

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ATRIBUTOS
BIOQUÍMICOS DE UM PLINTOSSOLO HÁPLICO EM UMA
CRONOSSEQUENCIA DE USO AGRÍCOLA

Luciene Nunes Barcelos Martins
Bióloga

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
MAIO de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ATRIBUTOS
BIOQUÍMICOS DE UM PLINTOSSOLO HÁPLICO EM UMA
CRONOSSEQUENCIA DE USO AGRÍCOLA

Luciene Nunes Barcelos Martins

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG, Campus Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Dados Curriculares

LUCIENE NUNES BARCELOS MARTINS – filha de Cleonice Nunes Barcelos e Mauro Lucio Barcelos, nascida em Itumbiara (GO), dia 8 de julho de 1982 as margens do Rio Paranaíba. Estudou nas seguintes escolas: Escola Estadual Doutor Augusto Macedo Costa em São Paulo (SP), e Escola Estadual Professor Fernando Buonaduce em Osasco (SP), concluiu o ensino médio no ano 2000 no colégio Instituto Francisco de Assis em Itumbiara (GO). Em março de 2002 ingressou na Universidade Federal de Goiás - Campus Jatai, graduando-se em biologia no ano de 2006. Ingressou no mestrado em Agronomia-produção Vegetal em março de 2009 na Universidade Federal de Goiás.

“... Mesmo não florescendo a figueira, não havendo uvas nas videiras; mesmo falhando a safra de azeitonas, não havendo produção de alimento nas lavouras, nem ovelhas no curral nem bois nos estábulos, ainda assim eu exultarei no Senhor e me alegrarei no Deus da minha salvação...”

Habacuque 3:17-18

Dedico

Aos meus pais e irmãos, sempre presentes em minha vida,

Ofereço

Ao meu esposo Célio e meu filho Lucas.

Agradecimentos

Ao meu GRANDE amigo, que conduziu tudo e colocou pessoas excelentes no meu caminho, Deus obrigada!

A minha mãe por me ensinar a ser perseverante e não desistir diante das dificuldades.

A meu pai pelos ensinamentos de transparência e honestidade.

Ao meu esposo pelo companheirismo e apoio nesses 10 anos.

As minhas avós Cecília e Agrepina pelo orgulho que sentem de mim.

Meus primos Cecília e Roberto por estarem sempre torcendo e dando palavras de ânimo.

Minhas amigas Zanderluce e Letícia pela amizade, compreensão pensamento positivo, por todos os sentimentos bons e momentos bons, Hellen Fernanda e Francys Pimenta (“espertezas”), grandes incentivadores do meu ingresso no mestrado em Agronomia.

Aos colegas de jornadas de estudo: Raquel Carvalho, Tatiane “amendoim”, Aurélio Rubio, Jonathan, Elisvane e que também sempre diziam: - VAI VOCE CONSEGUE!

Aos técnicos do laboratório de solos Marcos Humberto e Cleumar, pela paciência e ensinamentos.

As técnicas de laboratório Eveline, Lucielly e Suely pela acessoria prestada e sempre disposição em ajudar.

Aos meus eternos professores, Dr.Jorge Diniz, Dra.Sandra Benite, Dra.Alessandra Viu, Dra.Luzia , Dr.Samuel Mariano, Dr. Helder Paulino.

As minhas “irmãs” Paula Camylla, Dorotéia, Laize e Franciane e claro a irmã mais velha Rafaela que me ensinou muito e me acolheu.

As colegas Emilliane e Larissa que me ajudaram nas análises de laboratório em pleno feriado.

Ao meu Orientador Dr. Marco Aurélio, pela paciência, dedicação e acima de tudo pelo exemplo de profissional, e e claro que não poderia faltar minha “orientadora” Andrea e sempre bom conversar com você.

As amigas Laudiane Raquel e Priscylla, pelas orações e pensamento positivo.

Ao CNPq pela bolsa e a todos que oraram que torceram, vamos comemorar!

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	2
3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO.....	4
3.3 Biomassa Microbiana	5
3.4 Enzimas.....	6
3.5 Atividade microbiana	7
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1 Áreas de estudo.....	8
4.2 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DAS ÁREAS:	10
4.2.1 Campos de murundus.....	10
Figura 6 b: Dreno da Fazenda Boa Vista do período chuvoso.	13
4.2.2 Área de 6 anos de uso.....	13
4.2.3 Área de 10 anos de uso	13
4.2.4 Área de 15 anos de cultivo.....	14
4.3 ANÁLISES DE LABORATÓRIO	14
4.3.1 Carbono da biomassa.....	14
4.3.2 Nitrogênio da biomassa.....	15
4.3.3. Respiração basal.....	16
4.3.4. Quociente metabólico	16
4.3.5 Atividade da uréase.....	16
4.3.6. Hidrólise do diacetato de fluoresceína	17
4.3.8. Análises estatísticas.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20

5.4 Carbono Orgânico e Coeficiente Microbiano	25
5.5 Atividade da Fosfatase Ácida	26
5.6 Atividade da Urease	27
5.7 Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (HDF)	27
5.2 Análises Canônicas	28
5.1 Conclusões	31

RESUMO

Os atributos bioquímicos participam de processos chaves do ecossistema terrestre como a degradação e ciclagem de matéria orgânica e fluxo de energia por diversos níveis tróficos. Estes indicadores podem ser usados para o monitoramento da interferência antrópica, pois são muito sensíveis a alterações, principalmente em ecossistemas sensíveis como o apresentado em Plintossolo Háplico. Nesses solos ocorrem os campos de murundus que são elevações formadas por açõs de termiteiros que variam em diâmetro e altura, em relação ao campo gramíneo inundável. Possuem grande importância para a conservação das bacias hidrográficas da região, no entanto essas áreas foram submetidas à ação antrópica e com a construção de drenos tornaram áreas agricultáveis, portanto o objetivo deste estudo foi de avaliar o impacto da agricultura em uma cronosequência de uso agrícola de um PLINTOSSOLO HÁPLICO por meio de indicadores bioquímicos do solo como biomassa microbiana (C,N), respiração microbiana do solo, atividade enzimática (urease, fosfatase e Hidrolise do diacetato de fluoresceína) e quociente metabólico. O estudo constou de 4 áreas de campos de murundus sendo 3 áreas que estão submetidas ao plantio direto e uma área de campos de murundus sem antropização. Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias utilizando Tukey a 5% de significância (SAEG). Como análise complementar foi utilizada a técnica multivariada através da análise canônica envolvendo todas as variáveis bioquímicas. Pelos resultados pode-se observar que em algumas variáveis ocorreram melhorias na qualidade do solo. No entanto, mesmo após 16 anos de sistema conservacionista não houve recuperação, quando comparada com a referência (Coval), nas variáveis de nitrogênio na biomassa microbiana, no carbono orgânico, na fosfatase ácida e urease. A adoção de plantio direto com sucessão soja (safra) e milho (safrinha) para este solo deve ser alterada e considerar a possibilidade de entrada de outras culturas e principalmente algumas com a finalidade de introdução de nitrogênio via leguminosas.

Palavra chave: Murundum (coval), Plintossolo Háplico, atributos bioquímicos.

ABSTRACT - The biochemical attributes participate in key processes such as the terrestrial ecosystem degradation and cycling of organic matter and energy flow for several trophic levels. These indicators can be used for monitoring anthropogenic interference, because they are very sensitive to changes, especially in sensitive ecosystems such as presented in Haplic Plinthosol. In these soils occur the fields de murundus that are elevations formed by actions termitaria that vary in diameter and height in relation to the field grassy floodable. They have great importance for the conservation of watersheds in the region, however these areas were subjected to human action and the construction of drains become farmland, so the aim of this study was to evaluate the impact of agriculture on a chronosequence of agricultural use of a Haplic Plinthosol through biochemical indicators such as soil microbial biomass (C, N), soil microbial respiration, enzyme activity (urease, phosphatase and Hydrolysis of fluorescein diacetate) and metabolic quotient. The study consisted of four areas of fields with mounds three areas that are subject to no-till fields and an area of mounds without human influence. The results were submitted to ANOVA and Tukey mean test using a 5% significance level (SAEG). As a complementary analysis technique was used by multivariate canonical analysis involving all biochemical variables the results can be seen that for some variables there were improvements in soil quality. However, even after 16 years of conservation system there was no recovery compared under reference (Coval), in the variables of nitrogen in microbial biomass, on organic carbon, acid phosphatase, and urease. The adoption of no-tillage with soybeans (crop) and maize (second season) for this soil should be amended and consider input from other cultures and especially some with the purpose of introduction of nitrogen by legumes.

Keyword: Murundum (Coval), Haplic Plinthosol, biochemical attributes.

1. INTRODUÇÃO

Na região dos chapadões no estado de Goiás, os microrrelevos em campos brejosos, também conhecidos por campos de murundus, constituem áreas extensas onde predominam Plintossolos Háplicos.

Estes solos são importantes, pois tem a função de abastecimento de água para o lençol freático e manutenção dos níveis de água nos córregos e rios da microbacia onde estão localizados.

No Sudoeste de Goiás estas áreas foram incorporadas aos sistemas agrícolas de produção em função do elevado preço da soja. Para isto os agricultores escavaram drenos que em alguns casos foram superdimensionados provocando o ressecamento excessivo do solo e conseqüentemente o endurecimento do horizonte plíntico criando desta forma uma barreira a infiltração e escoamento natural da água e também do desenvolvimento radicular além do fato da redução de córregos e menor fluxo de água para os rios da microbacia onde está localizado. Este ecossistema foi alvo de alterações antrópica e incorporação ao sistema produtivo agrícola, com a abertura de drenos de aproximadamente dois metros de altura, o que segundo os relatos dos próprios agricultores da região causou a diminuição da água nos córregos e rios e microbacia. A partir de 2007, com a publicação da LEI Nº. 16.153 este ecossistema frágil foi considerado como áreas de proteção permanente (APP), portanto não sendo mais permitida sua alteração.

A qualidade do solo é definida através do uso de indicadores químico, físico e biológico do solo. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Segundo Doran e Parkin (1994), bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado deste ecossistema, podendo ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo.

Entre os indicadores os processos bioquímicos são sensíveis as alterações antrópica no solo, pois são fundamentais ao funcionamento de todos os ecossistemas

terrestres atuando no ciclo dos elementos, no fluxo de energia e na vida no solo (Dick, 1996).

Portanto o objetivo deste trabalho foi de avaliar o impacto da agricultura em uma cronosequencia de uso agrícola de um PLINTOSSOLO HÁPLICO por meio de indicadores bioquímicos do solo.

2. OBJETIVO

Avaliar em uma cronosequência de interferência antrópica a biomassa microbiana (C e N), atividade microbiana do solo (C-CO₂ e qCO₂) e atividade enzimática do solo (Hidrólise do diacetato de fluoresceína, urease e fosfatase ácida).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PLINTOSSOLO

Plintossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário iniciando dentro de 40 cm, ou dentro de 200 cm quando imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. O horizonte diagnóstico plíntico é definido de acordo com a quantidade de plintita, e sua extensão deve ter no mínimo 15 cm de espessura ou conter mais de 15 % de plintita por volume.

Esta classe compreende solos formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, que tem como consequência a formação de um horizonte plíntico (Embrapa, 2006). O impedimento à livre drenagem pode ser resultante da existência de um lençol freático mais superficial em algum período do ano, o que ocorre em áreas de cotas inferiores com relevo plano, como depressões, baixadas, terços inferiores de encostas, ou devido à existência de camadas concrecionárias ou materiais de texturas argilosas.

Os Plintossolos são solos minerais que podem ser hidromórficos, com séria restrição a percolação de água e ocorrem em situações de alagamento sazonais. Apresentam ao longo do perfil horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas

de cores e tamanhos diferentes, resultado da concentração de ferro no solo. E essas manchas são chamadas de plintita, esse horizonte apresenta-se geralmente com aparência compactada sendo bem perceptível devido ao caráter multicolorido, com matizes contrastantes. Realçando as partes mais avermelhadas formadas pela plintita, geralmente apresentam-se distróficos, argilosos e com erodibilidade elevada (Embrapa, 2006).

Nesses solos podem ocorrer os campos de murundum ou covais, onde devido à ação da mesofauna (cupins) formam microrrelevos chamados de murundus, que são semelhantes a “ilhas” ou montes de terra elevada, ocupados por extratos arbóreos e arbustivos de cerrado (Araújo Neto et al. 1986).

A formação do murundum foi sugerida por Resende e colaboradores (2002) da seguinte maneira:

- Termiteiros adaptados a situações de alagamento constroem estruturas fixadas em tufos de grama que servirão para suporte para estruturas maiores;
- Com o fim desta comunidade por ação de predadores, outra comunidade se instala aumentando assim a estrutura.

Uma aparência heterogenia nestas edificações evidencia que ocorre a participação de várias espécies de termiteiros na construção dos murunduns. Estes murunduns apresentam forma visivelmente cônica, com tamanhos bastante variáveis, em geral da ordem de 3 a 15 m de diâmetro na base e altura pode chegar a 3 metros (Figura 1).



Figura1: Área nativa (coval) sob Plintossolo Háplico na região sudoeste de Goiás.

No topo dos murunduns há ocorrência de uma vegetação típica de cerrado *Strictu Sensu* e na sua base constituído de espécies rasteiras gramínoides que suportam o alagamento no período chuvoso.

Este ecossistema tem grande importância ecológica devido às interações entre a fauna e a flora e a íntima relação com a manutenção dos cursos d'água e nascentes e interdependência com o regime climático na microbacia, vários estudos ressaltam a importância ecológica dessas áreas (Pullan., 1979; Araujo Neto. , 1986; Oliveira-Filho. , 1992).

3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de um solo de funcionar nos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal. A qualidade do solo pode ser monitorada através do uso de indicadores, que são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema Doran & Parkin (1994).

O solo atua como um grande reator onde acontecem inúmeras reações químicas complexas, sendo as principais desempenhadas diretamente ou mediadas pelas diferentes formas de vida que nele se prolifera, tais reações são mediadas por enzimas que são reguladas intrinsecamente ou por fatores externos (Moreira & Siqueira 2006).

Além de ser um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos. Larson & Pierci (1994) destacam a importância do solo como tampão ambiental na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente e que regula o fluxo de água no ambiente.

Os processos bioquímicos são fundamentais ao funcionamento dos ecossistemas terrestres bem como dos os membros são dependentes do solo, que age, principalmente fornecendo nutrientes, ciclando e degradando a matéria orgânica e fluxo de energia nos diversos níveis tróficos (Dick et al., 1996).

3.3 Biomassa Microbiana

As respostas da matéria orgânica do solo às variações do uso da terra e às técnicas de manejo podem passar despercebidas por décadas, enquanto que a resposta da fração ativa, que contém principalmente na biomassa microbiana e seus metabólitos, ocorrem mais rapidamente (Franchini et al., 2007; Hungria et al., 2009). A biomassa microbiana do solo (BMS) constitui a fração viva da matéria orgânica do solo, constituída por bactérias, actinomiocetos, fungos, algas, protozoários e microfauna. Excluindo-se as raízes das plantas e animais maiores que 5.000 m³, a biomassa representa em média, de 2 a 5% do carbono orgânico total do solo Gama-Rodrigues (1999). A BMS influencia tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem de carbono e nutrientes minerais, imobilizando e liberando nutrientes nos ecossistemas terrestres De- polli& Guerra (2008).

A biomassa microbiana do solo é responsável pela atividade biológica do solo e tem sido considerado um indicador útil da qualidade do solo porque é sensível e responde rapidamente as mudanças do solo, mais do que qualquer outro parâmetro

agronômico (Sparling, 1997; Bolota et al., 1998; Nogueira et al., 2006; Franchini et al., 2007; Hungria et al., 2009).

Mesmo representando uma fração pequena do carbono orgânico do solo, o carbono da biomassa microbiana é muito sensível ao manejo, sendo, um excelente indicador das mudanças do manejo no solo. Muitos trabalhos têm confirmado que o carbono da biomassa é mais sensível que qualquer outro parâmetro agrônômico (Balota et al. , 1998; Franchini et al. ,2007; Hungria et al. , 2009; Sá & Lal., 2009).

Por este motivo avaliações de carbono (C) e nitrogênio (N) da biomassa microbiana mostram-se parametros sensíveis ao manejo, podendo quantificar as mudanças no preparo do solo, possibilitando estabelecer a estrutura e o estado da comunidade microbiana explicando as alterações causadas pelo manejo.

Então solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar mais também de ciclar mais nutrientes no sistema (Gregorich et al. , 1994).

Avaliação da biomassa microbiana é significativa, entretanto somente a este atributo não fornece indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo, sendo necessária a determinação sobre o estado metabólico das comunidades microbianas e da sua atividade, como o estudo da atividade enzimática (Oliveira, 2000).

3.4 Enzimas

Em meio a as diferentes substâncias liberadas no solo um grupo complexo de proteínas que são as enzimas.

As enzimas têm participação essencial nos processos relacionados à qualidade do solo como a ciclagem de nutrientes, no processo de decomposição de compostos orgânicos e xenobióticos. Como são sintetizadas, principalmente, pelos microrganismos do solo, as condições que favorecem a atividade da microbiota como adubação orgânica presença de vegetação (rizosfera) e rotação de culturas, também favorece a atividade enzimática, que, muitas vezes, relaciona-se positivamente com a

produtividade ou com a qualidade do solo (Silva et al., 2009; Matsuoka et al., 2003; Carneiro et al., 2009).

A atividade enzimática do solo resulta principalmente da ação de enzimas extracelulares que podem estar livres na solução do solo, adsorvidas ou imobilizadas em complexos húmicos. Estas enzimas, quando associadas a humatos do solo mantêm sua atividade por períodos longos (Burns 1986).

As enzimas estão ligadas a síntese, degradação da matéria orgânica e liberação de nutrientes no solo (Mendes & Vivaldi, 2001), devido essa relação direta com o catabolismo biológico do solo orgânico e dos componentes minerais isso tem sido recomendadas como indicadoras de qualidade do solo em potencial Nielsen & Winding (2002).

3.5 Atividade microbiana

A respiração basal microbiana do solo, é a oxidação da matéria orgânica a CO_2 pelos microrganismos aeróbios, ocupa posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres (Moreira & Siqueira 2006).

Avaliar a respiração do solo tem sido a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana Alef et al. (1995).

A respiração do solo é bastante variável e condicionado, principalmente, da disponibilidade de substrato, umidade e temperatura e correlaciona-se significativamente com outros indicadores biológicos.

A combinação das medidas da biomassa microbiana e respiração do solo fornecem a quantidade de CO_2 evoluída por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico ou respiratório ($q\text{CO}_2$). O $q\text{CO}_2$ indica a eficácia da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para a biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (Saviozzi et al. 2002).

O uso do $q\text{CO}_2$ como uma medida de indicador de mudanças na qualidade do solo está baseado na teoria sobre a respiração da comunidade descrita por Odum

(1985), a teoria baseia-se na relação que relaciona o aumento da respiração da comunidade ao estresse sofrido pela mesma uma vez que a reparação dos danos causados por distúrbios no solo requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular. Desse modo, durante o estresse na biomassa microbiana uma proporção do carbono da biomassa será perdida como CO_2 para a manutenção da comunidade biológica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Áreas de estudo

O estudo foi realizado em áreas pertencentes à Fazenda Boa Vista ($17^{\circ}57'59''\text{S}$ $52^{\circ}04'35''\text{O}$), situada na micro-bacia do Rio Claro entre os municípios de Jataí e Mineiros. O clima da região é do tipo Aw, mesotérmico (Köpen), tropical, com chuvas concentradas no verão e período seco bem definido durante a estação de inverno, a precipitação anual varia de 1600 mm a 1700 mm, a temperatura varia de 18 a 32°C .

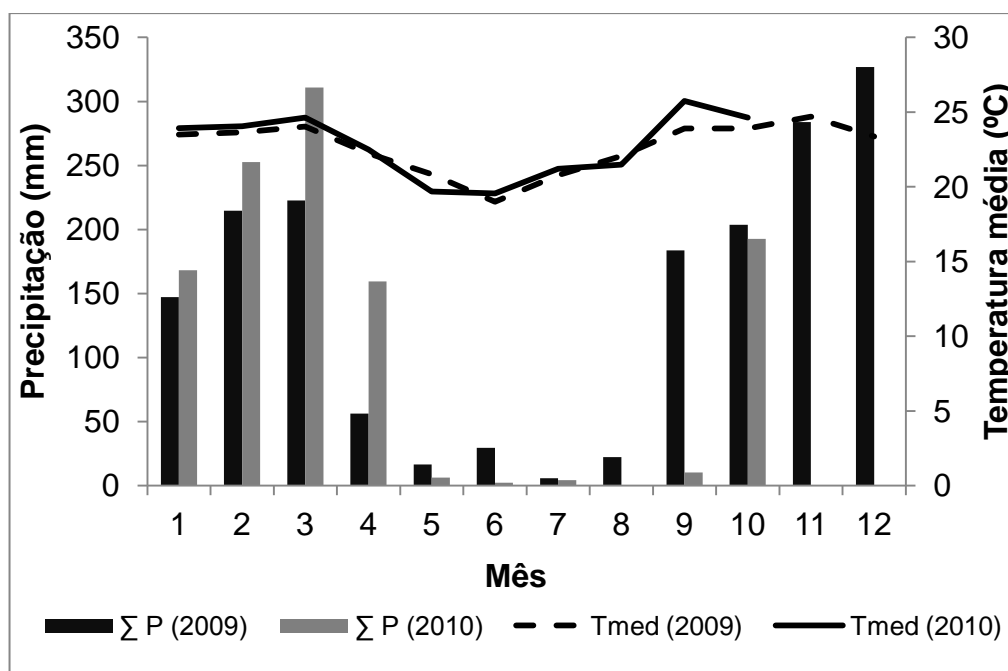


Figura 2: Médias da precipitação e temperatura dos anos de 2009 e 2010 de Jataí. Fonte: Estação meteorológica Da Universidade Federal de Goiás Campus de Jataí.

A área da fazenda antes de ser submetida ao uso agrícola apresentava uma área conhecida regionalmente como covais ou campo de murundus. Um ecossistema do Bioma Cerrado importante para recarga do aquífero livre de água, devido a uma camada permeável (acima do nível freático) e por uma camada impermeável.

Os campos de murundum consistem basicamente de um campo úmido, em terreno plano, com ilhas de cerrado arredondadas, que variam de 1 a 10 metros de diâmetro e pode chegar até 3 metros de altura.

Os solos são hidromórficos de coloração acinzentada, que ficam parte do ano saturado por água e são classificados como Plintossolo Háptico conforme mostrado na Figura 3, devido ao longo do perfil, o horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas de cores e tamanhos diferentes, e presença de uma camada maior que 15 cm de plintita.

Estes solos são importantes, pois tem a função de abastecimento de água para o lençol freático e manutenção dos níveis de água nos córregos e rios da microbacia onde estão localizados.

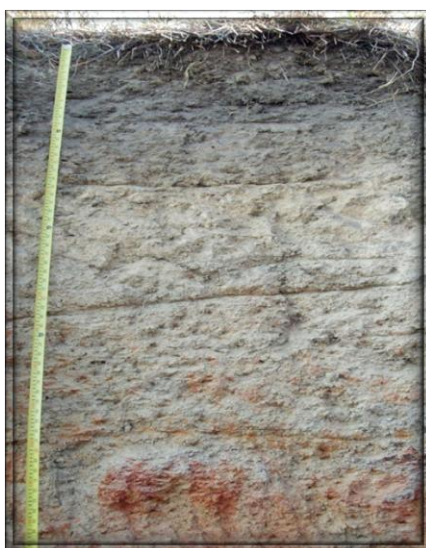


Figura 3: Perfil de um Plintossolo Háptico na área em estudo.

Foram estudadas de 3 áreas submetidas a sistema de manejo plantio direto em uma cronosequencia de 6, 10 e 15 anos de uso contados a partir de 2009. Além dessas áreas e como referência uma área sem interferência antrópica.

Com auxílio da imagem gerada no Google Earth (Figura 4), foram demarcados os pontos em cada área por sorteio aleatório foram escolhidos 5 pontos de 10 x 12 m. Dentro de cada parcela foi coletada 10 sub amostras de solo na profundidade de 0 -10 cm, com 500 g cada amostra.

O solo foi peneirado em malha de 2 mm e armazenado em sacos plásticos e armazenados em geladeira no laboratório de solos da UFG Campus Jataí para posterior determinação dos seus atributos.

4.2 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DAS ÁREAS:

4.2.1 Campos de murundus

A área de referência (Figura 4) é uma área de campo de murundum conservada e corresponde a metade da área total em estudo. Os montículos ou murundus estão espalhados em toda área totalizando 33 murunduns, que variam em diâmetro e altura.



Figura 4: Imagem de satélite da Fazenda Boa Vista, mostrando as áreas em cronosequência de estudo. Fonte: Google Earth (www.googleearth.com).



Figura 5a: Campos de Covais da Fazenda Boa Vista no período seco.

A vegetação é típica de Cerrado *strictu sensu*. A parte plana dos murundus é ocupada por gramíneas rasteiras e no topo do murundum foi possível ver espécies arbóreas arbustivas nativas como podemos ver na figura 5a. O campo graminoso no período das chuvas fica alagado (Figura 5b).



Figura 5b: Campo de Covais da Fazenda Boa Vista no período chuvoso.

As áreas antropizada foram incorporadas no processo produtivo agrícola e uso do solo desde 1994.

Para a incorporação das áreas em questão, as mesmas foram aplainadas e drenos de aproximadamente dois metros de profundidade foram escavados em toda sua extensão que garante a drenagem da área (figura 6 a e b).



Figura 6 a: Dreno na área da Fazenda Boa Vista no período seco.



Figura 6 b: Dreno da Fazenda Boa Vista do período chuvoso.

4.2.2 Área de 6 anos de uso

Esta área foi incorporada ao cultivo em 2003. No preparo do solo inicial foram incorporados 5 t há^{-1} de calcário dolomítico através de grade niveladora. Para o plantio inicial aplicou-se $0,6 \text{ t há}^{-1}$ de fosfato reativo (33% de P_2O_5) e 2 t há^{-1} de gesso agrícola. A partir de 2004 não houve revolvimento do solo, e a sucessão de cultura realizada foi com soja na safra e milho (milheto ou sorgo) da safrinha. Nos anos de 2005/2006 foi aplicado superficialmente $1,5 \text{ t há}^{-1}$ de calcário dolomítico.

A produtividade é em torno de 3,1 para soja e $4,5 \text{ t há}^{-1}$ para o milho.

4.2.3 Área de 10 anos de uso

Esta área foi submetida a intervenção antrópica desde 1998/1999. No ano de 1998 aplicou-se 6 t há^{-1} de calcário dolomítico com incorporação utilizando arado e grade niveladora. No plantio inicial foram aplicadas $0,6 \text{ t há}^{-1}$ de fosfato reativo (33% de

P₂O₅). Desde 1999, não houve revolvimento do solo. A sucessão de cultura realizada foi com soja na safra e milho na safrinha, de 2006 a 2008 a área permaneceu em pousio na safrinha. Foram aplicadas superficialmente nos anos de 2002/2003 e em 2007/2008 2,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico.

A produtividade foi em torno de 3,4 e 6 t.ha⁻¹ soja e milho respectivamente.

4.2.4 Área de 15 anos de cultivo

Sob intervenção antrópica desde 1994/1995. Em 1994 apresentava-se sob pastagem degradada (*Brachiaria ruziziensis*) e houve a aplicação de 3 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico, com a incorporação utilizando arado e grade niveladora. A partir de 1996, não houve revolvimento do solo. A sucessão de cultura foi com soja na safra e milho na safrinha. Em 2005/2006 aplicou-se superficialmente 1,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico. A produtividade foi igual à área de 10 anos.

4.3 ANÁLISES DE LABORATÓRIO

4.3.1 Carbono da biomassa

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método fumigação-extração Vance et al. (1987). Para cada amostra de solo foram pesadas 6 amostras sendo 3 fumigadas e 3 não fumigadas de 25g.

Para a fumigação utilizou-se um dessecador contendo um becker com pérolas de vidro e clorofórmio. O clorofórmio foi evaporado sob o vácuo. Ficando incubado por um período de 24 horas. Após, procedeu-se a retirada do resíduo de clorofórmio do dessecador e foi adicionado as amostras 100 ml de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, sendo agitadas por 30 minutos. A suspensão resultante foi filtrada em papel filtro Whatman n^o 42.

A determinação do carbono da biomassa microbiana foi realizada pela digestão de 8 ml do extrato filtrado (K_2SO_4 0,5 mol) com 2 ml de $K_2Cr_2O_7$ e uma mistura de 10 ml de H_2SO_4 concentrado e 5 ml de H_3PO_4 concentrado, e levada a chapa para realização da digestão quente $100^\circ C$ e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal, utilizando difenilamina como indicador.

Nas amostras em branco utilizou-se o mesmo procedimento descrito anteriormente sem o solo. A quantidade de $K_2Cr_2O_7$ é calculada pela diferença entre uma a digestão na amostra em branco menos a digestão da amostra com extrato de solo essa diferença do branco e da amostra resulta na quantidade de sal que não reagiu como dicromato, que significa a parte do dicromato que oxidou o carbono. Os resultados foram obtidos com a seguinte fórmula:

$CBM = (F - NF) / Kc$, onde carbono da biomassa ($\mu g C g solo^{-1}sec$) foi igual amostra fumigada menos a não fumigada dividido pelo fator de correção (0,33) específico para solos tropicais proposto por Feigl et al. (1995).

Os resultados foram expressos em $\mu g C g solo^{-1}$.

4.3.2 Nitrogênio da biomassa

Para determinação do nitrogênio da biomassa foi utilizou-se Tedesco et al., (1995), a partir do extrato obtido pelo método fumigação extração (Vance et al. , 1987) como descrito em carbono da biomassa.

Do extrato obtido no carbono da biomassa, foram pipetados 20 ml do extrato foram levados ao bloco a $100^\circ C$ em tubos de digestão por aproximadamente 12 horas, para redução até 5 ml.

Posteriormente as amostras foram conduzidas ao bloco digestor a temperatura de $250^\circ C$ por 30 minutos, a cada 30 minutos de estabilização da temperatura aumentou-se 50 graus a temperatura do bloco até atingir $350^\circ C$, e nesta temperatura permaneceu por duas horas. Ao final da digestão as amostras ficam com a coloração amarelo esverdeado. Em seguida as amostras foram destiladas (Kjeldahl), e tituladas com H_2SO_4 0, 0025 mol L^{-1} .

Os valores encontrados das amostras fumigadas e não fumigadas foram subtraídos e multiplicados por um fator de correção (0,54) segundo Brookes et al. (1995). Os resultados foram expressos em mg kg^{-1} de solo.

4.3.3. Respiração basal

A respiração basal foi avaliada pelo CO_2 evoluído a partir da incubação de 25 gramas de solo durante 36 horas com NaOH $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e titulação com HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (Alef & Nannipieri, 1995).

Das amostras coletadas foram pesadas 25 gramas de solo de cada amostra com três repetições de laboratório. O solo foi incubado em vidros hermeticamente fechados junto com a solução de NaOH $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, e acondicionadas em local isento de luminosidade. Para as amostras controle foi realizado o mesmo procedimento sem o solo. Logo após a abertura dos recipientes, adicionou-se 5 ml de BaCl_2 (0,5 M) no recipiente com NaOH , e o mesmo foi titulado usando como indicador fenolftaleína 1%. O cálculo da respiração basal do solo é dado pela equação: $\text{CO}_2 \text{ (mg) PS/t} = (V_o - V) * 1.1) / P_s$

4.3.4. Quociente metabólico

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi obtido pela relação entre a respiração basal e carbono da biomassa microbiana conforme proposto por Anderson & Domsch (1993).

4.3.5 Atividade da uréase

A atividade da urease foi determinada pelo método descrito por Tabatabai & Bremner (1972). Em copos coletores com capacidade para 50 mL foram pesados 5g em triplicatas de cada amostra de solo e adicionado 0,2 mL de tolueno, 9 mL de THAM (0,05 m) pH 9 e 1mL de solução com uréia ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), deixando em repouso em estufa a 37°C por duas horas.

Depois deste período foram adicionados 35 mL de KCl-Ag₂SO₄ interrompendo assim a reação, agitando por alguns minutos e após completar o volume pra 50 mL as amostras foram agitadas novamente.

Para as amostras em branco foram adicionadas as mesmas soluções sem o solo adicionando a solução com uréia por último.

Para estimar a amônia liberada foram pipetados 20 mL da solução em suspensão e colocados em tubos de destilação contendo 0,2g de MgO, o destilado foi recolhido em erlenmeyer contendo 10 mL de indicador de ácido bórico e em seguida titulado com solução de H₂SO₄ 0,005 mol L⁻¹. A atividade da urease é expressa em $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$.

4.3.6. Hidrólise do diacetato de fluoresceína

Nesta análise utilizou-se a metodologia proposta por Diack (1997), este método é baseado na hidrólise do diacetato de fluoresceína (HDF) por células microbianas que liberam a fluoresceína que adquire uma tonalidade amarelo-verde, sendo quantificado por espectrofotometria.

Em copo coletor com capacidade para 50 mL foram pesados 3 g de solo úmido em três repetições de laboratório e adicionaram-se 50 mL de solução tampão fosfato de sódio com fluoresceína. Os copos foram tampados e agitados por 5 minutos e depois acondicionados por uma hora em uma temperatura de 35° C, e quando retiradas da estufa foram agitadas novamente por alguns segundos e em seguida as reações foram interrompidas pela adição de acetona (2 mL). Nas amostras em branco foram adicionadas as mesmas soluções (sem o solo), porém a acetona foi colocada antes da solução tampão.

O sobrenadante foi filtrado em papel filtro Whatman nº42. Para leitura no espectrofotômetro procedeu-se diluição de 1 mL do filtrado com 2 mL da solução tampão e então feitas as leituras da absorção em 490nm. Os valores encontrados são expressos em mg fluoresceína g⁻¹ solo h⁻¹.

4.3.7. Fosfatase Ácida

A avaliação da fosfatase foi fundamentada na leitura em espectrofotômetro do p -nitrofenol resultante da atividade enzimática da fosfatase ácida, segundo a metodologia descrita por Dick et al.(1996) .

Em 1 g de solo foram adicionadas as seguintes soluções: 4 mL de tampão (pH 6,0) e 1 mL de p nitrofenol fosfato - PNF($0,005 \text{ mol L}^{-1}$), em seguida as amostras foram tampadas, agitadas e acondicionadas a temperatura de 37° C por uma hora. Depois deste período a reação foi interrompida com adição de 1 mL de CaCl_2 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e 4 mL de NaOH ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$), após a agitação por 2 minutos as amostras foram filtradas com filtros Whatman nº42.

Em 1 mL do filtrado foi adicionado 9 mL de água destilada e feito leitura no espectrofotômetro a 410 nm. Para as amostras em branco foram adicionadas as mesmas soluções, no entanto o PNF foi adicionado depois das soluções de CaCl_2 e NaOH .

Os cálculos das concentrações de PNF produzida foram obtidos através da leitura em soluções com as seguintes concentrações de p nitrofenol fosfato: 0, 10, 20, 30, 40, 50 $\mu\text{g L}^{-1}$.

4.3.8. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias utilizando Tukey a 5% de significância (SAEG). Como análise complementar foi utilizada a técnica multivariada através da análise canônica envolvendo todas as variáveis bioquímicas do estudo a partir da qual foi reduzido o conjunto de dados em combinações lineares gerando os escores das duas primeiras variáveis canônicas que explicam mais de 80% da variação total, conforme recomendado por Cruz & Regazzi (1994), sendo esses escores projetados em gráficos bidimensionais.

Além dessa técnica, foi ainda utilizado o método de agrupamento de Tocher, com o propósito de discriminar os tratamentos que apresentaram maior similaridade, e para agrupar os diferentes tipos de manejo, a matriz de distâncias generalizada de Mahalanobis.

O gráfico com base na análise canônica foi gerado e os grupos formados através do agrupamento de Tocher. As análises foram realizadas de acordo com Cruz & Regazzi (1994), utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Carbono da Biomassa Microbiana

Os valores de carbono da Biomassa encontrados no ano de 2009 diferem entre si estatisticamente.

Tabela 2: Resumo das análises de variância nos dois anos de avaliação das áreas estudadas.

Ano	CBM	NBM	Resp	C _{ORG}	qCO ₂	CBM/C _{ORG}	Fosfatase ácida	HDF	Urease
2009	**	nd	**	*	ns	ns	**	nd	**
2010	**	**	**	*	**	**	**	**	**

*,**significativo a 5%, 1% respectivamente e não significativo (ns), de probabilidade pelo teste F. CBM- Carbono da Biomassa; Nd- não determinado; NBM- Nitrogênio da biomassa; Resp.- Respiração basal do solo; C_{org}- Carbono orgânico; qCO₂ quociente metabólico; CBM/C_{org}- lação entre carbono da biomassa e carbono orgânico HDF-Hidrólise do diacetato de fluoresceína.

Apesar deste aumento após 15 anos de adoção de plantio direto, esta área encontra-se somente com 48% do C-BM quando comparado com a área sem intervenção antrópica (Figura 7). Para a segunda coleta (2010) também se verificou diferenças significativas entre as áreas estudadas (Tabela 2), no entanto, os valores absolutos foram superiores aos obtidos na primeira coleta e verifica-se que a área com 15 anos apresentou C-BM semelhante à área de coval, não diferindo significativamente (Figura 7).

Esta diferença pode estar relacionada com a cobertura do solo no momento da coleta do mesmo. Em 2009, na primeira coleta, as áreas estavam sem vegetação e com pouco ou em alguns lugares sem cobertura, seja morta ou vegetal. Em 2010, a área estava com uma grande quantidade de palhada de milho, o que pode ter favorecido a maior concentração de C-BM.

Na primeira coleta (2009) da concentração do carbono da biomassa microbiana (C-BM) diferiu significativamente entre as áreas estudadas (Tabela 2). Observa-se que houve aumento do C-BM com o tempo, verificando incremento superior de 50% da área de 6 para 10 anos e de 67% desta para a área de 15 anos (Figura 7).

Esta diferença pode estar relacionada com a cobertura do solo no momento da coleta do mesmo. Em 2009, na primeira coleta, as áreas estavam sem vegetação e com pouco ou em alguns lugares sem cobertura, seja morta ou vegetal. Em 2010, a área estava com uma grande quantidade de palhada de milho, o que pode ter favorecido a maior concentração de C-BM.

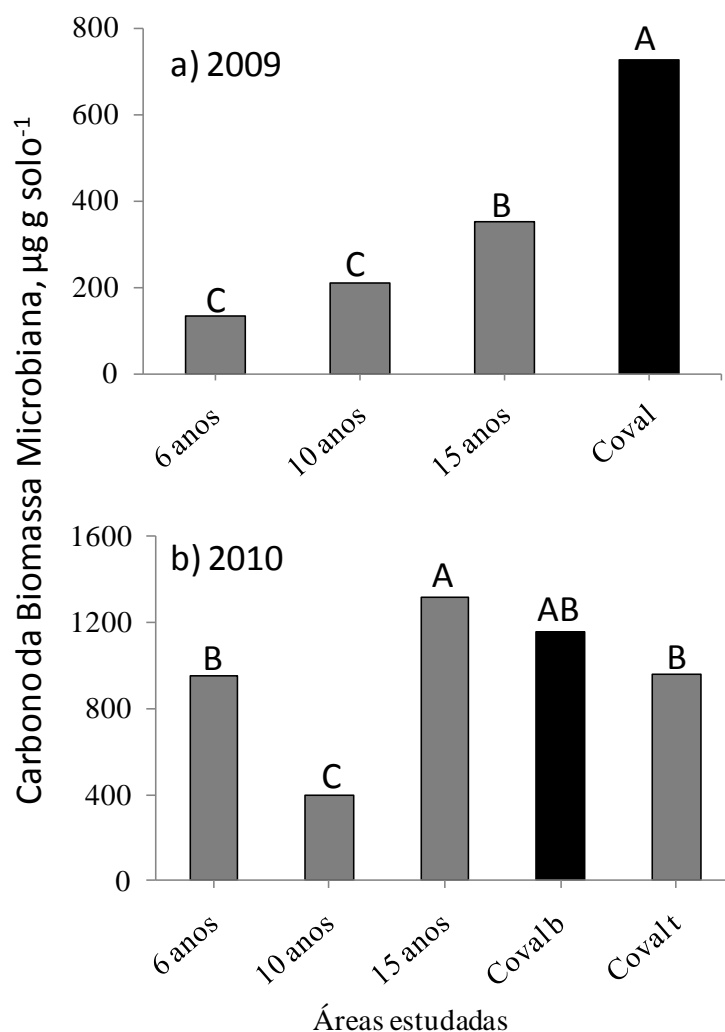


Figura 7. Concentração do carbono da biomassa microbiana nas duas coletas (2009 e 2010) nas áreas estudadas. Coval b – área do coval na base e Coval t – área do coval no topo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Além deste fato o acúmulo da palhada também pode favorecer uma maior atividade microbiana, pois representa uma fonte de nutrientes e energia para os microrganismos, proporciona redução na temperatura do solo e maior retenção de umidade no solo (Moreira & Siqueira, 2006). Fato observado em estudo desenvolvido no Paraná por Balota e colaboradores (1996) que observaram aumento de até 129% C da biomassa quando se utilizou plantio direto em relação a áreas com sistemas convencionais de cultivo.

5.2.1 Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)

O nitrogênio da biomassa Microbiana (N-BM) apresentou maiores valores em solos sem interferências em relação aos solos agrícolas, mesmo aqueles com 15 anos de cultivo (Tabela 3). Muitos autores têm encontrado maiores valores deste atributo áreas naturais, mesmo quando comparado com sistemas conservacionistas e até mesmo com áreas plantadas com eucalipto (Silva et al. 2009)

Tabela 3: Nitrogênio da biomassa em função das áreas de estudo no ano de 2010.

Áreas	N-BM g k ⁻¹ solo ⁻¹
Coval base	44,9 ab
Coval topo	66,6 a
6 anos de uso	11,9 c
10 anos de uso	30,3 b
16 anos de uso	18,3 c
Cv %	23

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aumento significativo nos teores de N-BM semelhantes a este trabalho também foram encontrado em áreas de plantio direto no Paraná por (Pereira et al. 2007; Vargas et al. 2005).

5.2.2 Respiração Basal Do Solo

A respiração do solo (C-CO₂) apresentou pequena variação entre as áreas estudadas nas duas coletas avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4: Respiração basal do solo das áreas em estudo.

Áreas	C-CO ₂ mg C-CO ₂	
	2009	2010
Coval _{base}	17, a	26,46 b
Coval _{topo}		28,16 b
6 anos	3,5 b	10,48 c
10 anos	15,3a	27,89 b
15 anos	17,7a	48, 27 a
Cv%	29	35

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na primeira coleta a área de 6 anos foi a que apresentou menor C-CO₂ diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) das demais áreas estudadas e ficando em torno 80% menor que a área de coval. Fato também observado na segunda coleta, no entanto a redução foi de 60%. A respiração do solo pode indicar em curto prazo a mineralização da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes e em longo prazo a redução da própria matéria orgânica (Nanninperi, 1984; Parkin et al. 1996), e é influenciada por fatores como umidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes.

O aumento da respiração microbiana pode ser explicado pelo plantio direto pelo aumento da matéria orgânica que também foi observado em estudos por (D" Andréa, 2001; Souza et al. 2006; Pereira et al. 2007).

Esta variação é muito sensível e por isto pode ser afetada por vários fatores bióticos e abióticos (Parkin et al. 1996) e por este motivo deve ser sempre ser avaliação em conjunto com outros indicadores com o carbono da biomassa microbiana e a relação com esta variável que forma o qCO_2 .

Os resultados do qCO_2 encontram-se na Figura 6. Pode-se observar maiores valores nas áreas agrícolas em relação à área referência (Coval). Na primeira coleta, mesmo após 15 anos, o qCO_2 foi maior que a área referência, fato observado na segunda coleta. No entanto, pode-se observar uma redução no qCO_2 quando comparado com a área de 10 anos. Outro ponto importante é o menor qCO_2 na área de 6 anos, isto pode ser devido a baixa população microbiana, demonstrada pelo carbono da biomassa microbiana, na primeira coleta e baixa respiração microbiana na segunda coleta.

O qCO_2 reflete alterações bióticas e abióticas na população microbiana do solo (Anderson e Domsch, 1993). Em ambientes com algum tipo de estresse a população oxida mais carbono para sua manutenção refletindo em valores elevados, principalmente em ambientes recentemente alterados e não consolidados.

Assim como verificados nas outras variáveis, o qCO_2 demonstra que está ocorrendo oxidação do carbono para manutenção da população microbiana e que somente a partir de 10 anos é que está ocorrendo redução do qCO_2 e portanto incorporação de carbono via biomassa microbiana. Franchini et al. (2007), em ensaio de longa duração no Paraná, observou menor qCO_2 em solos sob plantio direto, o que evidencia a eficiência metabólica da microbiota do solo.

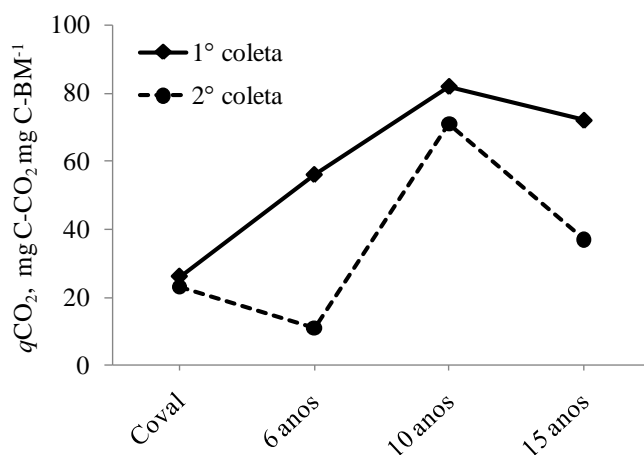


Figura 8. Quociente metabólico (qCO_2) nas áreas estudadas e nas duas coletas realizadas. Para o Coval foi inserido a média dos resultados obtidos base e topo a segunda coleta.

5.4 Carbono Orgânico e Coeficiente Microbiano

Para o carbono orgânico total (Corg), na primeira coleta observa-se que somente a área de coval diferiu das demais, sendo que estas apresentaram resultados semelhantes não diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) entre si (Tabela 5), fato também observado na segunda coleta (2010). Nas duas coletas observou-se que a concentração de Corg não foi recuperada mesmo após 15 anos de sistema de plantio direto.

Tabela 5: Carbono orgânico total e coeficiente microbiano (CBM/Corg) das áreas estudadas

Áreas	C org g Kg ⁻¹		CBM/Corg %	
	2009	2010	2009	2010
Coval _{bas}				
e	32 a	41,52a	2,3 a	2,8 b
Coval _{topo}		30,7b		3,2 a
6 anos	15 b	27,7b	1,0 b	3,5 a
10 anos	20 b	33,2b	1,0 b	1,2 c
15 anos	23 b	29,1b	1,6 b	3,9 a
Cv%	20	10	56	38

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si na mesma coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade Carbono Orgânico (Corg), Relação CBM/Corg x 100

Nas amostras de 2009 as concentrações foram muito baixas em relação à área referência, no entanto, nas amostras coletadas na segunda coleta pode-se observar que os valores foram superior a da primeira coleta. Este fato pode ser devido à grande quantidade de resíduos vegetais que estava sobre o solo (palhada de milho) e que no ano de 2009 o solo praticamente não apresentava resíduos vegetais remanescente.

5.5 Atividade da Fosfatase Ácida

A atividade da fosfatase ácida foi maior em solos sob covais e menores nos sistemas agrícolas estudados nas duas coletas realizadas (Tabela 3). Percebe-se que mesmo após 15 anos de cultivo em sistemas conservacionista a atividade foi 30% menor que o solo da referência na primeira coleta e 50% na segunda. Assim como observado nas diferentes variáveis, a atividade desta enzima foi afetada e não recuperou após 15 anos de plantio direto.

Tabela 6: Enzimas avaliadas em função das áreas estudadas nos anos de 2009 e 2010

Áreas	Fosfatase		Urease	
	Ácida (mMol PNF kg ⁻¹ h ⁻¹)		µg (N-NH ₄ ⁺ g ⁻¹ solo h ⁻¹)	
	2009	2010	2009	2010
Coval _{base}	116 a	126,9 a	305 a	320 a
Coval _{topo}		74,7 b		272 a
6 anos	70 b	35,5 c	55 b	125 b
10 anos	39 c	55,9 bc	143 b	126 b
15 anos	44 c	71,3 b	79 b	121 b
CV%	23	22	67	32

Médias seguidas pela mesma letra não diferem na mesma coluna entre si pelo teste Tukey a 5%.

5.6 Atividade da Urease

A avaliação atividade da urease pode indicar o potencial do solo em converter nitrogênio orgânico em mineral . Foi possível observar que não houve diferenças significativa ($p \leq 0,05$) entre as áreas agrícolas e maiores atividade nas áreas sob coval (Tabela 6). Mesmo com 16 anos de cultivo os valores são menores que os da área de referencia.

5.7 Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (HDF)

Assim como observado para a fosfatase ácida, a urease apresentou o mesmo comportamento. Nota-se que não houve diferenças significativa ($p \leq 0,05$) entre

as áreas agrícolas e maiores atividade nas áreas sob coval (Tabela 4). Já para a hidrólise do diacetato de fluoresceína (DAF) mostrou-se pouca distinção entre as áreas estudadas, sendo observado menor valor para a área de 10 anos e maior para de 6 anos (Figura 7).

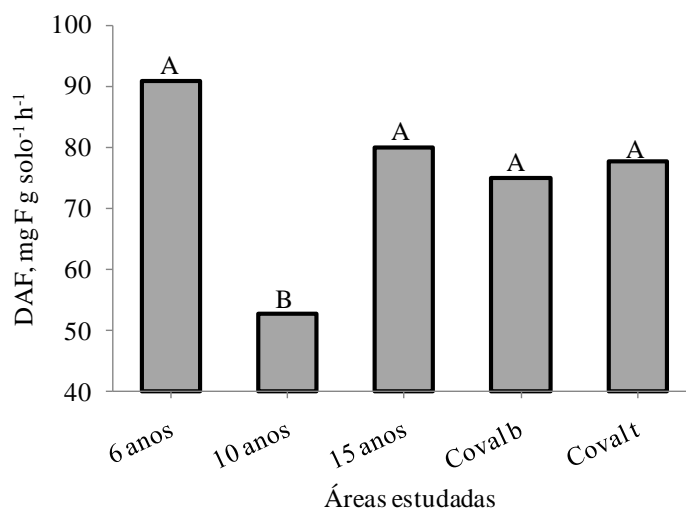


Figura 7. Atividade do diacetato de fluoresceína (DAF) em função das áreas estudadas. Coval b – refere-se a solos na base do coval; Coval t – refere-se ao topo do coval. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

5.2 Análises Canônicas

Na análise canônica para os atributos bioquímicos do solo em função da cronossequência de e usos do solo, para a coleta de 2009, a primeira e a segunda variável canônica representam 98% da variação total, o que de acordo com Cruz & Regazzi (1994), é satisfatório para avaliação por meio da dispersão gráfica dos escores em relação às 1^a e 2^a variáveis canônicas. Além da dispersão gráfica, o método de agrupamento de Tocher foi utilizado e evidencia a formação de três grupos, sendo o primeiro com a área referência, o segundo pela área de 6 anos e o terceiro um composto pelas áreas de 10 e 15 anos (Figura 8). Para este último grupo, as áreas agrupadas apresentaram um comportamento similar de 87% de similaridade.

Com base nos atributos bioquímicos avaliados, os resultados demonstram que está ocorrendo melhorias, fato comprovado pela proximidade das áreas com maior tempo de adoção de plantio direto (10 e 15 anos) em relação a área referência (Coval). Outro ponto importante é o impacto que a transformação destas áreas em sistemas agrícolas promovem ao solo, que mesmo após 6 anos de adoção de um sistema conservacionista observou-se reduções em vários atributos bioquímicos estudados.

As variáveis de maior importância por apresentar maior coeficiente de ponderação nas últimas variáveis canônicas, ou seja, aquelas que retêm grande parte da variação total disponível foi o carbono da biomassa microbiana e a fosfatase ácida. Este resultado corrobora com outros estudos que evidenciam uma maior discriminação pelos atributos biológicos (Maluche-Baretta et al. 2006).

Para a segunda coleta (2010), as duas primeiras variáveis canônicas explicam, respectivamente, 59% e 22%, o que representa 81% da variância total disponível nas variáveis bioquímicas. As áreas foram agrupadas em quatro grupos, sendo o primeiro composto pelas áreas de 7 e 11 anos (65% de similaridade) e os outros com componentes individuais (Figura 8). Assim como foi observado na primeira coleta às variáveis que apresentaram maior discriminação por apresentar maior coeficiente de ponderação nas primeiras variáveis canônicas foram o carbono da biomassa microbiana e a fosfatase.

Os resultados nas duas coletas demonstram o impacto que a agricultura promoveu neste solo e em relação aos atributos bioquímicos avaliados e percebe-se que mesmo após 15 anos de adoção de um sistema conservacionista estes atributos mostram-se abaixo da área referência. Como descrito na anteriormente, este ecossistema atualmente é protegido por lei e os resultados mostram a fragilidade e baixa resiliência do mesmo a alterações antrópicas.

Por se tratar de um importante captador de água a preservação destas áreas podem contribuir para a manutenção dos cursos d'água e da própria microbacia em que este solo está inserido.

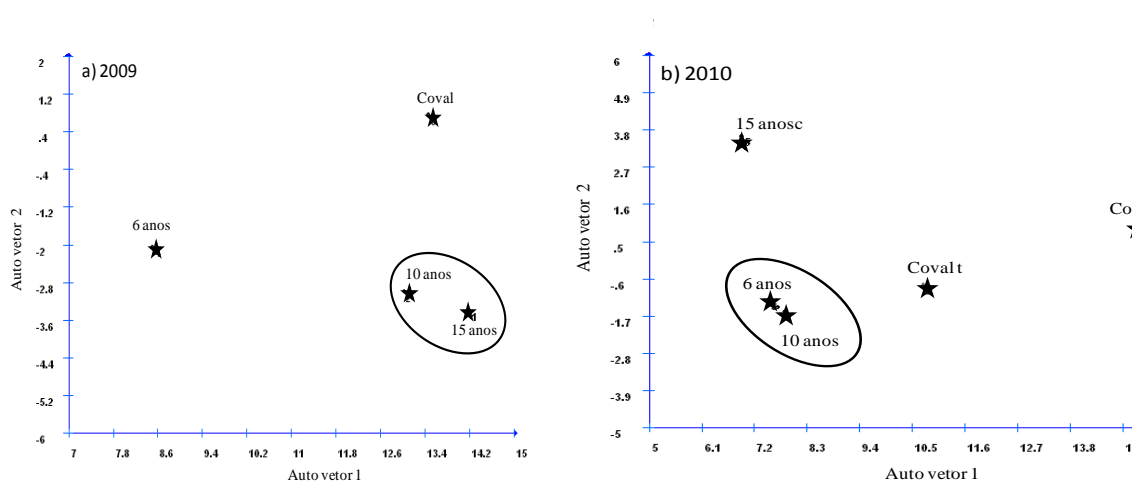


Figura 8. Dispersão e agrupamento pelo método de Tocher das duas primeiras variáveis canônicas nas duas coletas na cronosequência de uso de um Plintossolo Háplico.

5.1 Conclusões

Pelos resultados pode-se observar que está ocorrendo melhorias na qualidade do solo avaliada pelos indicadores analisados. No entanto, mesmo após 15 anos de sistema conservacionista não houve recuperação, quando comparada com a referência (Coval), nas variáveis de nitrogênio na biomassa microbiana, no carbono orgânico, na fosfatase ácida e urease. A adoção de plantio direto com sucessão soja (safra) e milho (safrinha) para este solo deve ser alterada e considerar a possibilidade de entrada de outras culturas e principalmente algumas com a finalidade de introdução de nitrogênio via leguminosas.

Deve salientar que este trabalho considera a profundidade até 10 cm e que o maior problema deste solo é a formação de plintita na sub superfície, o que necessita de estudos mais específicos para determinação do processo de mineral secundário.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry*, v.22, p. 251-255, 1990.

ARAÚJO NETO, M.D. The murundus of the Cerrado region of central Brazil. *Journal of tropical ecology*, v2, p.17-35, 1986.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; SOARES, A.L.L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após mineração de bauxita. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 32: 621-632, 2008.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 22: 641–649, 1998.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização*. Porto Alegre: Gênese, p. 9-26, 1999.

BURNS, R.G. Interaction of enzymes with soil mineral and organic colloids. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (Ed.). *Interactions of soils minerals with natural organics and microbes*. Madison: Soil Science Society of America, p. 429-451, 1986.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, v.19, n.4, p. 269-279, 1995.

CRUZ, C.D. Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 394p, 1994.

D'ANDREA, 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 do sula do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 913-923, 2002.

DIACK, M. Relationships between soil biological and chemical characteristics and surface soil structural properties for use in soil quality. Purdue. 221p. Tese(Doutorado) - Purdue University, 1997.

DICK, R. P. BREAKWELL, D. P. & TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J (eds). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, p. 247-272. 1996.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STAWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison. Soil Science Society of America, p 3-21, 1994. (Special Publication, 35).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

FEIGL, B.J.; SPARLING, G P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biology and Biochemistry*, v.27, n.11, p.1467-1472, 1995.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREALL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Montreal, v. 74, p. 367-385, 1994.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J,C, BRANDÃO- JÚNIOR,O; KASCGUK, G; Souza, R,A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*, V.42 p. 288–296, 2009.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: p. 37-51. 1994.

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*, v.41 p. 1531-1539, 2006.

MATHEWS, A.G.A. *Studies on térmites from the Mato Grosso State, Brazil*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 267p, 1977.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27, 425-433, 2003.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 435-443, 2003.

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

NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Efeito de características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.18, p.49-53, 1994.

NANNINPIERI, P. Microbial Biomass and activity measurements in soil in soil: ecological significance. In: Klug, M.J.; Reddy, C.A. *Current perspectives in microbial ecology*. Washington: American Society for Microbiology, p.515-521, 1984.

NIELSEN, N.M., & WINDING, A. *Microorganisms as Indicators of Soil Health*. Denmark, National Environmental Research Institute, 84 p, 2002.

NOGUEIRA, M.A; Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115, 237-247, 2009.

OLIVEIRA, J.R.A. O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado. Brasília, Universidade de Brasília, 115p, 2000. (Tese de Mestrado)

OLIVEIRA-FILHO, A. T. The vegetation of Brazilian 'murundus' the island-effect on the plant community. *Journal of Tropical Ecology* 8: 465-486, 1992.

ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 434p, 1985.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A., (Ed.). Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of América, p. 231-245, 1996.

PULLAN, R.A. Termite hills in Africa: Their characteristics and evolution. *Catena* 6: 91-267, 1979.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. *Pedologia: Base para distinção de ambiente*. 4ª Ed. Viçosa, MG, Editora UFV, 338p, 2002.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. *Biology and Fertility of Soils*, v. 35, n. 2, p. 96-101, 2002.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T. Biomassa e Atividade Microbiana em Solo sob Diferentes Sistemas de Manejo na Região Fisiográfica Campos das Vertentes – MG. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*; 34: 1585-1592, 2010.

SOUZA, D.E.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.S.; BUZETTI, S. Frações do carbon orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejo e usos do solo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v 28, n 3, p.323-329, 2006.

TABATABAI, M. A. & BREMNER, J. M. Assay of urease activity in soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 4: 479-487, 1972.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, J. S.; BOTTOMLEY, P.S. *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, p.775-883, 1994.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO,C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. (Boletim Técnico, 5). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p, 1995.

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

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imonilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. *Revista Ciencia Rural*, 35: n1, p. 76-83, 2005.