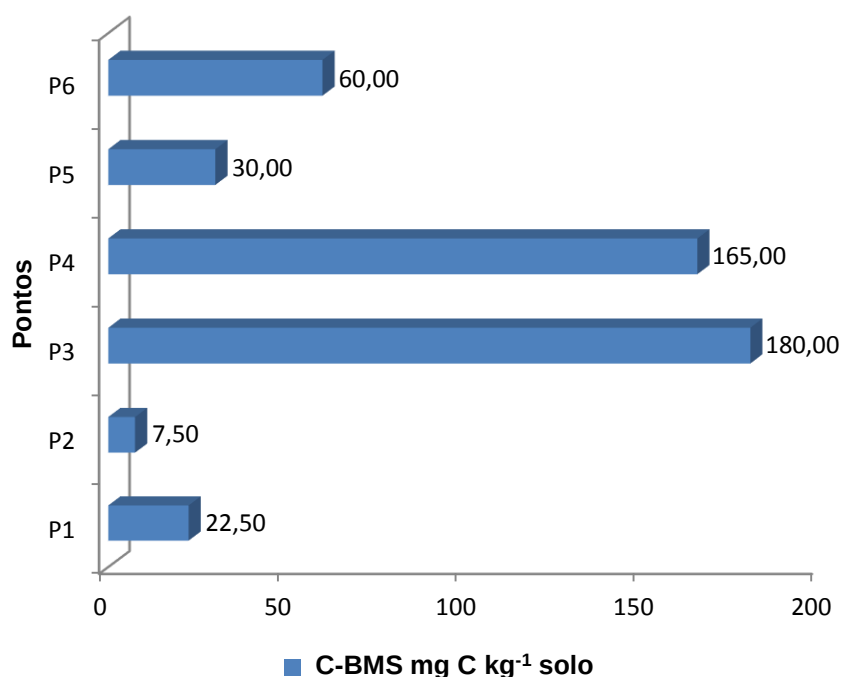


Figura 11: Carbono da biomassa microbiana (C-BMS) dos solos do Pantanal de Poconé.

Neste estudo, os maiores teores de q_{Mic} foram encontrados nos solos sob regeneração natural (solos P3 e P4) (Figura 12), onde houve maior incorporação de C nos tecidos microbianos reflexo da opulência de raízes das camadas superficiais dos solos já explanadas anteriormente, demonstrando, assim, a eficiência desses solos em converter o C orgânico em C da biomassa. Essa eficiência é comprovada pela correlação (Anexo 2) positiva (0,65) entre o C-BMS e o q_{Mic} .

Esse indicador fornece também indicações sobre a dinâmica da MO, sendo que um maior valor de q_{Mic} representa maior ciclagem de nutrientes por haver maior quantidade de micro-organismos em termos de C, comparando-o ao COT (PRAGANA *et al.*, 2012).

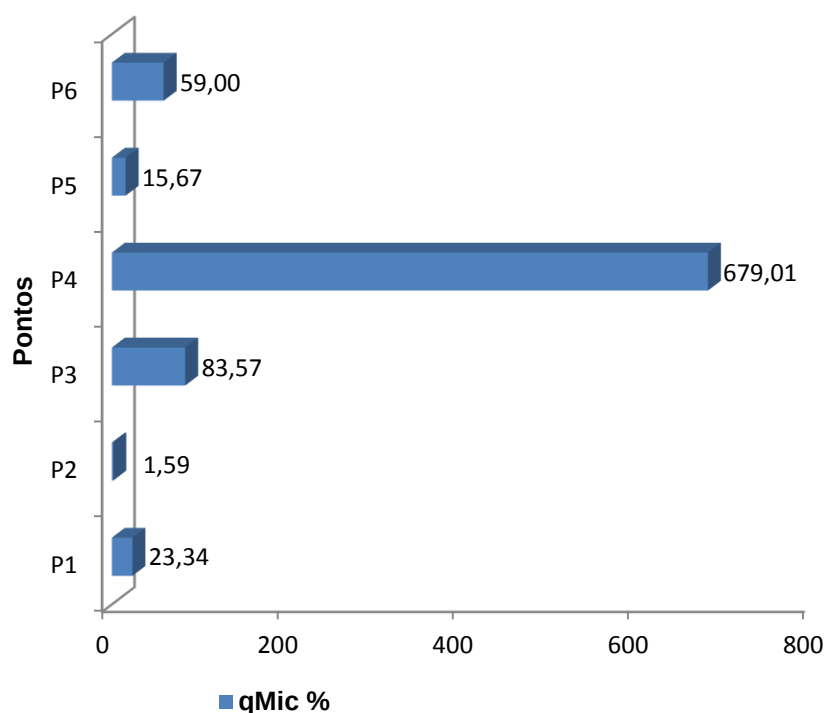


Figura 12: Índice de quociente microbiano (qMic) dos solos do Pantanal de Poconé.

A respiração basal do solo que reflete a degradação dos resíduos orgânicos depositados no solo não apresentou diferença significativa entre os pontos, mas as maiores taxas foram encontradas nos solos P2 e P3 (Figura 13), e pode ser indicativo de maior atividade dos micro-organismos para degradar o COT, que apresentou os maiores teores nos respectivos pontos.

Entretanto, esses teores não influenciaram na atividade metabólica do solo. Algo semelhante foi encontrado em um estudo feito por Caetano *et al.* (2013) no município de Jataí - GO, onde a RBS também não indicou diferença entre sistemas estudados (pastagem, plantio direto com intervenção e plantio direto contínuo) em comparação a uma vegetação nativa típica do Cerrado *stricto sensu*, e não influenciou nos teores de qCO_2 . No entanto, alguns autores mencionam uma tendência de maior atividade respiratória da biomassa em sistemas com menor intensidade de manejo do solo (HUNGRIA *et al.*, 2009; MERILES *et al.*, 2009; FRAZÃO *et al.*, 2010). Esse indicador sozinho não seria capaz de avaliar a qualidade ou a recuperação desses solos.

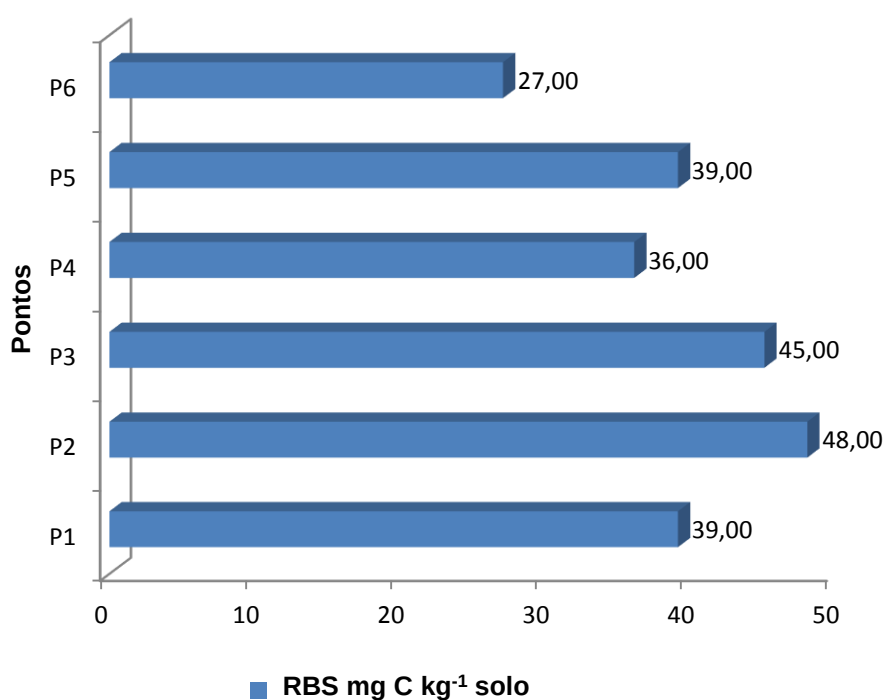


Figura 13: Índice de respiração basal (RBS) dos solos do Pantanal de Poconé.

Em relação ao quociente metabólico (qCO_2) o solo P2 (área testemunha) apresentou o teor mais elevado que o diferenciou expressivamente dos outros pontos (Figura 14). Esse valor provavelmente é devido à maior mineralização da matéria orgânica, onde é necessária mais energia para metabolizar o substrato orgânico, o que se justifica pela maior concentração de C na fração humina (C-HU, Tabela 3) nesse solo, que possui componentes recalcitrantes. Esse fato também pode explicar os teores mais altos, porém menos expressivos, de qCO_2 nos pontos P1 e P5.

Já nos solos P3, P4 e P6 (antiga área de extração) onde a atividade metabólica é menor indica que a biomassa microbiana está sendo eficiente, já que denota menor perda de C- CO_2 por unidade de biomassa, em contrapartida, maior quantidade de C é incorporada ao tecido microbiano (LOURENTE, *et al.*, 2011).

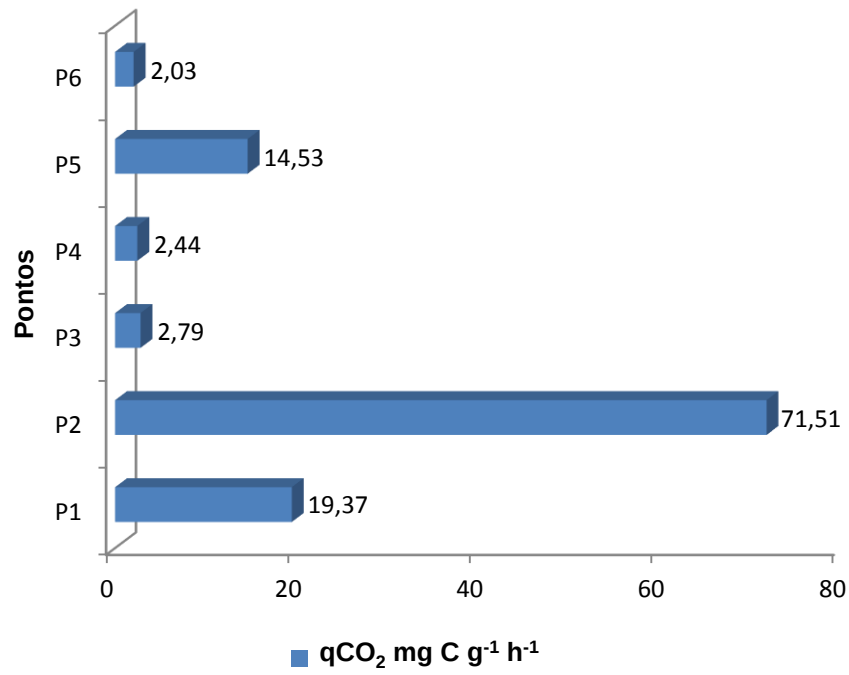


Figura 14: Índice de quociente metabólico (qCO_2) dos solos do Pantanal de Poconé.

5. CONCLUSÕES

Os indicadores não demonstraram degradação física nos solos avaliados.

A fração humina (C-HU) teve maior participação no carbono orgânico total dos solos, evidenciando processo intenso de humificação dos solos.

Dentre os indicadores biológicos, o carbono ligado à biomassa microbiana e o quociente microbiano foram considerados elevados em relação aos teores encontrados na literatura, apontando eficiência na incorporação de C aos tecidos microbianos.

O quociente metabólico foi menor nas áreas em recuperação, o que indica que o solo possui condições favoráveis ao desenvolvimento da microbiota, com incorporação do carbono de forma eficiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, 1988.

AMARAL, D. L.; FONZAR, B. C. **Vegetação: As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos**. Folha SD-21 Cuiabá, Rio de Janeiro, 1982, Projeto RADAMBRASIL, p. 401-452.

ANNIBELLI, M. B.; FILHO, C. F. M. S. Mineração de areia e seus impactos sócio-econômico-ambientais. In: Congresso Nacional do CONPEDI, 16, 2007, PUC Minas - Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007. p. 4205-4217.

AQUINO, A. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V. M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: **Manejo do solo e recomendações para adubação e manejo da fertilidade do solo no Estado do Acre**. Rio Branco, p. 121-174, 2005. (Embrapa Agrobiologia – CNPAB).

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul/set. 2007.

ARAÚJO, E. A. **Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental**. 2008. 233 f. Tese (Doutorado em Doctor Scientiae) - Universidade Federal de Lavras, Viçosa - MG, 2008.

ARAÚJO, E. A.; KER, João Carlos.; NEVES, Júlio César Lima.; LANI, João Luiz. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; SÁ MENDONÇA, E.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1541-1550, 2006.

AZAR, G. S.; ARAÚJO, A. S. F. DE; OLIVEIRA, M. E. DE; AZEVÊDO, D. M. M. R. Biomassa e atividade microbiana do solo sob pastagem em sistemas de monocultura e silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2727-2736, nov./dez. 2013.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 715-724, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. DE A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento**

simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro-RJ, Embrapa, out./2003. 7 p. (Comunicado Técnico, 16).

BENITES, V. M.; MOUTTA, R. O.; COUTINHO, H. L. C.; BALIEIRO, F. E C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 685-690, 2010.

BRAGA, G. N. M. **As funções do fósforo para as plantas.** 2010. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/as-funcoes-do-fosforo-para-as-plantas.html>>. Acesso em: 29.04.2015.

BRAGA, G. N. M. **Importância do estoque de carbono no solo.** 2012. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/04/importancia-do-estoque-de-carbono-no.html>>. Acesso em: 07.04.2015

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33 (2), p. 97-105, 2003.

CAMPOS, B. H. C. **Dinâmica do carbono em Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas.** 2006. 190 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

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 do cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 276-283, out./dez. 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. D.; REIS, E. F. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. D. 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.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; PAULINO, H. B.; SALES, L. E. O.; VILELA, L. A. F. Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do parque nacional das emas, goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1857-1868, nov./dec. 2013.

CHAVEZ, L. F. **Emissões de CO₂ do solo sob preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul.** 2008. 80 pg. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazonica**, v. 42(1), p. 19-28, 2012.

COUTO, E.G.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, C. N.; VECHIATTO, A.B. 2002. Guide of technique excursion of the XIV RBMCSA. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água. **Anais...** Cuiabá: UFMT. 68 p.

COUTO, E.G.; OLIVEIRA, V. The Soil Diversity of the Pantanal, 2010, p. 40-64. In: **The Pantanal of Mato Grosso: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Sofia: Pensoft.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 913-923, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa – CBPAB, 1997, 10 p. (Documentos, 37).

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, ADRIANA MARIA; ASSIS, RENATO LINHARES (eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília - DF: Embrapa, 2005. p. 17-28.

DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Fertilidade do Solo e Seu Manejo em Áreas Degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, 2007. p 956– 982.

DINIZ, L. T. **Variação espaço-temporal de atributos de qualidade do solo sob macaubeiras nativas no Cerrado**. 2012. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2012.

DONAGEMMA, G. K. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B DE; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.) Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documento/Embrapa Solos 132).

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26. **Anais...** Rio de Janeiro, 1997. Rio de Janeiro: Comissão do V Inventory. Gênese, Morphology and Classification of Soils. 1997.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S; PELLEGRIN, L. A.; LIMA, I. B. T. de. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (Embrapa Pantanal.Comunicado Técnico, 61). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT61>. Acesso em 20.04.2015.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S.; SILVA JUNIOR, J. M. T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, p. 250-257, 2006.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 18-29, 2007.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado, soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.135, p. 161-167, 2010.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; ADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

FRIGHETTO, R.T.S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação – extração. In: FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (Coords.). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p. (Documentos, 21).

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 159-168.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-243.

GIESTEIRA, M. **Seminário debate uso sustentável do solo**. 2011. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2011/04/seminario-debate-uso-sustentavel-do-solo>>. Acesso em 29.04.2015.

GLAESER, D.F.; MERCANTE, F.M.; ALVES, M.A.M.; SILVA, R.F.; KOMORI, O.M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaios e Ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFMANN, G. S. The climate of the Pantanal RPPN. **Relatório técnico**. Porto Alegre: UFRGS. 31 p. 2003.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO JÚNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long term experiment with threes soil tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil and Ecology**, v. 42, p.

288-296, 2009.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.55, p.69-78, 2000.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology Fertility Soils**, v. 27, p. 408-416, 1998.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

LEITE, L. F. C.; ARRUDA, F. P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; NETO, M. R. H. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúna e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1257–1263, 2013.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; NETO, M. R. H.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1273–1280, 2010.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 347-358, 2004.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Uberlândia: Oficina dos textos, 2002. 178p.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, S. F.; GASPARINE, 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, n. 1, p. 20-28, 2011.

MACHADO, P. L. O. A. carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável na agricultura do cerrado brasileiro**. 2003. 54f. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Planejamento Estratégico). ISAE - FGV/ECOBUSINESS School, Brasília, 2003.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciências & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p. 435-444, 2003.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Biomassa microbiana método irradiação-extração. In: MENDONÇA, E. S. **Matéria Orgânica: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. cap. 13. p. 86-93.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. DA; 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**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MERILES, J. M.; VARGAS G., S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G. J.; GUZMA'N, C. A. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass and fatty acid profiles. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.271-281, 2009.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônica Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, 2004.

MOREIRA, F. M. DE S. Matéria orgânica do solo, cap. 5, p. 203-261. In: **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2 ed. atual. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2006 729 p.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 729 p., 2006.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 567-573, 2004.

PORTILHO, I. I. R.; SILVA, A. O. DA; JUNIOR, F. P. P.; SILVA, C. J. DA; MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos do solo em cultivos de pinhão-manso consorciados com diferentes espécies vegetais. In: **FERTBIO – A responsabilidade sociolambial da pesquisa agrícola**, Maceió-AL, set./2012.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C. K.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 851-858, 2012.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. DA. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, mai. 2011.

REICHERT, J. M. **Solos Florestais**. Santa Maria-RS, 2009. (Apostila). Disponível em:
http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/SolosFlorestais/Apostila_Teorica%20SF.pdf>. Acesso em 01.05.2015.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.V.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. 16, Aracaju, 2006. Palestras. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

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

RESENDE, T. M. **Conversão de uso e potencial de estoque do carbono nos diferentes usos do solo e cobertura vegetal na bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG)**. 2011. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG.

ROSCOE, R. Dinâmica da matéria orgânica em solos de Cerrado. In: **Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, 30, 2005, Recife. Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental. Recife: Embrapa Solos: SBCS: UFRPe, 2005.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Eds. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 ed. (online). 304 p.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. **Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo**. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011.

ROTEIROS DO BRASIL. **Mato Grosso**. Disponível em:
http://www.roteirosdobrasil.tur.br/estado_mt.html>. Acesso em 30.01.2015.

SALIS, S. M. de. Caracterização do Pantanal Matogrossense. cap. 1. In: ALBULQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (eds. téc.), **Agricultura tropical: quadro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas. 699 p. 2008.

SANTOS, E. M. R.; DUARTE, M. N. Pedologia. In: **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP: diagnóstico dos meios físico e biótico - meio físico**. Brasília, DF: PNMA, v. 2, t. 1, p.127-307. , 1997.

SCHLOLER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J. C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 98, p. 255-262, julho 2003.

SEGNINI, A. **Estrutura e estabilidade da matéria orgânica em áreas com potencial de sequestro de carbono no solo**. 2007. 127 f. Tese (Doutorado em Ciências - Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de

São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 99).

SILVA, J. DOS S. V. DA; ABDON, M. DE M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, p. 1703-1711. 1998. (Número Especial).

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; FERNADES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 613-620, 2009.

SILVA, M. P. S.; MAURO, R.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 143-152, jun./2000.

SILVA, R. R. **Qualidade do solo em função de diferentes sistemas de manejo na região de campos vertentes, bacia Alto do Rio Grande – MG**. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2001.

SOUSA, H. M. **Atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária no ecótono Cerrado-Amazônia**. 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT, 2014.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

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

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; ZOZ, T.; JUNIOR, A. S. P. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2775-2788, 2012.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. **Acta Agriculture Scandinava**, Estocolmo, v. 49, p. 1-24, 1999.

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

STEVENSON, F.J. & COLE, M.A. **Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1999. 427p.

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

UNIVERSIDA DE ESTADUAL PAULISTA. **Substâncias húmicas e disponibilidade de nutrientes para as plantas**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABoAUAF/apostila-acidos-humicos-acidos-fulvicos>>. Acesso em 13.04.2015.

WANG, W.; DALAL, R. C.; MOODY, P. W. Evaluation of the microwave irradiation method for measuring soil microbial biomass. **Soil Science Society America Journal**, v. 65, p. 1696-1703, 2001.

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.

ZIBILSKE, L. M. Carbon mineralization. In: WEAVER, R. W.; SCOOT, A.; BOTTOMLEY, P. J. (d.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 836-864. (Special publication, 5). Part 2: Microbiological and biochemical properties.

7. ANEXOS

Anexo 1: Prancha de figuras



Figura 15: Ponto 1 de coleta das amostras.



Figura 16: Ponto 2 de coleta das amostras.



Figura 17: Ponto 3 de coleta das amostras.



Figura 18: Ponto 4 de coleta das amostras.



Figura 19: Ponto 5 de coleta das amostras.



Figura 20: Ponto 6 de coleta das amostras.

Anexo 2. Matriz de correlação de Pearson

Quadro 1: Matriz de correlação de Pearson.

	<i>C-BMS</i>	<i>RBS</i>	<i>qCO₂</i>	<i>qMic</i>	<i>COT</i>	<i>EC</i>	<i>pH_em_água</i>	<i>pH_em_KCl</i>	<i>H+Al</i>	<i>Ca+Mg</i>	<i>Al</i>	<i>P</i>	<i>SB</i>	<i>CTC_(t)</i>
C-BMS	1,00													
RBS	-0,02	1,00												
qCO ₂	-0,63	0,61	1,00											
qMic	0,65	-0,23	-0,39	1,00										
COT	-0,41	0,73	0,87	-0,53	1,00									
EC	-0,24	0,69	0,50	-0,76	0,82	1,00								
pH_em_água	0,19	-0,48	-0,08	0,66	-0,40	-0,77	1,00							
pH_em_KCl	-0,31	0,05	0,32	0,30	-0,15	-0,50	0,56	1,00						
H+Al	-0,25	0,56	0,42	-0,67	0,77	0,92	-0,83	-0,64	1,00					
Ca+Mg	-0,21	0,79	0,68	-0,58	0,94	0,94	-0,58	-0,36	0,87	1,00				
Al	0,03	0,07	-0,28	-0,46	0,11	0,53	-0,86	-0,83	0,72	0,32	1,00			
P	0,46	-0,71	-0,51	0,80	-0,63	-0,82	0,74	0,04	-0,65	-0,71	-0,33	1,00		
SB	-0,21	0,79	0,68	-0,58	0,94	0,94	-0,58	-0,36	0,87	1,00	0,32	-0,71	1,00	
CTC_(t)	-0,24	0,68	0,56	-0,65	0,87	0,96	-0,75	-0,54	0,97	0,96	0,56	-0,70	0,96	1,00
CTC_(e)	-0,14	0,63	0,38	-0,65	0,76	0,95	-0,84	-0,66	0,99	0,90	0,70	-0,69	0,90	0,98

V	0,44	0,00	-0,09	0,85	-0,38	-0,69	0,75	0,68	-0,78	-0,48	-0,79	0,51	-0,48	-0,67
m	0,04	-0,49	-0,62	-0,27	-0,36	0,06	-0,50	-0,71	0,28	-0,20	0,83	0,09	-0,20	0,07
Ug	-0,43	0,59	0,94	-0,32	0,94	0,57	-0,07	0,06	0,54	0,79	-0,18	-0,39	0,79	0,67
Ds	0,46	-0,59	-0,82	0,55	-0,97	-0,80	0,44	0,28	-0,83	-0,90	-0,25	0,54	-0,90	-0,89
Dp	0,11	-0,60	-0,65	0,24	-0,88	-0,69	0,35	0,41	-0,78	-0,85	-0,27	0,29	-0,85	-0,84
Pt	-0,70	0,53	0,91	-0,68	0,93	0,73	-0,36	-0,03	0,70	0,81	0,08	-0,64	0,81	0,77
Areia	0,19	-0,47	-0,21	0,68	-0,58	-0,87	0,94	0,71	-0,96	-0,74	-0,86	0,66	-0,74	-0,89
Argila	0,02	0,59	0,27	-0,63	0,69	0,95	-0,78	-0,72	0,92	0,88	0,66	-0,65	0,88	0,93
Silte	-0,24	0,43	0,19	-0,67	0,54	0,83	-0,95	-0,68	0,94	0,68	0,89	-0,64	0,68	0,86