

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável

**AVALIAÇÃO DOS INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DE QUALIDADE DO SOLO DE CERRADO DEGRADADO APÓS O  
CULTIVO DE LEGUMINOSAS**

Goiânia

2015

MARIA CECÍLIA ALVES DE VASCONCELOS

**AVALIAÇÃO DOS INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DE QUALIDADE DO SOLO DE CERRADO DEGRADADO APÓS O  
CULTIVO DE LEGUMINOSAS**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Mestrado em Ecologia e  
Produção Sustentável da Pontifícia  
Universidade Católica de Goiás como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre.

Orientador: Prof.Dr.Roberto Toledo de  
Magalhães

Goiânia

2015

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)  
(Sistema de Bibliotecas PUC Goiás)

Vasconcelos, Maria Cecília Alves de.

V331a Avaliação dos indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo de cerrado degradado após o cultivo de leguminosas [manuscrito] / Maria Cecília Alves de Vasconcelos – Goiânia, 2015.

59 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ecologia e Produção Sustentável, 2015.

“Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães”.

Bibliografia.

1. Biomassa. 2. Leguminosa. 3. Recuperação de terra. 4. Solos – Análise. I. Título.

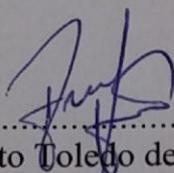
CDU 631.42(043)

MARIA CECÍLIA ALVES DE VASCONCELOS

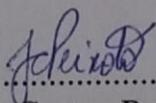
**AVALIAÇÃO DOS INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE  
QUALIDADE DO SOLO DO CERRADO DEGRADADO APÓS O CULTIVO  
DE LEGUMINOSAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 11 DE MARÇO DE 2015

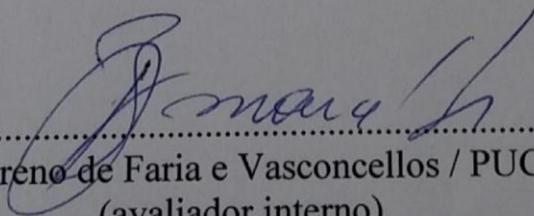
**BANCA EXAMINADORA**



.....  
Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães / PUC Goiás  
(presidente-orientador)



.....  
Prof. Dr. Josana de Castro Peixoto/ UniEVANGÉLICA  
(avaliador externo)



.....  
Prof. Dr. Breno de Faria e Vasconcellos / PUC Goiás  
(avaliador interno)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela constante presença em minha vida, e, pela a oportunidade de concluir mais esta etapa, o que traz muita alegria e realização.

A Fundação de Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pela concessão da bolsa de pesquisa, fundamental para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Roberto Toledo de Magalhães pela amizade, ensinamentos e orientação.

Ao técnico da UFG de Jataí, Msc. Marcos Humberto Silva de Assis e prof. Dr. Breno de Faria Vasconcellos, pelo auxílio nas análises.

A minha sogra, Elizabeth Maria da Silva, que me incentivou, acreditou e contribuiu para realização e conclusão do mestrado.

A prof. Dra. Ana Christina Sanches, pelo apoio, amizade, palavras de incentivo, carinho e ensinamentos. Obrigada por ser uma referência para mim.

Aos colegas de curso Marciliana, Bruno, Igor, Rafael e Carol, pelo apoio, incentivo e amizade e companheirismo. Os momentos com vocês foram inesquecíveis.

Ao meu esposo, Gustavo Silva por compreender os momentos de angustia, estresse, por se companheiro nos momentos em que precisei que estivesse ao meu lado.

A minha mãe, Maria de Lourdes, pelo auxílio e cuidado comigo, pelo carinho e compreensão, obrigada também por todas as orações.

E finalmente, a todos aqueles que, cada qual a sua maneira e importância, contribuíram de forma direta ou indireta para que esta pesquisa se concretizasse.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELA.</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO TEÓRICA GERAL</b>	<b>10</b>
2.1 Caracterização de áreas degradadas	10
2.2 Características das leguminosas	11
<b>3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>18</b>
<b>Análise de indicador bilógico do solo – alteração do Carbono da Biomassa (BMS) na recuperação de solos após o plantio de Leguminosas.</b>	<b>18</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>2. REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>23</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>25</b>
3.1 Área de Estudo	25
3.2 Delineamento experimental.	25
3.3. Análises	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>35</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>39</b>
<b>Análise de parâmetros químicos do solo – alteração da matéria orgânica, pH, Fósforo, Potássio e somatório do Ca e Mg trocáveis (Ca+Mg) na recuperação de solos após o plantio de Leguminosas.</b>	<b>39</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>42</b>
<b>2. REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>44</b>
2.1. Índices de Qualidade do solo (IQS)	44
2.2 Parâmetros químicos e a sua relação com o solo	45
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>49</b>
3.1 Área de Estudo	49
3.2 Delineamento experimental.	50
3.3. Análises	51
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>52</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELA.

Figura 1: Demarcação dos canteiros em área experimental .....	27
Figura 2: Resultados visuais das análises: .....	29
Figura 3: Variação Pluviométrica da cidade de Goiânia durante o ano de 2013.....	33
Figura 4: Variação Pluviométrica da cidade de Goiânia durante o ano de 2014.....	34
Gráfico 1: Média dos valores de biomassa Microbiana expressas em $\mu\text{g C/ g}$ de solo seco .....	31
Tabela 1: Análises dos Indicadores químicos de qualidade do solo (IQS).....	54

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil as áreas de pastagem configuram a maior cultura agrícola do país, contando com um rebanho bovino de aproximadamente 212,8 milhões de cabeças, entretanto, pesquisas apontam que 60% dessas áreas de pastagens estão degradadas (IBGE, 2011). Em estudos realizados na floresta do Pantanal por Cardoso et al. (2009), a substituição da floresta nativa por pastagem cultivada interferiu diretamente na qualidade e ecossistema do solo, promovendo alterações significativas em atributos químicos e biológicos, intervindo diretamente na qualidade e riqueza do solo. Para tanto, é preciso buscar um solo de qualidade, que segundo Zatorre (2008), é definida como a capacidade deste em funcionar dentro do ecossistema visando sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais.

A expansão da pecuária de corte em áreas de vegetação nativa continua sendo a estratégia utilizada para o aumento da produção de carne bovina sem gastos com manejo de solos. Um dos biomas mais afetados nas últimas décadas foi o Cerrado, destacando-se como a grande propulsora do agronegócio da carne bovina de corte brasileira e de produção de leite. De acordo com Sano et al. (2008), este rebanho estaria ocupando uma área de pastagens cultivadas de 54,2 milhões de hectares do Cerrado, representando 26,4% da superfície do bioma.

O modelo extrativista de produção pecuária deve ser revisto no sentido de adequar-se à nova realidade do setor produtivo, considerando-se a recuperação das áreas já utilizadas. O grande desafio para a agricultura do século XXI é aumentar a produtividade de alimentos saudáveis, a um baixo custo e com o menor impacto ambiental. Neste sentido os estudos que buscam resolver esta equação com enfoque sustentável estão em evidência. Pesquisas relacionadas à utilização de leguminosas na recuperação de áreas degradadas pela formação de pastagem e intervenção antrópica na agropecuária de Goiás visam sanar duas problemáticas: a melhoria dos indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo e a produção de forragem para o gado na estiagem.

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, na medida em que seu uso e mobilização intensiva podem redundar na diminuição de

sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004).

O entendimento da ecologia de solos, das atividades biológicas e toda estrutura orgânica facilita a racionalização do manejo agrícola e a conservação do solo (ROSCOE et al., 2006). Assim, considerando esses fatores isolados ou em conjunto, à medida que aumenta o tempo de uso desses solos, ocorrem reduções significativas do teor de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente o N, atribuídas, em grande parte, às perdas por erosão (AITA et al., 2001). Esses fatores demonstram que a degradação do solo está visível e as suas atividades biológicas afetadas. A matéria orgânica do solo é proveniente, em sua maior parte, da vegetação e seus resíduos que, manejados adequadamente, exercem ação protetora contra a desagregação do solo pela chuva por aumentarem a formação e a estabilidade dos agregados. Quando há uma quantidade alta de matéria orgânica no solo a atividade microbiana é intensificada, fazendo com que o solo fique mais estáveis, devido aos agentes cimentantes agregados ao material orgânico.

Os diferentes sistemas de manejo e preparo do solo exercem também efeitos diretos na formação e estabilização dos agregados. Assim, a eficiência do cultivo visando a diminuição do processo erosivo e a recuperação do solo em suas propriedades físicas, químicas e biológicas são estudadas e buscadas intensivamente, sendo que a prática que tem se mostrado mais eficiente é a de alternar plantas de cobertura do solo com potencial de proteção com outras espécies de cultivares (AITA et al., 2001).

A fim de reverter o processo de degradação física dos solos agrícolas, práticas sustentáveis de manejo de solos e de culturas, tais como: cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, adubação orgânica, consorciação, rotação de culturas, dentre outras, têm sido recomendadas.

O problema de degradação da área de estudo está associado a intervenção antrópica através criação de gado de forma intensiva, retirada da vegetação nativa, perda de produtividade do solo e, conseqüentemente, compactação devido a ausência de cobertura vegetal. O presente trabalho tem por objetivo verificar alterações químicas e biológicas deste solo em decorrência da adoção do plantio direto de leguminosas, a fim de averiguar os indicadores de qualidade químicos e

biológicos do solo que sofreram alterações, sem a utilização de adubação na área experimental.

## **2. REVISÃO TEÓRICA GERAL**

### **2.1 Caracterização de áreas degradadas**

A disponibilidade de crédito início dos anos 1970 e o acesso aos recursos tecnológicos originados da Revolução Verde no país fez com que a área cultivada aumentasse drasticamente, trazendo várias consequências ambientais, entre outros danos, a erosão e a contaminação do solo, o desperdício e a contaminação dos recursos hídricos, a destruição das florestas e o empobrecimento da biodiversidade. (SAUER & BALESTRO, 2009).

As atividades antrópicas sobre os ecossistemas, como a agricultura mecanizada, o predomínio das monoculturas e o uso de extensas pastagens, têm contribuído para a degradação dos solos, como consequência do uso intensivo e inadequado dos ambientes naturais. O conhecimento dos processos responsáveis por alterações ambientais, principalmente o manejo incorreto da terra, é essencial para obtenção de sistemas de produção agropecuária sustentável (SILVA et al., 2011).

A remoção da vegetação nativa inicia o processo de perda de matéria orgânica do solo. As atividades agropecuárias apresentam-se como um fator de aceleração desta degradação, geralmente intensificada pelo uso do fogo e super pastejo. As fontes de perturbação do solo são diversas, e muitas delas naturais, como as gistas as chuvas, os ventos e mesmo o fogo, porém quando estas não são provocadas a própria resiliência do ambiente recupera a área afetada. As perdas mais significativas para o solo estão relacionadas a evasão de matéria orgânica, devido a quantidade de nutrientes retidos nelas, e são ocasionadas, em grande parte, pelo uso indevido dos solos (FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003).

A degradação geralmente se processa em duas fases: a degradação agrícola e a biológica. A primeira delas é o processo inicial de perdas de produtividade econômicas, desequilíbrio no controle de ervas daninhas e dos

agentes bióticos adversos, como por exemplo, as pragas. Já a degradação biológica refere-se a uma intensa diminuição da capacidade de produção de biomassa vegetal, ocasionada por diferentes processos que levam a perda de nutrientes e matéria orgânica, aumento da acidez e compactação do solo. Há evidências de que mesmo os processos erosivos são fortes em áreas de pastagem, pois o gado altera a compactação do solo e a textura da cobertura das camadas superficiais do solo, em relação às áreas próximas cobertas com vegetação natural. (WADT et al., 2003)

O rearranjo das estruturas do solo ocasionando diminuição da porosidade e infiltração de água são consequências do manejo inadequado das terras de pastagem e o uso intensivo do solo, afetando suas estruturas físicas e a composição químicas. (REICHERT et al., 2010). Segundo PENG et al.(2004) a compactação é considerada a principal causa de degradação do solo no mundo, ocasiona pela agricultura mecanizada e pastejo.

A recuperação de áreas degradadas é um processo e, como tal, é composto por várias etapas que devem ser desenvolvidas num conjunto, para obter o resultado final que é restabelecer o seu potencial de produção. A expansão da área ocupada pela agricultura na região do cerrado tem acarretado o surgimento de áreas que, após alguns anos de uso, podem se degradar e, muitas vezes, são abandonadas por se tornarem improdutivas. A restauração das áreas degradadas pode do manejo verde, buscando não apenas a reposição dos elementos como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, como também a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. (MELO, et al., 2009).

## **2.2 Características das leguminosas**

O cultivo de plantas de cobertura do solo com sistema radicular abundante pode ser uma alternativa aos métodos de escarificação mecânica adotados para a descompactação do solo. Além de mitigar a perda de matéria orgânica, a vegetação de cobertura proporciona benefícios adicionais, como a ciclagem de nutrientes, aumenta a estabilidade dos agregados do solo por meio de suas raízes vigorosas e evita o contato das gotas de chuva diretamente no solo (ABREU et al., 2004).

A leguminosas se adaptam à solos com baixa fertilidade e o seu plantio é frequentemente recomendado para recuperação de áreas degradadas. Além do seu sistema radicular, que estabiliza os agregados do solo, estas plantas são capazes de aumentar a quantidade de matéria orgânica produzida, estimulam os processos químicos e biológicos no solo, auferindo melhoria em seus parâmetros de qualidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

Segundo Fernandes e Fernandes (1998), as leguminosas se caracterizam por fixar Nitrogênio aproveitado pelas gramíneas associadas e por manter sua qualidade através dos tempos, especialmente proteína bruta (PB) durante a época seca quando consumida pelos animais. A utilização de espécies forrageiras com alto potencial para a fixação biológica de nitrogênio seria a forma mais viável para suprir à deficiência de nitrogênio das pastagens dedicadas a criação extensiva de bovinos. Do ponto de vista agrícola e ecológico, os principais sistemas fixadores de nitrogênio na agricultura são formados por leguminosas, como ervilhas, feijões, soja, grão de bico e leguminosas forrageiras, como o amendoim e o estilosantes. Todos envolvem a associação de uma espécie de bactérias do gênero *Rhizobium* (rizóbio) com uma leguminosa e, caracteristicamente, a bactéria coloniza zonas das raízes em pequenas excrescências chamadas de nódulos (FREIRE, 1992).

Dentre as leguminosas tropicais, as espécies dos estilosantes (*Stylosanthes* sp.) têm despertado especial interesse, por sua importância econômica como forrageiras. Em 2000 a EMBRAPA Gado de Corte lançou no mercado o estilosantes Campo Grande, uma cultivar composta por duas espécies de leguminosas, o *Stylosanthes macrocephala* e o *S. capitata* (EMBRAPA, 2000). Em 2003, essa cultivar já apresentava bons resultados na região dos Cerrados. O plantio do estilosantes Campo Grande é recomendado pela Embrapa Gado de Corte para locais de clima tropical, com pluviosidade anual mínima de 700 mm e máxima de 1.800 mm, pois estas plantas não se adaptam à regiões com ocorrência de geadas frequentes ou com umidade do ar e temperaturas altas o ano todo (ANDRADE et al. 2010).

O estilosantes Campo Grande é uma leguminosa adaptada a solos ácidos e considerada pouco exigente em relação a fertilidade do solo. O seu plantio deve ser iniciado na estação chuvosa. Para suprimento animal, esta leguminosa é

recomendada em proporções de 20% a 40% do total da forragem ofertada ao gado, e aconselha-se realizar o plantio consorciado com gramínea para cobertura de pasto. Estas características estão associadas a adaptação do animal ao consumo da leguminosa, devido ao excesso de fibra, porém a planta apresenta boa palatabilidade para bovinos e alto valor nutricional, conferindo aumento na produção de carne e leite (EMBRAPA, 2000; ANDRADE et al. 2010).

O uso do estilosantes Campo-Grande na recuperação de áreas degradadas é recomendado por contribuir com a sustentabilidade sistemas agropecuários, devido às seguintes características:

- Capacidade de fixação biológica de nitrogênio.
- Sistema radicular profundo, podendo atingir até 1,5 m.
- Produção de boa quantidade de matéria seca (8 a 14t/ha em estandes puros). No consórcio com gramíneas, em que se busca uma participação da leguminosa de 30% a 40% na matéria seca da forragem,espera-se uma produção de 3 a 6 t/ha/ano.
- A matéria orgânica produzida apresenta baixa relação carbono/nitrogênio, o que possibilita sua rápida mineralização no solo, disponibilizando nutrientes para as plantas, como também melhorando a estrutura do solo e sua capacidade de retenção de água.
- Boa capacidade de produção de sementes, o que possibilita excelente ressemeadura natural e formação de novas plantas, aumentando a persistência da pastagem.
- Cobertura do solo: plantas de ECG utilizam espaços vazios não cobertos pela gramínea, evitando a exposição do solo
- Redução de risco de erosão: como consequência dos atributos agronômicos supracitados, em pastagens consorciadas com ECG, as perdas de solo por processos erosivos são significativamente reduzidas (...) (EMBRAPA, p. 4, 2007).

Outra leguminosa bem adapta à região de Goiás é o Feijão-Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), apresentando alta capacidade de produção mesmo em solos com baixa fertilidade e pH ácidos. Como existe um grande número de variedades, as plantas de guandu apresentam grande variação de porte, hábito de crescimento, características de sementes e resposta à foto-período. O guandu cresce em solos com pH de 5 a 8, mas apresenta o melhor desempenho em solos aproximadamente neutros. Em estudos realizados pela Embrapa Gado de Corte foi demonstrado que o Guandu pode ser uma grande fonte de reserva proteica para os animais durante os

períodos de estiagem, sendo viável para o aumento de peso dos animais. Além de suas características comuns às leguminosas, essas plantas se associam com a flora bacteriana nativa dos solos do Cerrado, apresentando uma resposta positiva na nodulação e fixação de Nitrogênio. Outra característica importante é a sua alta capacidade de decomposição e, conseqüentemente, aporte de matéria orgânica ao solo (SEIFFER & THIAGO , 1983).

Um conceito já desenvolvido em 1982 e pouco empregado na agropecuária é o consórcio de leguminosas com gramíneas para a ciclagem de pastagens e nutrição animal (SEIFFERT,1982) . Hoje sabe-se que além das propriedades nutricionais observadas para o gado as leguminosas são importantes agentes no ecossistema do solo, influenciando diretamente a biota solo. Os microrganismos são sensíveis a alterações ambientais e expressam respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na comunidade e na atividade microbiana precedem mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo, ou mesmo esboçando que as intervenções no manejo estão alterando as características do solo, seja positivamente ou negativamente (AMADO et al., 2001).

Muitas espécies de Braquiária possuem dificuldades em se adaptar aos solos com baixa fertilidade do Cerrado Goiano, dificultando o seu manejo e diminuindo a sua produtividade. Como alternativa aos gastos que seriam necessários para a correção do solo adota-se o plantio de leguminosas para o incremento de nutrientes nos solos. Visando encontrar uma leguminosa que apresentasse boa compatibilidade com a braquiária, iniciou-se em 1978, em Campo Grande - MS, um experimento em que foram plantadas em faixas e testadas sob pastejo, em áreas contendo *Brachiara. Decumbens* Stapf. Após um período de avaliação de 3 anos o Calopogônio apresentou a melhor persistência e em função destes resultados (ZIINMER &SEIFFER, 1983)

O Calopogônio (*Calopogonium muconoides* Desv.) é uma Fabaceae nativa da América do Sul. Torna-se perene em condições favoráveis, estabelecendo-se com facilidade a partir de sementes gerando densa manta verde com 0,50 m a 1,0 m de altura, porem, não persistindo após meses de seca. São plantas com

características herbáceas e hábitos de crescimento rasteiro, trepadora com longos estolões, densamente cobertas com pelos de coloração ferruginosa (DEVIDE, 2013).

O Calopogônio possui um sistema radicular muito vigoroso e profundo e compete por água e nutrientes com as culturas consorciadas, sendo eficiente na escarificação mecânica, porém competidor das plantas consorciadas (FORMENTINI et al, 2008). Tolera solos de baixa fertilidade natural e ácidos com pH de 4,5 a 5,0. Apesar de resistir ao alagamento temporário, não se adapta aos solos mal drenados, podendo ser cultivado a partir do nível do mar até em altitude de 2.000 mm.

### 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M. ; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:519-531, 2004

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, 25,IBGS:189-197, 2001.

ANDRADE, C.M.S. de; ASSIS, G.M.L.de; SALES, M.F.L. Estilosantes Campo Grande: Leguminosa Forrageira Recomendada para Solos Arenosos do Acre, **Circular Técnica**, v 55. 2010. 12p.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**. 25:157-165, 2001.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**, 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP. 2008, 355p.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44 (6) p.631-637, 2009.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J. e ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39(11): 1153-1155. 2004.

DEVIDE, A. C. P et al. Desenvolvimento do Guanandi (*Calophyllum braziliense*) em dois ambientes visando à conversão agroflorestal. **Anais... VIII CBSAF, Belém, PA** : Embrapa Amazônia Oriental : UFRA : CEPLAC:EMATER : ICRAF, 2011. 7p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. **ESTILOSANTES Campo Grande: estabelecimento, manejo e produção animal**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 61. 2000. 8 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. **Cultivo e uso do estilosantes-campo-grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 105. 2007. 11 p.

FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M. Dinâmica do nitrogênio no solo em áreas de cerrado e de pastagens cultivadas no Pantanal Sul Mato-Grossense. Corumbá: **EMBRAPACPAP**, 1998.

FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. de; CAMPELLO, E.F.C. **Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais**. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Mato Grosso do Sul, p. 1-24, 2003.

FREIRE, R. J. **Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas**. In: CARDOSO, E. J. B. N, TSAI, S. M., NEVES, M. C. P. Microbiologia de Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 121-140. 1992.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. Vitória: INCAPER, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário: Recenseamento geral do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2011.

MELO, A. C. G.; SOUZA, H.; CONTIERI, W. A.; MALICIA, L. C. Biomassa, fixação de carbono e estrutura da vegetação de Cerrado em restauração aos seis anos, Assis, SP. **Rev. Inst. Flor**, v. 21, n. 1, p. 73-78, São Paulo, 2009.

REICHERT, J.M. et al. Mecânica do Solo. In: JONG van LIER, Q. Física do Solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 29-102, 2010.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. e SALTON, J.C. (Ed.). Biomassa microbiana do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. e SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. p.163-198., 2006.

SANO, E..E; ROSA, R.;BRITO,J.L.S; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra no bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p153-156. 2008.

SAUER, S.;BALESTRO, M. V. **Agroecologia e os desafios da transição Agroecológica**. 1ª Edição, Editora Expressão Popular, São Paulo, 328p., 2009.

SEIFFERT, N. F. **Leguminosas para pastagens no Brasil Central**. Brasília EMBRAPA-DID 1982, 131p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 7)

SEIFFERT, NELSON FREDERICO; THIAGO, LUIZ ROBERTO LOPES S. Legumineira Cultura Forrageira Para Produção De Proteína. Campo Grande (MS): **EMBRAPA- GADO DE CORTE**, 1983. (EMBRAPA- GADO DE CORTE Circular Técnica, 13).

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P.; Os indicadores físicos,químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, Coleção Ciências Ambientais, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011.

WADT, P. G. S. et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas por Paulo Guilherme Salvador Wadt e outros**. Rio Branco (AC): Embrapa Acre, 2003. 29 p.

ZATORRE, N.P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**, 2(1): 9-13, 2008.

ZIINMER, A. H.; SEIFFER, N. F. Consorciação de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com *Calopogonium mucunoides*. **EMBRAPA- GADO DE CORTE**, 1983. (EMBRAPA- GADO DE CORTE Circular Técnica, 18).

## **CAPÍTULO I**

**Análise de indicador biológico do solo – alteração do Carbono da Biomassa (BMS) na recuperação de solos após o plantio de Leguminosas.**

## RESUMO

Dentre os parâmetros utilizados pela comunidade científica, o que apresenta maior sensibilidade na caracterização dos componentes biológicos do solo é a avaliação de biomassa microbiana (BMS). Com o objetivo de avaliar o potencial das leguminosas Calopogônio, Estilosantes e feijão Guandu na recuperação dos solos degradados e na melhoria da biomassa microbiana, foi realizado o plantio das leguminosas e posterior análise da biomassa microbiana em dezesseis canteiros distribuídos em um quadrado latino. A biomassa microbiana foi analisada conforme os princípios de Vance et. (1987). Não foram encontradas diferenças significativas em relação ao pousio, porém fatores como a baixa pluviosidade, época de plantio e produção de massa seca influenciaram o desenvolvimento da BMS. As leguminosas estudadas que apresentaram maior produção de BMS foram o Estilosantes e o Calopogônio, evidenciando uma tendência de aumento em relação ao pousio. Mesmo com fatores de estresse, a biomassa microbiana nos canteiros com as leguminosas evidenciou um potencial de aumento, podendo ser considerado um parâmetro que antecede alterações no agrosistema.

**Palavras-chave:** biomassa microbiana, leguminosas, recuperação de solos, índices de qualidade dos solos, indicadores microbiológicos do solo.

## ABSTRACT

Among the parameters used by the scientific community, the biomass evaluation is the most precise one in terms of presenting the biological components of the soil. Intending to evaluate the potential of the legumes Campo Grande Stylo, calopo (*Calopogonium mucunoides*) and pigeon pea regarding the recovery of damaged soil, sixteen plats of these legumes were planted in latin square form for later microbial biomass analysis. The microbial biomass was analyzed according to the Vance et. (1987) principles. No significant differences were found compared to the fallow, although circumstances like the lack of precipitation, the time of the year and the production of dry matter affected the microbial biomass development. The studied legumes that presented the largest microbial biomass production were the Campo Grande Stylo and the calopo (*Calopogonium mucunoides*), showing a trend of improvement compared to the fallow. Despite the stress factors, the microbial biomass showed a trend of improvement on the plats where the legumes were seeded, and it can be considered a prior parameter of agrisystem changes.

**Palavras-chave:** microbial biomass, legumes, soil recovery, soil quality index, soil microbiological indicators.

## 1. INTRODUÇÃO

As rotações de cultura e os estudos voltados para a qualidade da microbiota do solo estão cada vez mais difundidos na prática agrícola. O cultivo de espécies leguminosas tem se apresentado como uma boa alternativa para o manejo de solos degradados, porque protege o solo da erosão, inibe o crescimento de ervas daninhas e promove a reciclagem de nutrientes no solo, pela adição de resíduos das plantas. As características destas plantas influenciam diretamente na riqueza do solo e são capazes de: aumentar a massa verde do solo, promover a descompactação do solo devido ao seu sistema radicular robusto e profundo e fixação biológica de  $N_2$ , agregando nutrientes ao sistema agrário. Essas características são importantes na proteção das camadas superficiais do solo, na extração de elementos de baixa mobilidade e imobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo (CHAVES et al., 1997).

De modo geral, a sobrevivência e a capacidade produtiva das plantas dependem basicamente de sua interação com os ecossistemas adversos, devido às suas características intrínsecas ou por alterações antropogênicas. Por sua vez, essa adaptação depende da relação raiz - parte aérea. As raízes são capazes de extrair nutrientes do solo e uma grande quantidade de moléculas contidas na comunidade de microrganismos, especialmente em resposta a estresses bióticos e abióticos (MARRIEL et al., 2005)

Estudos estão cada vez mais voltados para práticas de manejo que agridam menos o solo, de acordo com Hermle et al. (2008) pode ser possível manipular solos de preparos conservacionistas e práticas culturais, e, assim, manter a concentração adequada de matéria orgânica e mitigar perda de carbono do solo para a atmosfera, o que aumenta a quantidade de carbono retida no solo e a atividade microbiana.

A compactação do solo é uma das principais consequências da agricultura/pecuária. Dudal et al. (2002) afirmam que a ação humana sobre o solo acontece em seis condições fundamentais, e que os sistemas de classificação deveriam avaliar estas ações: a ação antrópica causa mudanças nas classes de solos; o homem produz horizontes diagnósticos; produz novos materiais parentais; causa distúrbios irreversíveis no perfil dos solos; provoca mudanças na topografia original; causando alterações na superfície dos solos.

Ainda, segundo Ladeira (2012) fatores de intervenção humana interfere diretamente na ecologia do solo, influenciando diretamente os microrganismos. A compactação, o desequilíbrio químico, a salinização, a impermeabilização do solo faz com que a microfauna seja distinta da mata nativa, devido a seleção causada por este ambiente modificado.

A multiplicidade de fatores químicos, físicos e biológicos que controlam as variações e alterações dos processos biogeoquímicos e suas modificações em relação ao tempo e espaço são fatores que dificultam a capacidade de definição de parâmetros específicos que possam servir como indicadores de qualidade e funcionamento do ecossistema dos solos. Por esta razão Doran e Parkin (1994) definiram alguns parâmetros mínimos relacionados a qualidade do solo. Os componentes microbiológicos e seus processos específicos, como degradação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes está intimamente ligado com a qualidade do solo, justificando assim a sua importância na inclusão destes indicadores nos parâmetros de verificação da qualidade do solo (MENDES et al., 2011).

Dentre os parâmetros utilizados pela comunidade científica e que apresenta maior sensibilidade na caracterização dos componentes biológicos do solo, destacam-se as avaliações de biomassa, atividade e diversidade microbiana. A biomassa microbiana é a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo e é constituída principalmente por fungos, bactéria e actinomicetos. O tamanho do componente carbônico vivo no solo é relativamente pequeno, visto que 99% a 95% da matéria orgânica é constituída por frações mortas (carbono orgânico), relativamente estáveis e resistentes a alterações e a expressão de mudanças nesta fração do solo são demoradas e podem levar anos para serem determinadas, porém na fração viva (correspondente a microbiota do solo – aproximadamente 1% a 5% de Carbono presente no solo) podem ser detectadas alterações significativas em um espaço de tempo menor comparada às mudanças na matéria orgânica (MENDES et al., 2011).

Devido à importância dos parâmetros biológicos na avaliação da qualidade dos solos este trabalho objetivou avaliar as alterações ocorridas na biomassa microbiana com a introdução das leguminosas: Estilosantes, Feijão Guandu e Calopogônio em solos degradados por pastejo animal.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

As alterações provocadas no solo que afetam a microbiota podem ser de natureza antrópica, física ou mesmo química. Dentre os fatores físicos, os que mais influenciam as alterações nos microrganismos de solo é a temperatura e a umidade, provocando reações fisiológicas e alterando a físico-química do ambiente, tais como volume do solo, pressão, difusão, tensão superficial e potencial de oxirredução (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Analisando as características químicas, o pH é o que influi mais na microbiota do solo, selecionando grupos de microrganismos específicos, por exemplo, os fungos estão melhor adaptados a valores de pH menores que 5,0, além de serem encontrados em menores incidências que as bactérias e actinomicetos em solos com valores de pH entre 6 e 8, que é a faixa em que estes microrganismos melhor estão adaptados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Já os fatores antrópicos, existem vários estudos voltados para as alterações provocadas na química do solo devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos, erosão, compactação e impermeabilização do solo, relacionados diretamente com a agricultura e conseqüentemente com a intervenção humana (LADEIRA, 2012).

Dessa forma, a biomassa microbiana (BMS) é influenciada pela aeração, clima, pela disponibilidade de nutrientes minerais e pelo C orgânico do solo. Quando ocorre maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, como quando realiza-se o plantio de leguminosas, há estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e de sua atividade, (CATTELAN & VIDOR, 1990). A biomassa microbiana também representa o compartimento central do ciclo do Carbono, do Nitrogênio e Fósforo no solo e pode funcionar como compartimento de reserva desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. Assim, além dos fatores de ambiente, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a BMS (SOUZA et al., 2010)

Os microrganismos são sensíveis a alterações ambientais e expressam respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na comunidade e na atividade microbiana precedem mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo,

ou mesmo esboçando que as intervenções no manejo estão alterando as características do solo, seja positivamente ou negativamente (AMADO et al., 2001).

A microbiota têm um papel importante no funcionamento e na sustentabilidade dos ecossistemas de solos agrários porque atuam na troca de nutriente e principalmente, na ciclagem de compostos orgânicos. São também agentes reguladores nos principais processos bioquímicos no solo, tais como transformações inorgânicas de nitrogênio, fósforo e enxofre, transformações de elementos metálicos, produção de metabólitos, degradação de agroquímicos e alterações nas características físicas do solo. Portanto, a conservação da biodiversidade e a utilização de práticas de manejo do solo e das culturas que estimulam a atividade microbiana no solo são fundamentais para a manutenção da sustentabilidade dos agrossistemas (WARDLE & HUNGRIA, 1994).

Pesquisas têm demonstrado que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas convencionais, com o uso de arações e gradagens, tem resultado em decréscimo da qualidade do aporte de carbono nos diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo (MATSUOKA et al., 2003). A qualidade e a quantidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando sua taxa de decomposição. Logo verifica-se que o manejo que atua diretamente na persistência dos resíduos no solo influi diretamente no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na conservação dos ecossistemas. (MERCANTE et al., 2004)

Ainda, segundo Cardoso, et al. (2009) em sua pesquisa realizada em solos do Pantanal, a retirada da mata nativa além de diminuir a proteção do solo, afeta o quociente microbiano, diminui a quantidade de carbono orgânico disponível para as plantas e interfere sensivelmente na atividade de toda comunidade do solo. A utilização de espécies vegetais de cobertura do solo, em sistemas de manejo agrícola é uma ferramenta biológica para recuperação e manutenção da sua qualidade, com reflexo no rendimento das culturas (ROSCOE et al., 2006). Dentre as coberturas vegetais com maior potencial de recuperação de nutrientes para o solo destacam-se as plantas da família das Leguminosas.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de Estudo**

O experimento foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia do Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, no município de Goiânia, GO, em altitude de 783 metros; 16° 44' 34" de latitude Sul e 49° 12' 46" de longitude Oeste de Greenwich. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger, predomina o clima tropical com estação seca, o ar da cidade é relativamente seco na maior parte do ano, chegando a níveis críticos entre os meses de julho e setembro e ao extremo em agosto. As temperaturas mais baixas são registradas no inverno e as mais altas na primavera. A temperatura é amena durante todo o ano, com média de 23,2 °C, sendo a média mínima de 17,7 °C e a máxima de 29,8 °C (normal climatológica de 1961-1990). Há duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. O índice pluviométrico é de aproximadamente 1.570 milímetros (mm) anuais. Os meses com maior média de precipitação são dezembro (268 mm) e janeiro (267 mm), e os menores são junho (9 mm) e julho (7 mm). A topografia do local é plana com declividade de 2,5% e predominância de Latossolo Vermelho-amarelo distrófico de textura argilo-arenoso (EMBRAPA, 1999) tendo como vegetação atualmente predominante o capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*). Foram utilizados aproximadamente 400 m<sup>2</sup> para o plantio e manejo das leguminosas. Antes do início do experimento a área foi utilizada para pastejo animal, durante aproximadamente 20 anos, sendo que a mesma estava em pousio a 4 anos.

#### **3.2 Delineamento experimental.**

Foram preparados 16 canteiros com 4 m de comprimento, 5 m de largura e espaçamento de 0,5m entre canteiros. Os canteiros foram capinados manualmente para a retirada da vegetação espontânea que habitavam a área do experimento. Uma camada de aproximadamente 05 cm foi removida, juntamente com as raízes e a vegetação de cobertura para evitar a influencia destas nas análises. Após a confecção dos canteiros as leguminosas foram plantadas formando um quadrado latino, sendo as leguminosas do estudo: Estilosantes, Feijão Guandú e Calopogônio.

O plantio foi realizado em triplicatas e os demais canteiros de cada linha do quadrado latino foram destinados para o pousio.

Delineou-se sulcos e em linhas com espaçamento de 0,2 a 0,3m, possuindo cada canteiro sete linhas, a semeadura foi feita manualmente com profundidade de 1 cm, caracterizando-se como um Plantio Direto (PD). Na segunda quinzena do mês de dezembro de 2013. O corte de uniformização foi realizado após 60 dias do plantio, durante o mês de março, quando a altura das plantas estava em aproximadamente 0,4m de altura.

Devido às diferentes épocas de florescimento e à diversidade de espécies, a coleta do solo foi realizada durante o mês de Abril, após 30 dias do corte de uniformização. Para as análises do Carbono Orgânico e da Biomassa microbiana foram coletadas amostras do solo, com auxílio de um trado holandês, à uma profundidade de 0 -10cm. As amostras de cada canteiro são compostas de 3 sub-amostras extraídas da zona central do canteiro, afim de evitar o efeito de bordadura. Posteriormente as coletas de cada canteiro foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração à 4°C até a realização das análises. O tempo entre o plantio e a coleta das amostras do solo foram de aproximadamente 8 meses.

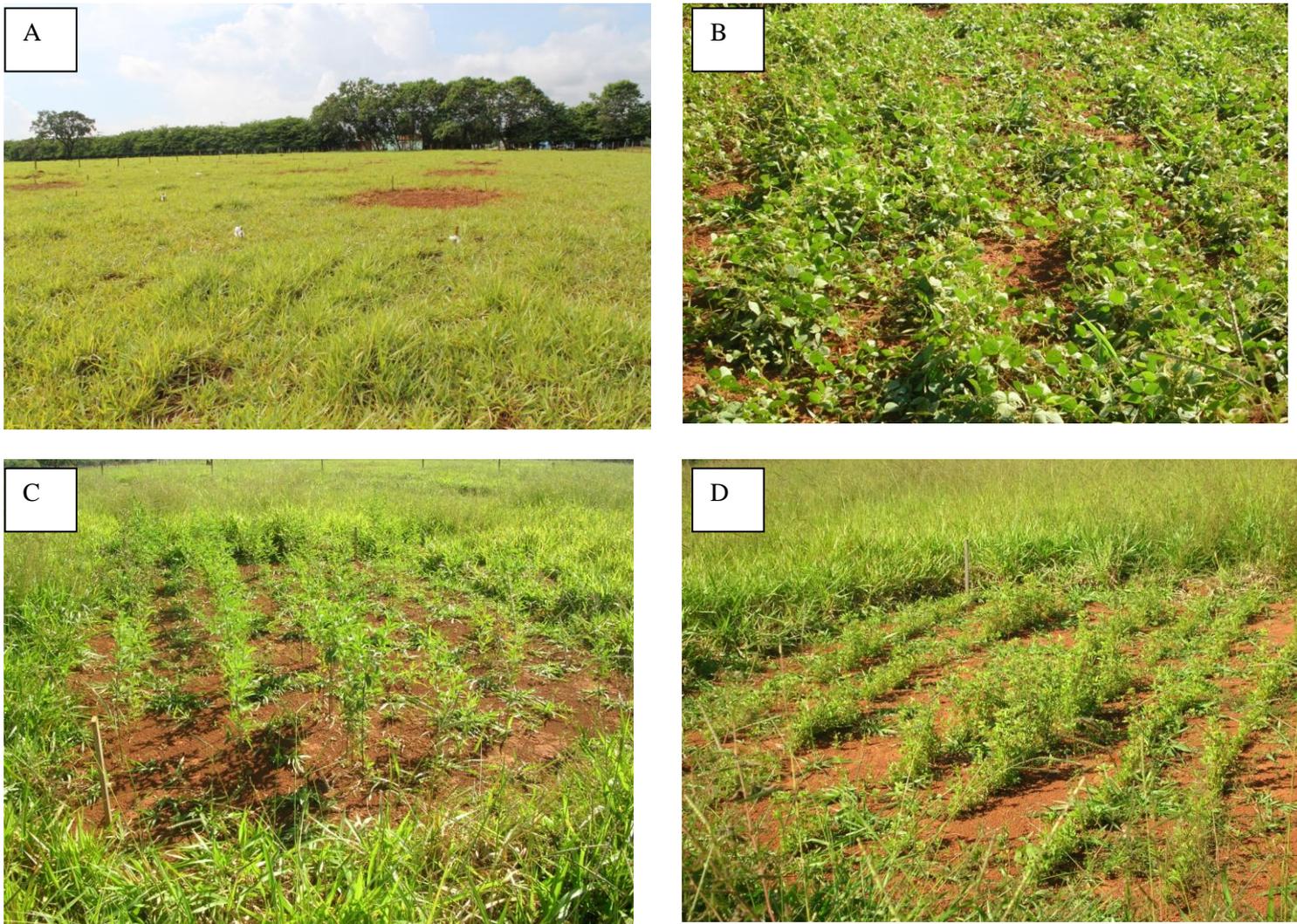


Figura 1: Demarcação dos canteiros em área experimental, PUC, Goiânia, Goiás. A. Vista panorâmica. B. Cultivo do Calopogônio. C. Cultivo do Feijão Guandu. D. Cultivo do Estilosantes.

### 3.3. Análises

As análises das amostras foram realizadas em triplicatas e o ensaio foi conduzido no laboratório de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí. A Biomassa microbiana do solo foi analisada segundo o princípio de Vance et al., (1987) que propuseram que o carbono orgânico que se torna extraível pelo  $K_2SO_4$  (0,5) após a fumigação por 24 horas com clorofórmio (livre de álcool), é proveniente das células da biomassa microbiana e pode ser usado para estimar a biomassa microbiana (BM-C) do solo tanto em solos neutros como ácidos.

O procedimento realizado para a fumigação e extração do carbono orgânico em cada uma das amostragens proveniente dos 16 canteiros foi executado conforme descrito no caderno de metodologias de Vilela (2013):

1. Seis amostras de solo correspondente a 25 g de solo úmido são pesados em vidro de extrato para serem fumigadas e 3 em Erlenmeyer (controle), sendo extraídas imediatamente com 100 ml de  $K_2SO_4$  (0,5M), como descrito acima.

2. Foram pesadas para cada amostra uma subamostra para o cálculo de umidade.

3. As outras três amostras são fumigadas num dessecador (forrado com papel toalha úmido) contendo aproximadamente 25 ml de clorofórmio purificado (livre de álcool) em um Becker pequeno, com pérolas de vidro.

4. O dessecador é tampado e realizado um vácuo até o borbulhamento do clorofórmio, então se marca de 2-5 minutos.

5. Incubou-se à 27° C por 24 horas.

6. Após este período retirou-se o papel e o Becker com clorofórmio e foram efetuados vácuos sucessivos para retirar o excesso de fumigante.

7. Para a extração, a amostra de solo foi transferida para Erlenmeyer de 125 ml, adicionando-se 100 ml de  $K_2SO_4$  (Figura 1.A.).

8. O conjunto foi agitado por 30 minutos e a suspensão resultante é filtrada (papel de filtro Whatman nº 42).

9. O carbono orgânico dos extratos é determinado pela digestão de 8 ml do extrato filtrado com 2 ml de  $K_2Cr_2O_7$  e uma mistura de 2 partes de  $H_2SO_4$  concentrado e uma parte de  $H_3PO_4$  concentrado.

10. A mistura é levada ao aquecimento em chapa quente deixando por 5 minutos após o surgimento das primeiras bolhas (Figura 1. B.).

11. Deixe esfriar e acrescente aproximadamente 10 ml de água destilada.

12. O excesso de  $K_2Cr_2O_7$  é determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal, usando difenilamina como indicador até a mudança da cor azul escuro para a cor verde garrafa (Figura 1.C.).

13. Nas amostras em branco utiliza-se o mesmo procedimento, exceto que o extrato é somente de  $K_2SO_4$  (não possui solo, como nas demais amostras) evitando assim interferências dos reagentes.

14. A quantidade de  $K_2Cr_2O_7$  consumida é calculada pela diferença entre uma digestão “em branco” de 8 ml de extrator ( $K_2SO_4$ ) menos aquela que sobra na digestão do extrato de solo.

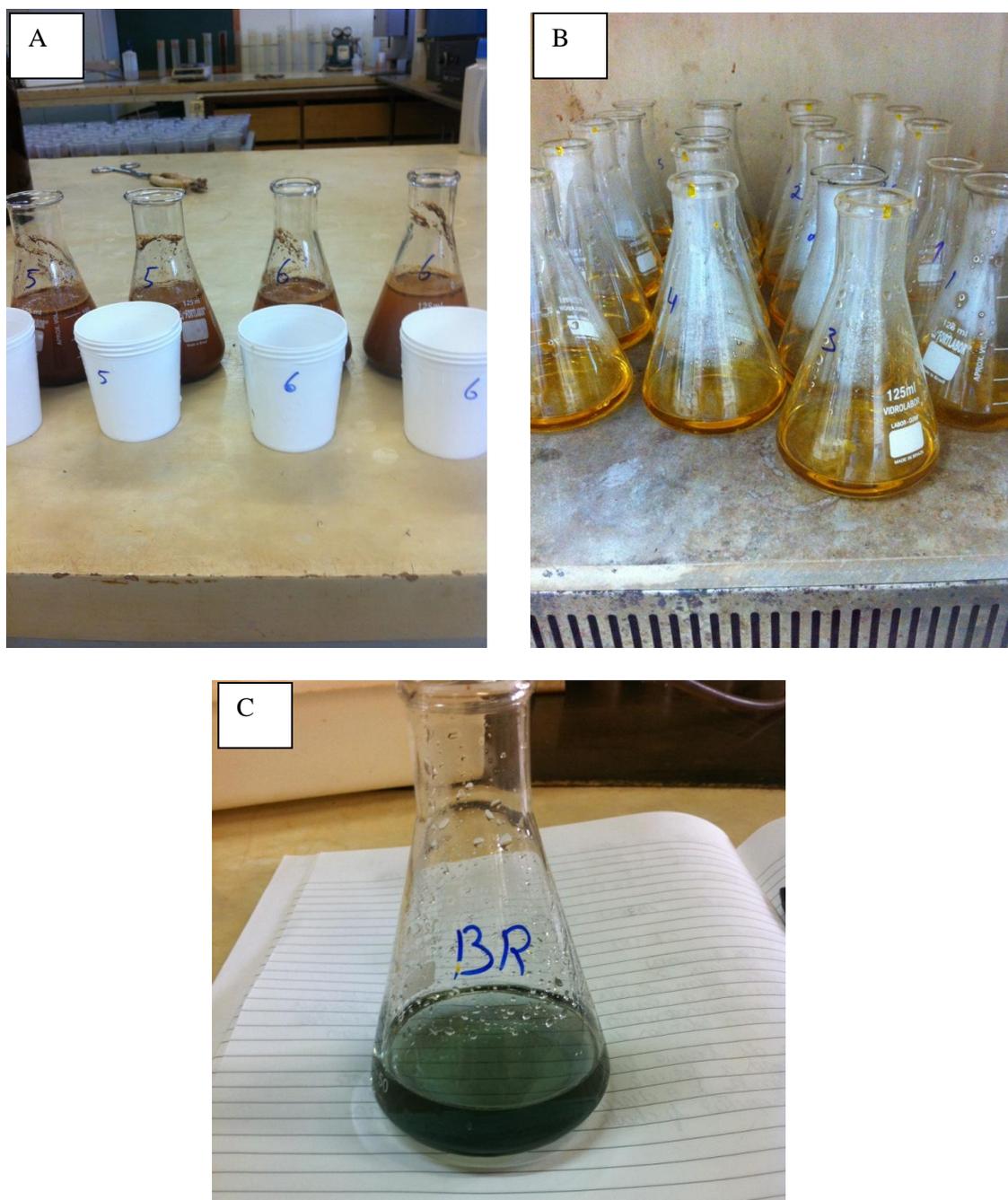


Figura 2: Resultados visuais das análises: A. Solução de solo contendo  $K_2SO_4$  para extração do Carbono. B. Fruto da extração de solo contendo carbono orgânico e solução digestora. C. Solução branca contendo  $K_2Cr_2O_7$  titulada com sulfato ferroso .

A estimativa da biomassa, representada pelo carbono microbiano, seguiu a relação utilizada por Gama-Rodrigues (1992):  $(V_b - V_a) \cdot N_{FeSO_4} \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot 10 / (8 \cdot P_s(g))$ , onde  $V_b$  representa o volume (ml) de sulfato ferroso gasto na titulação do branco;  $V_a$ , o volume (ml) de sulfato amoniacal gasto na titulação da amostra;  $N_{FeSO_4}$ , a normalidade do sulfato padronizado, e  $P_s$ , o peso do solo seco (g). A determinação do carbono foi utilizada para a estimativa do C da biomassa microbiana, segundo a fórmula:  $(\mu g \text{ C de solo fumigado} - \mu g \text{ C de solo não fumigado}) / 0,33$ .

Os resultados foram submetidos à análise de variância para a verificação do efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas. Nos casos em que houver diferenças significativas entre os tratamentos, ao teste  $F(p > 0,05)$ , as médias foram comparadas pelo teste Tukey.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

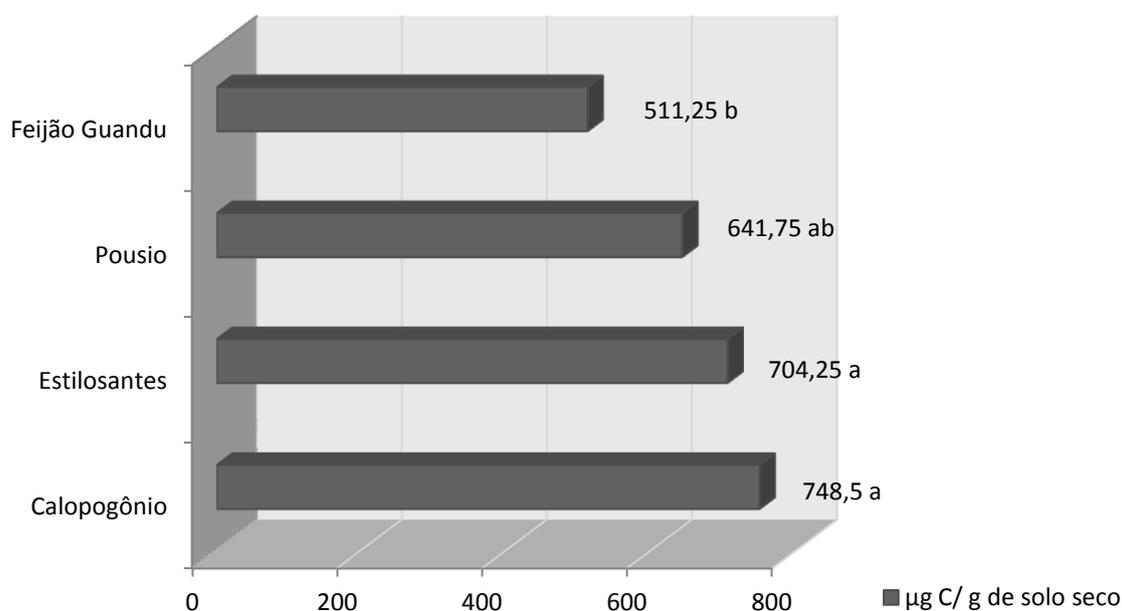
É importante ressaltar que em estudos de microbiologia do solo, são relativamente comuns variações altas nos resultados, pelo número de fatores que podem influenciar os micro-organismos. Tratando-se de um experimento de campo, esse efeito pode ser ainda mais pronunciado (FACCI, 2008)

A variação da biomassa microbiana apresentou diferenças significativas pelo teste Tukey a 5%, entre as leguminosas. Analisando as leguminosas plantadas, a que apresentou maior tendência de aumento da Biomassa Microbiana foi o Calopogônio (gráfico 1). A produção de massa seca (massa vegetal) pode ter influenciado o desenvolvimento da BSM das leguminosas.

Porém conforme apresentado no gráfico 1, não houve diferenças significativas entre 3 espécies de leguminosas e o pousio. Isso pode ocorrer porque as gramíneas que existentes nos canteiros do pousio a aproximadamente 4 anos, possuem raízes espessas e a quantidade de massa seca, conforme observado (Imagem 2, Imagem 3 e Imagem 4) influencia diretamente na disponibilidade de nutrientes e biota do solo, devido a proporção da quantidade entre as raízes e o solo rizosférico. Ainda, pode-se notar que conforme a Imagem 2, o canteiro com Calopogônio houve uma maior produção de massa vegetal, contribuindo também para o aumento dos valores de biomassa microbiana. Em seus estudos Souza et. al (2010) observaram que as raízes das gramíneas aumentavam a quantidade de Carbono orgânico e as suas

raízes promoviam também um aumento na proporção do solo rizosférico, atraindo microrganismos colonizadores. Como neste experimento o pousio estava a 4 anos sem interferência antrópica, o aporte de material orgânico na superfície do solo via resíduos da vegetação espontânea, implicou em desenvolvimento homogêneo da microbiota do solo avaliada pela metodologia empregada, os resultados encontrados concordam com os obtidos por Jia et al. (2005) em estudos sobre sistemas de manejo com pousio.

Gráfico 1: Média dos valores de biomassa Microbiana expressas em  $\mu\text{g C/g}$  de solo seco



Letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste F (diferença significativa por Tukey a 5% de significância)

Outra influência sobre a BMS é a época do ano de plantio e coleta, conforme a umidade dos solos, a microbiota pode variar significativamente, assim como a quantidade de massa seca produzida, pois esta vinculada a quantidade de raízes no solo e associada ao volume da rizosfera. No entanto, muitas espécies de adubos verdes respondem diferentemente a fotoperíodo, afetando seu potencial de produção de massa seca e, conseqüentemente fornecimento de nutrientes. Em um

estudo sob as condições do cerrado observou-se ligeiros aumentos cumulativos de julho a dezembro e diminuições de janeiro a junho, o que significa que o época de semeadura é um fator importante que afeta o desempenho de diferentes espécies de adubos verdes (FERREIRA;STONE;DIDONET, 2013). Apesar da importância do adubo verde, há pouca informação disponível sobre os efeitos da semeadura diferente datas na biomassa e acúmulo de Nitrogênio no Cerrado brasileiro. Esse pode ser o principal fator para o desenvolvimento do experimento, visto que a semeadura ocorreu durante o mês de dezembro, sendo considerada tardia e ainda sofreu com a variação extraordinária de chuvas ocorridas em 2014 (Figura 3 e Figura 4), interferindo diretamente no desenvolvimento da massa seca e da raiz das plantas, afetando principalmente o Feijão Guandu.

Em seu trabalho Ferreira, Stone e Didonet (2013) pesquisaram a influencia da época de semeadura na quantidade de massa seca produzida por hectare. Para o feijão Guandu a melhor época de plantio é entre os meses de novembro e dezembro, onde a colheita atinge até 18.106 kg/ ha<sup>-1</sup> em contrapartida o plantio realizado em fevereiro atingiram apenas 1678 kg/ ha<sup>-1</sup>. Em sua discussão os autores afirmam que os valores encontrados são influenciados diretamente pela época de plantio, taxa de luminosidade disponível umidade. Ainda neste mesmo estudo os autores discutem a produção de massa seca e observam que ela é afetada pelo ano e sistema de plantio, culturas de cobertura, e taxa de sementes, outro fator de influência é a luz cumulativa. Em um estudo, Keatinge et al. (1998) relataram que uma combinação de altas temperaturas e dias curtos acelera a floração e enchimento de vagens. Esta observação implica uma redução do tempo disponível para o crescimento vegetativo, em que a massa e acumulação de N são afetadas, concordando os dados encontrados neste experimento.

Outro fator limitante para o crescimento da massa seca e aumento da biomassa microbiana foi o estresse hídrico ocorrido durante o mês de fevereiro e agosto, data da coleta, como pode-se observar na Figura 4. Diante da ausência de água a proliferação da biota do solo é prejudicada e os microrganismos presentes na rizosfera tornam-se fonte de nutrientes para a planta em situações de estresse. Para os canteiros do experimento este fator interfere na produção da biomassa medida, visto que a vegetação existente no pousio, e anteriormente nos canteiros, possuíam raízes a aproximadamente 4 anos sem perturbação, fazendo com que a comunidade

microbiana se estabilizasse neste período. Com a remoção da vegetação superficial para a confecção dos canteiros, essa quantidade de solo rizosférico existente anteriormente foi afetada, sendo que as leguminosas plantadas iniciaram um novo processo de colonização de suas raízes. Conforme observado nas imagens, a ausência de água no período de germinação foi limitante para o desenvolvimento das culturas, resultando em canteiros com uma baixa produção de massa seca. Em seus estudos Carneiro et al. (2008) observaram que a restrição hídrica e a alteração na temperatura foram os principais fatores limitantes para o aumento da produção BMS.

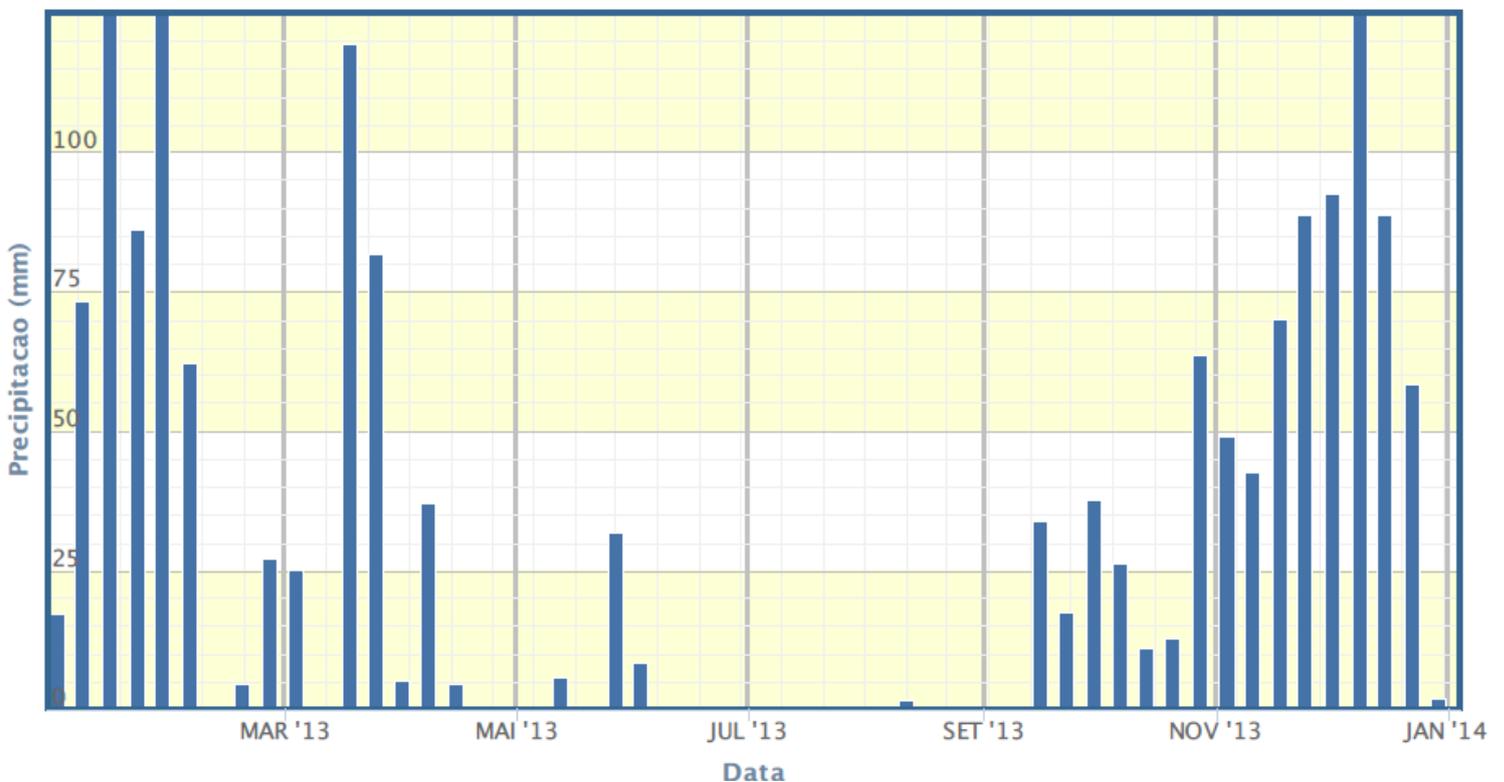


Figura 3: Variação Pluviométrica da cidade de Goiânia durante o ano de 2013

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015)

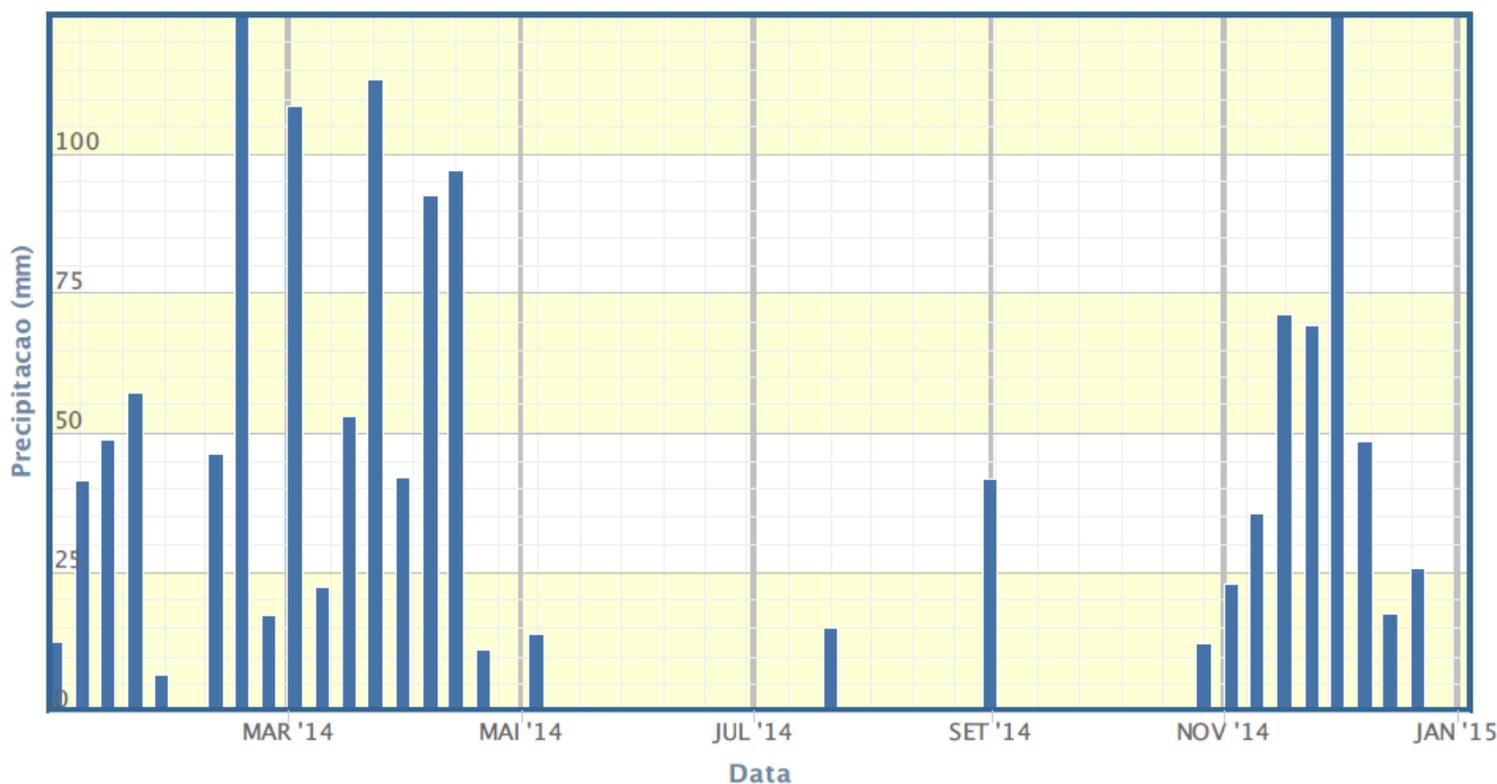


Figura 4: Variação Pluviométrica da cidade de Goiânia durante o ano de 2014

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015)

Considerando-se o tempo de cultivo das leguminosas, houve diferenças significativas entre as espécies de leguminosas em um curto espaço de tempo de cultivo, promoveram alterações na biomassa microbiana, mostrando que o indicador biológico da biomassa microbiana pode preceder algumas melhorias mesmo com pouco tempo de implantação. Observando visualmente ainda o desenvolvimento da massa seca das leguminosas, pode-se inferir que mesmo com baixa quantidade de massa seca e aporte de raízes ao solo, a biota do solo desenvolveu-se de forma a igualar-se ao pousio, local em que não há interferência antrópica e grande quantidade de massa seca e raízes de gramíneas, com aumento da proporção do ambiente rizosférico. As leguminosas foram capazes de, em curto espaço de tempo, produzir uma biomassa microbiana semelhante. No entanto Carneiro et al. (2008), afirmam que devido às elevadas temperaturas associadas com elevada umidade do ar, é provocado aumento na razão de decomposição dos resíduos vegetais, principalmente quando se utilizam espécies com baixa relação C/N, como no caso das leguminosas, sendo prejudicada implantação do sistema de plantio direto, visto que o consumo da matéria orgânica pelas leguminosas de forma acelerada é um

fator limitante para o desenvolvimento da biomassa microbiana. A biota do solo torna-se uma reserva de nutrientes para as plantas quando as mesmas são submetidas a estresses ambientais, como ausência de água, altas temperaturas e ausência de matéria orgânica como fonte de nutrientes, logo após esses fatores limitantes espera-se que haja uma diminuição progressiva da biota do solo para suprir as necessidades das plantas.

A retirada de 5 cm de solo e a vegetação de cobertura para a confecção dos canteiros acabou reduzindo a quantidade de solo rizosféricos já existente com desenvolvimento da vegetação espontânea de gramíneas, porém as leguminosas Estilosantes e Calopogônio foram capazes de evidenciar um potencial de produção de biomassa microbiana maior que a do pousio em um curto espaço de tempo, ainda que não tenha havido diferenças significativas as mesmas mostram uma tendência de aumento em relação ao pousio, mesmo com o estresse ambiental.

## **5. CONCLUSÃO**

Não houve diferenças significativas no aumento da biomassa microbiana do pousio em relação às leguminosas plantadas, porém o estresse ambiental ocasionado pela ausência de chuvas durante o mês de fevereiro interferiu diretamente no desenvolvimento das leguminosas, bem como a época de plantio e florescimento nos canteiros com Feijão Guandu. Esses fatores podem ter inibido a produção de massa seca, raízes e aumento da proporção do solo rizosférico (que está diretamente ligado à quantidade de raízes no solo) nos canteiros das leguminosas estudadas. Mesmo diante destes fatores pode-se perceber a tendência de aumento da biomassa microbiana nos canteiros com Estilosantes e Calopogônio, evidenciando o potencial dessas leguminosas na recuperação de solos. Outro fator de influência foi a aplicação do pesticida nos canteiros com Feijão Guandu, diminuindo a capacidade de produção da biomassa microbiana. A necessidade de utilização do pesticida evidencia a fragilidade do Feijão Guandu às pragas, como a formiga. O pousio possui visualmente uma quantidade maior de massa seca e raízes, logo uma proporção maior de solo rizosférico, porém ainda que com baixa produção de massa seca as leguminosas citadas foram capazes de evidenciar um

aumento na produção de BMC em um curto espaço de tempo de cultivo, ao ponto de não haver diferenças significativas em relação ao pousio, podendo ser considerada um parâmetro que precede alterações no agrossistema, indicando uma melhora na qualidade do solo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, 25,IBGS:189-197, 2001.

ANDREA, M.M.; PETTINELLI JR., A. Efeito De Aplicações De Pesticidas Sobre A Biomassa E A Respiração De Microrganismos De Solos. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.67, n.2, 2000. p.223-228.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44 (6) p.631-637, 2009

CARNEIRO, M. A. C.; CARNEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; M, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuação na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.14, p. 133-142, 1990.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Input of dry matter and nutrients to the soil from cover plants cultivated between rows of perennial crops and their effects on soil reaction. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.40, p.47-55, 1997.

DUDAL, R.; NACHTERGAELE, F. O.; PURNELL, M. F. The human factor of soil formation.Symposium 18, Vol. II, paper 93. Transactions 17th World Congress of **Soil Science**, Bangkok: 2002.

FACCI, Luisa Ditzel. **Variveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos**. Tese (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)- Instituto Agrônômico, Universidade de Campinas, Campinas. 2008. 104f.

FERREIRA, E. P.B; STONE, L. F.; DIDONET, A. D. Green Manure Species and Sowing Time Effects on the Agronomic Performance of Common Bean. **Agronomy Journal**, vol. 105, Ed. 6, 2013.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação de métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí. 1992. 108 p.

HERMLE, S. *et al.* The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 98, n. 01, p. 94-105, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Precipitação Estação A002-GOIANIA. Escala mensal – fevereiro de 2013 e 2014. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)> acesso em: 02 de jan. 2015.

JIA, G.M; J. CAO, J.; WANG, G. Influence of land management on soil nutrients and microbial biomass in the central loess plateau, northwest China. **Land Degradation & Development**, v.16, n.5, p. 455–462, 2005

KEATINGE, J.D.H., A.M. QI, T.R. WHEELER, R.H. ELLIS; SUMMERFIELD R.J. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. **Field Crops Res.**v. 57, p.139–152,1998.

LADEIRA, F.S.B. A ação antrópica sobre os solos nos diferentes biomas brasileiros – terras indígenas e solos urbanos. **Entre-Lugar**, Dourados, MS, ano 3, n.6, p127 - 139, 2012

MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A.; RAPOSEIRAS, R.; GOMES, E.A.; LANNA, U. G. P.; CARNEIRO, A. A.; **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob diferentes manejos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultivar Técnica, (72). 2005.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C. e LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e a atividade enzimática em solos sobvegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **R. Bras. Ci. Solo**, (27) p. 425-433, 2003.

MENDES, I. C. et al. Microbiologia do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: FALEIRO; F. G.; ANDRADE, S. R. M.; REIS-JÚNIOR, F. B. **Biotecnologia: estado de arte e aplicação na agropecuária**. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2011

MERCANTE, F.M. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.20**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004

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

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. e SALTON, J.C. (Ed.). Biomassa microbiana do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. e SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. p.163-198., 2006.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de Integração lavoura-pecuária em plantio Direto, submetido a intensidades de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:79-88, 2010.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 06, p. 703-707, 1987.

VILELA, L. A. F. **Cadernos de metodologias**. Jataí (GO): Laboratório de solos da UFG, 2013.

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M., eds. *Microorganismos de importância agrícola*. Brasília, **EMBRAPASPI**, p. 195-216, 1994.

## **CAPÍTULO II**

**Análise de parâmetros químicos do solo – alteração da matéria orgânica, pH, Fósforo, Potássio e somatório do Ca e Mg trocáveis (Ca+Mg) na recuperação de solos após o plantio de Leguminosas.**

## RESUMO

Na região centro-oeste do Brasil, tem aumentado o interesse pela busca de alternativas para solucionar o problema da perda de qualidade dos solos. O plantio de leguminosas tem sido eficiente para recuperação dos parâmetros químicos dos solos do cerrado devido a sua capacidade de se estabelecer em solos ácidos e com poucos nutrientes. Tendo em vista que a quantificação da qualidade do solo é um processo complexo, este trabalho teve o objetivo de avaliar os principais indicadores químicos de qualidade do solo (matéria orgânica, pH, fósforo, potássio e o somatório de cálcio e magnésio trocáveis) após o plantio de leguminosas. Foram feitos dezesseis canteiros e as leguminosas selecionadas para o experimento foram: Estilosantes, Feijão Guandu e Calopogônio. As análises químicas seguiram a metodologia descrita por EMBRAPA (1997). O estudo demonstra melhora nos indicadores analisados e evidencia uma tendência no aumento de matéria orgânica. Houve um aumento significativo do pH após o plantio, expressando melhores resultados as leguminosas Calopogônio e Feijão Guandu.

**Palavras-chave:** índice de qualidade do solo, IQS, leguminosas, indicadores químicos, recuperação de solos degradados.

## ABSTRACT

There is a growing interest in researching alternatives to solve the problem of soil quality loss in the Brazilian mid-west region. The legumes cultivation has been proving effective to recover the chemical parameters of the Cerrado soil due to its capacity of establishment on acid and poor soils. Considering that the measurement of the soil quality is a complex process, this essay had the objective to evaluate the main chemical soil quality indicators (organic matter, pH, phosphorus, potassium, the sum of exchangeable calcium and magnesium) after the legumes were planted. There were sixteen plots and the legumes of choice for the experiment were: Campo Grande Stylo, pigeon pea and calopo (*Calopogonium mucunoides*). The chemical analysis were conducted according to the methodology prescribed by EMBRAPA (1997). The study demonstrated an improvement on the analyzed indicators and a trend of organic matter increase. There was a significant increase of the pH after the plantation, with the legumes pigeon pea and calopo (*Calopogonium mucunoides*) generating better results.

**Palavras-chave:** soil quality index, SQI, legumes, chemical indicators, recovery of damaged soils.

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos sob o bioma do Cerrado no Brasil são explorados gradativamente com culturas, pastagens e, recentemente, alteração de vegetação nativa para plantação de eucaliptos e pinheiro. A mudança da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária provoca alterações profundas nos atributos do solo. Quando uma área de vegetação nativa de Cerrado, por exemplo, é convertida em pastagem, ou área de cultivo de grãos, os atributos químicos e microbiológicos do solo são alterados (CARNEIRO et al. 2009).

No contexto da produção agropecuária na região do cerrado, a degradação das terras esta relacionada às ações que contribuem para o decréscimo da sustentabilidade da produção agrícola no tempo, acarretando a diminuição da qualidade do solo e de seus atributos físicos, químicos e biológicos. A degradação da terra relaciona-se também à perda de qualidade e da disponibilidade da água especialmente para consumo humano e ainda, afeta ao mesmo tempo à perda definitiva de biodiversidade, ocasionada por manejos inadequados e antropização. (CASTRO FILHO et al., 2001).

Os diferentes sistemas de manejo e preparo do solo exercem também efeitos diretos na formação e estabilização dos agregados. Assim, a eficiência do cultivo visando a diminuição do processo erosivo e a recuperação do solo em suas propriedades físicas, químicas e biológicas são estudadas e buscadas intensivamente, sendo que a prática que tem se mostrado mais eficiente é a de alternar plantas de cobertura do solo com potencial de proteção com outras espécies de cultivares (AITA et al., 2001).

A fim de reverter o processo de degradação dos solos agrícolas, práticas sustentáveis de manejo de solos e de culturas, tais como: cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, adubação orgânica, consorciação, rotação de culturas, dentre outras, têm sido recomendadas. A sucessão de diferentes cultivos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir uma melhor utilização dos insumos agrícolas. A adição de nutrientes via adubos verdes aos vários solos e ambientes agroecológicos dos trópicos contribuem para a conservação do solo e da água, melhorando a estrutura

do solo que favorece a aeração e a infiltração de água, permitindo uma maior penetração das raízes e uma descompactação dos solos (ARF et al. 1999).

Na região centro-oeste do Brasil, tem aumentado o interesse pela busca de alternativa que visam solucionar os problemas de perda de qualidade dos solos com a introdução de culturas no sistema plantio direto, sem proporcionar revolvimento do solo. As vantagens desse procedimento estão relacionadas com a manutenção de atributos químicos e estruturais do solo, com o maior controle da erosão e com a economia com as operações de preparo do solo, além de evitar o uso de maquinários que causam ainda mais a compactação das áreas já degradadas.

Uma alternativa para a correção dos parâmetros químicos dos solos sem a adição de insumos químicos é através do plantio de leguminosas. Essas plantas produzem mais em solos ácidos e são adaptadas as condições de solo com pouco nutrientes, principalmente o calopogônio e o estilosantes, muito utilizadas como forrageiras no cerrado. Além das características químicas essas plantas propiciam a descompactação de solos por meio de suas abundantes raízes (EMBRAPA, 1986). As leguminosas desempenham papel fundamental como fornecedoras de nutrientes, quando o sistema plantio direto está estabilizado. O uso de leguminosas tem a vantagem de colocar nutrientes prontamente disponíveis para as culturas sucessoras, devido à rápida decomposição dos resíduos.

Tendo em vista que a quantificação da qualidade do solo é um processo complexo e que se deve considerar inúmero fatores, a elaboração de Índices de qualidade de solo (IQS) engloba aspectos físicos, químicos e biológicos, constituindo uma forma de simplificar e agregar informações diversas da natureza. Karlen e Stott (1994) propuseram um cálculo de IQS que avaliam funções específicas do solo. Dentre os parâmetros químicos, as características do solo que devem ser observadas estão relacionadas à: matéria orgânica, pH, alumínio, fósforo, potássio e o somatório de Cálcio e Magnésio trocáveis (MENDES et al., 2011). Não há consenso sobre as abordagens utilizadas para o monitoramento da qualidade do solo e para os diversos cálculos existentes de IQS, porém esses índices constituem bases técnicas e filosóficas para discussões sobre: a) quais os atributos (químicos, físico e biológico) devem fazer parte de um conjunto mínimo de dados para avaliar qualidade de solos, b) como padronizar metodologias para a sua determinação, coleta e armazenamento das amostras, c) como ajustar os modelos de referencia a

cada cultura avaliada, definindo pesos e valores para cada indicador, considerando-se aspectos locais e edafoclimáticas (MENDES et al., 2011).

Diante do que foi exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar os atributos químicos mais utilizados nos IQS (matéria orgânica, pH, fósforo, potássio e o somatório de Cálcio e Magnésio trocáveis) afim de avaliar a recuperação destes atributos após o plantio das leguminosas: Feijão Guandu, Estilosantes e Crotaláia.

## **2. REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1. Índices de Qualidade do solo (IQS)**

A qualidade de pode ser definida como a capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema afim de manter a qualidade ambiental, sustentar a produtividade biológica, promover a saúde das plantas e animais (DORAN & PARKIN, 1994). Está vinculada com produtividade dos ecossistemas terrestres, no entanto, tem sido difícil para os pesquisadores estabelecer critérios universais para definição e quantificação da sua qualidade, visto que inúmeros fatores influenciam nestes parâmetros, como o manejo, a gênese do solo e as diversas funções que pode desempenhar, (Glover et al., 2000)

Chaer (2001) afirma que o estudo da qualidade de solos implica na avaliação de um grande número de características que, além de gerarem um volume elevado de dados, dificultam a interpretação destes, pois é comum a ocorrência de tendências divergentes entre os indicadores, sendo muitas vezes conflitante.

Mendes et al. (2011) afirmam que além de auxiliar no controle e na recuperação das atividades dos solos, os IQS permitem agregar valores às terras e produções oriundas de propriedades que sejam capazes de comprovar a qualidade da produção e a manutenção/melhoria da qualidade dos solos através dos indicadores.

Um IQS aplicável e que seja capaz de elucidar as características essenciais do solo deve atender os seguintes critérios: elucidar processos do ecossistema e relacionar aos processos-modelo; integrar componentes biológicos, físicos e químicos do solo e os respectivos processos; ser acessível e aplicável a condições

de campo; ser sensível a variações de manejo e às condições edafoclimáticas. (DORAN & PARKIN, 1994)

Várias agências reguladoras discutem e buscam o estabelecimento de padrões a serem adotados na avaliação da qualidade do solo. Porém existem ainda divergências, por exemplo, o comitê técnico internacional ISO 190, “Qualidade do solo”, propôs uma lista de 35 parâmetros (químico, físico e biológico), já a Organización for Economic Cooperation and Development relacionam 58 parâmetros para avaliar o solo (MENDES, 2011). Enquanto não há consenso entre as agências reguladoras as pesquisas voltadas para o manejo de solo analisam diversos aspectos químicos, físicos e biológicos, relacionando as melhorias promovidas com o Índice de Qualidade do solo mais utilizados na agroecologia, sendo esses: 1. químicos – matéria orgânica, pH, Al, Ca+Mg, P e K, 2. físicos – textura, densidade e capacidade de retenção de água, 3. biológicos – diversidade, biomassa, atividade microbiana (KARLEN & STOTT, 1994; CHAER, 2001). Mendes et al. (2011, p.233) ponderam: “nenhum indicador individualmente descreve e quantifica todos os aspectos da qualidade do solo. O Índice de Qualidade do solo (IQS) agrega e simplifica informações sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo”.

## **2.2 Parâmetros químicos e a sua relação com o solo**

A matéria orgânica associada ao bom estado da estrutura do solo aumenta sua capacidade de retenção de água e proporciona o desenvolvimento radicular em profundidade, o que resulta em plantas mais saudáveis, com rápido desenvolvimento e resistente a estresses hídricos e nutricionais, visto que o aumento de matéria orgânica também aumenta a quantidade de microrganismos que por sua vez são capazes de mobilizar nutrientes para as raízes. (WALTERS, 1980)

As raízes e a rizosfera proporcionam diversos efeitos sobre a química do solo, essas se emaranham com as partículas do solo que liberam exsudados, proporcionando uma maior estabilidade dos agregados do solo, taxa de decomposição e renovação das raízes. A quantidade de matéria orgânica depositada esta relacionada com aumento de substâncias de crescimento para as plantas, que incluem aminoácidos, açúcares simples, ácidos orgânicos e sacarídeos.

Todos esses materiais são liberados dentro da rizosfera e são assimilados ou modificados pelos microrganismos na zona das raízes, tornando-se uma reserva nutricional para as plantas e alterando a relação entre o balanço iônico e osmótico na rizosfera, por meio da absorção de nutrientes e sua decomposição. (GOSS,1987; BRONICK & LAL,2005)

A quantidade de matéria orgânica presente no solo também viabiliza a condição de supressão do solo, que é a capacidade que a própria biota do solo tem de combater os patógenos que acometem as culturas. O mecanismo de supressão de patógeno por microrganismos nativos do solo incluem competição por recursos, produção de antibiótico, parasitismos e a produção de substâncias tóxicas. (KINKEL, 2008). Cada solo possui uma capacidade de supressão e esta capacidade está diretamente relacionada com a matéria orgânica do solo, que envolve uma grande complexidade de mecanismos e diversos grupos de microrganismos no controle biológico das pragas por meio do antagonismo microbiológico (ALAVOUVETTE,1999).

A matéria orgânica pode ser considerada um importante indicador da qualidade do solo, pois está relacionada com propriedades químicas, físicas e biológicas. O teor de C orgânico tem sido utilizado frequentemente como indicador-chave da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (JANSEN, 2005).

A quantidade de matéria orgânica deve ser conservada e manejada de forma equilibrada e que permita o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, pelo uso de métodos adequados de manejo de solo. O aporte de resíduos vegetais e orgânicos é fundamental para sua composição. Suas funções no solo conferem estabilidade aos agregados e estrutura do solo, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) facilita a infiltração e retenção de água, aumenta a resistência erosão, serve de estoque de nutrientes e é diretamente vinculada a atividade microbiana e o aumento da biomassa microbiana no solo. (MIELNICZUK, 2008).

Segundo Quaggio (2000), aproximadamente 70% do solo no Brasil é composto por solos ácidos. A acidez do solo refere-se a sua capacidade de liberar prótons, passando de um determinado estado a outro em relação a um de referência (JACKSON, 1963). Os solos tropicais são naturalmente ácidos, seja pela ocorrência

de precipitação altas e torrenciais capazes de lixiviar quantidades apreciáveis de bases trocáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários responsáveis pela reposição dessas bases. Outra causa da acidificação dos solos é a aplicação de fertilizantes acidificantes (nitrato e sulfato de amônio), que resultam na acidificação devido à produção de  $\text{HNO}_3$  e/ou  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Com a acidificação do solo o sistema radicular da planta fica comprometido, ocasionando um menor crescimento e enraçamento da raiz, assim ele limita-se a explorar uma menor área de solo, o que ocasiona uma menor absorção de nutrientes e água. O aumento do cátion Al pela lixiviação ocasiona efeitos tóxicos nas plantas. . A medida que o pH do solo diminui aumenta a atividade do alumínio no solo e, conseqüentemente, ocorre potencialização dos efeitos nocivos e deletérios às culturas. De maneira geral, o efeito fito tóxico do alumínio em solução ocorre em solos com pH em  $\text{CaCl}_2$  abaixo de 4,9 (TAYLOR, 1988).

A acidez do solo possui inúmeras causas, Malavolta (1985) explica que a água é capaz de "lavar" as bases do complexo de troca deixando íons  $\text{H}^+$  em seu lugar; isso faz com que o  $\text{pH}^+$  abaixo a valores muito baixos pode ocorrer a decomposição de minerais de argila e ocasionar o aparecimento de Al trocável; a oxidação microbiana do Nitrogênio amoniacal conduz à liberação de íons  $\text{H}^+$ ; a raiz "troca"  $\text{H}^+$  por cátions que a planta absorve mantendo o equilíbrio eletrostático; também a matéria orgânica libera íons  $\text{H}^+$  no meio, através da dissociação dos seus grupos carboxílicos e fenólicos.

Analisando as características químicas dos solos degradados, o pH é o que influi mais influi no ecossistema do solo, selecionando grupos de microrganismos específicos, por exemplo, os fungos estão melhor adaptados a valores de pH menores que 5,0, além de serem encontrados em menores incidências que as bactérias e actinomicetos em solos com valores de pH entre 6 e 8, que é a faixa em que estes microrganismos melhor estão adaptados. Com o pH nos níveis adequados a absorção de nitrogênio pelas plantas e microbiota também aumentam devido ao efeito favorável da mineralização da matéria orgânica. (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O manejo das culturas influencia na capacidade de troca de bases e no pH do solo. A adição de resíduos vegetais pode promover, a elevação do pH, por viabilizar

a complexação de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K e íons fosfato mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC, por estes cátions de reação básica (PAVINATO & ROSOLEM, 2008). A adoção de sistemas de manejo do solo, visando o aumento do pH do solo, por exemplo a aplicação de calcário, pode interferir nesse processo, deixando o solo básico e limitando a absorção de nutrientes. Esse processo, conhecido como Calagem, deve ser feito de forma regular, pois o acúmulo da Ca na superfície do solo é tão prejudicial quanto a acidificação. As leguminosas são plantas que se desenvolvem bem e solos ácidos e possuem uma capacidade de saturação de alumínio elevada (EMBRAPA, 2011), sendo indicadas para a recuperação de áreas degradadas, que em sua grande maioria, possuem solos ácidos.

Outro componente químico importante para as plantas é o fósforo. No solo, o P está presente na fase sólida e líquida, ou seja, adsorvido ou complexado com os oxihidróxidos de Fe e Al, com o Ca e com a matéria orgânica, ou livre na solução do solo. O fósforo é absorvido pelas plantas através da solução do solo. Com a diminuição da capacidade de retenção de água dos solos a quantidade de P concentrada em solução é baixa, diminuindo a disponibilidade deste nutriente para a planta, havendo a necessidade de solubilização de P da fase sólida para suprir as culturas (CROSS & SCHLESINGER, 1995). Essa disponibilidade depende do pH e do teor de óxidos (ANGHINONI & BISSANI, 2004). A disponibilidade de P pode ser descrita pelo grau de labilidade desse nutriente no solo. Quando o P está em solução ou fracamente adsorvido, está na forma lábil, se está adsorvido com maior força nas argilas e oxihidróxidos de Fe e Al, o que regulará a labilidade deste nutriente é o nível de interação do complexo. A tendência da disponibilidade do P no solo com passar dos anos é a diminuição das formas lábeis e o aumento do P não-lábil, quando o P orgânico ( $P_o$ ) aumenta a microbiota do solo passa a regular sua disponibilidade, através dos processos biológicos de sinterização. (CROSS & SCHLESINGER, 1995). A sinterização dos  $P_o$  para as plantas é mediada pela enzima fosfatase, produzida por plantas e microrganismos do solo, capazes de catalisar a hidrólise dos componentes orgânicos, liberando P inorgânico para a solução do solo, disponível para as plantas (GEORGE et al., 2006).

Dentre o IQS do solo, nos parâmetros químicos também é indicado a análise do potássio (K). Sua disponibilidade é influenciada pela quantidade de Cátions

divalentes (Ca e Mg) livres para a troca de cargas (CTC). Ainda assim, a absorção do K pelas plantas é favorecida em comparação com outros cátions, no entanto, o manejo de solo com aplicação da calagem e o aumento do pH do solo favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a CTC efetiva e reduz as perdas por lixiviação (OLIVEIRA et al., 2001).

Nascimento et al. (2008, p. 178) descrevem como as principais funções do potássio na agricultura:

- (i) Ativa a catálise biológica – enzimas e promove o metabolismo do Nitrogênio e a síntese de proteínas, nas plantas verdes;
- (ii) Tem funções reguladoras da osmose – absorção e perda de água;
- (iii) Promove a síntese do açúcar e a sua ida para os tecidos de armazenagem.

Os solos brasileiros são carentes deste minério, e a proporção de potássio em relação ao nitrogênio, necessária à fertilização dos solos, é bem superior à de outros grandes países produtores agrícolas (NASCIMENTO et al., 2008). Esta situação se agrava quando há o plantio de culturas comuns no Brasil, como a soja, que consome e empobrece a quantidade de K no solo (OLIVEIRA et al., 2001). Os solos formados sobre rochas máficas e ultramáficas, calcários puros ou os solos argilosos com pouca matéria orgânica são pobres de potássio (NASCIMENTO et al., 2008).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de Estudo**

O experimento foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia do Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, no município de Goiânia, GO, em altitude de 783 metros; 16° 44' 34" de latitude Sul e 49° 12' 46" de longitude Oeste de Greenwich. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger, predomina o clima tropical com estação seca, o ar da cidade é relativamente seco na maior parte do ano, chegando a níveis críticos entre os meses de julho e setembro e ao extremo em agosto. As temperaturas mais baixas são

registradas no inverno e as mais altas na primavera. A temperatura é amena durante todo o ano, com média de 23,2 °C, sendo a média mínima de 17,7 °C e a máxima de 29,8 °C (normal climatológica de 1961-1990). Há duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. O índice pluviométrico é de aproximadamente 1 570 milímetros (mm) anuais. Os meses com maior média de precipitação são dezembro (268 mm) e janeiro (267 mm), e os menores são junho (9 mm) e julho (7 mm). A topografia do local é plana com declividade de 2,5% e predominância de Latossolo Vermelho-amarelo distrófico de textura argilo-arenoso (EMBRAPA, 1999) tendo como vegetação atualmente predominante o capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*). Foram utilizados aproximadamente 400 m<sup>2</sup> para o plantio e manejo das leguminosas. Antes do início do experimento a área foi utilizada para pastejo animal, durante aproximadamente 20 anos, sendo que a mesma estava em pousio a 4 anos.

### **3.2 Delineamento experimental.**

Foram feitos 16 canteiros com as seguintes dimensões: 4 m de comprimento, 5 m de largura e espaçamento de 0,5m entre canteiros. Os canteiros foram capinados manualmente para a retirada da vegetação espontânea que habitavam a área do experimento. Uma camada de aproximadamente 05 cm foi removida, juntamente com as raízes e a vegetação de cobertura para evitar a influencia destas nas análises. Após a confecção dos canteiros as leguminosas foram plantadas formando um quadrado latino, sendo as leguminosas do estudo: Estilosantes, Feijão Guandú e Calopogônio. O plantio foi realizado em triplicatas e os demais canteiros de cada linha do quadrado latino foi destinado para o pousio.

Delineou-se sulcos e em linhas com espaçamento de 0,2 a 0,3m, possuindo cada canteiro sete linhas, a semeadura foi feita manualmente com profundidade de 1 cm, caracterizando-se como um Plantio Direto (PD). Na segunda quinzena do mês de dezembro de 2013. O corte de uniformização foi realizado após 60 dias do plantio, durante o mês de março, quando a altura das plantas estava em aproximadamente 0,4m de altura.

Devido às diferentes épocas de florescimento e à diversidade de espécies, a coleta do solo foi realizada durante o mês de Abril, após 30 dias do corte de uniformização. Para as análises do Carbono Orgânico e da Biomassa microbiana foram coletadas amostras do solo, com auxílio de um trado holandês, à uma profundidade de 0 -10cm. As amostras de cada canteiro são compostas de 3 sub-amostras extraídas da zona central do canteiro, afim de evitar o efeito de bordadura. Posteriormente as coletas de cada canteiro foram homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração à 4°C até a realização das análises. O tempo entre o plantio e a coleta das amostras do solo foram de aproximadamente 8 meses.

### **3.3. Análises**

#### **3.3.1. Matéria Orgânica**

As análises de matéria orgânica seguiram os procedimentos conforme EMBRAPA (1997), que consiste na oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). A percentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

#### **3.3.2. pH**

A medição foi realizada por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo e  $\text{CaCl}_2$ , conforme descrito em EMBRAPA (1997). As amostras foram separadas e cada uma delas foi distribuída em copos plásticos de 100mL contendo 10mL de solo. Em seguida foi adicionado 25 mL de  $\text{CaCl}_2$  à 0,01M. As amostras foram agitadas com bastão individual e depois permaneceram em repouso por uma hora. Após o repouso as amostras foram novamente agitadas e os eletrodos foram mergulhados na suspensão para a leitura do pH.

### 3.3.3. Fósforo

O fósforo disponível foi determinado pelos extratores Mehlich-1. Esse extrator foi proposto por Mehlich (1953) e é composto por uma mistura de ácidos fortes em 22 baixas concentrações 1 (HCl 0,05mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125mol L<sup>-1</sup>), com pH em torno de 1 a 2. Sua ação é baseada na dissolução ácida parcial dos coloides inorgânicos pelo íon hidrogênio (H<sup>+</sup>), de onde são extraídos os compostos de baixa energia de ligação, como fósforo ligado ao cálcio (Ca) e, posteriormente, ao fósforo ligado ao alumínio (Al) e ao ferro (Fe) (BRASIL & MURAOKA, 1997).

### 3.3.4 Potássio

O potássio trocável foi medido através da extração com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação por espectrofotometria de chama, conforme EMBRAPA (1997).

### 3.3.5 Cálcio e magnésio trocáveis (Ca+Mg)

O Ca e Mg trocáveis foram calculados segundo os princípios propostos por EMBRAPA (1997), que realiza a extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon.

A determinação é feita conjuntamente através da titulação de com a solução de EDTA 0.0125 N, até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul puro ou esverdeada, conforme descrito em EMBRAPA (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico SAS.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A matéria orgânica apresentou diferenças significativas entre o pousio, o Estilosantes e o Feijão Guandu, porém não houve diferenças significativas em relação ao Calopogônio, conforme tabela 1. Este fato pode estar relacionado com a quantidade de matéria seca produzida. A ausência de chuvas ocorridas durante o mês de fevereiro prejudicou o desenvolvimento das sementes plantadas, conforme observado nos gráficos de pluviosidade do ano de 2014 pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015). O estresse ambiental também provoca a degradação de matéria orgânica. Os principais processos de decomposição do material orgânico estão relacionados à oxidação química inorgânica, lixiviação, decomposição microbiana e desintegração por meio do solo e animais. A temperatura tem relação direta com os processos químicos do solo (PETERSEN & LUXTON, 1982). A elevação da temperatura com ausência de chuvas pode ter acelerado os processos de decomposição química, dificultando o acúmulo desta no solo.

Em seus estudos com diversas leguminosas, dentre elas o Feijão Guandu e o Calopogônio, Nascimento et al. (2008) verificou a baixa eficiência desta plantas para o incremento de matéria orgânica no solo. Porém em outro estudo realizado por Almeida (2008) foi observado um incremento de matéria orgânica com o plantio de Guandu na camada de 0-10 cm de solo, quando realizado o plantio direto, em virtude de uma maior concentração de raízes na camada superficial e a manutenção de estruturas do solo. Neste experimento a leguminosa que apresentou maior acúmulo de matéria orgânica na camada de 0-10cm foi o Feijão Guandu, concordando com os observados por Almeida (2008).

Ainda nos estudos de Almeida (2008) o autor observou variações significativas na alteração do pH do solo relacionadas ao tipo de plantio adotado. Pode-se observar que o plantio direto em relação o convencional promoveu um aumento no pH do solo. Neste experimento foi adotado o sistema de plantio direto, o que pode ter colaborado com o aumento do pH do solo em relação ao pousio nos canteiros com as culturas de Feijão Guandu e Calopogônio. Os valores de pH encontrados após o experimento de Almeida (2008) evidenciam um potencial das leguminosas estudadas em aumentar o pH do solo, bem como os achados deste experimento, conforme apresentado na tabela 1.

Moreira et al. (2005) argumenta que a capacidade das raízes das leguminosas em descompactar o solo cria condições de oxigenação para o solo e

quando estão sob essa condição apresentam fluxo de O<sub>2</sub> e baixo acúmulo de CO<sub>2</sub> produzido pelo sistema radicular. Quando o solo esta sob a condição de compactação, o CO<sub>2</sub> acumula nas raízes e forma bicarbonatos ácidos quando entram em contato com a água, promovendo o aumento do pH do solo. As leguminosas são eficientes na escarificação mecânica do solo, sendo o Calopogônio eficiente na descompactação do solo devido seu sistema radicular vigoroso e profundo (FORMENTINI et al, 2008). De acordo com o resultados deste trabalho, o Calopogônio e o Feijão Guandu apresentaram diferenças significativas no pH do solo em relação ao pousio, que confirma os argumentos supracitados.

O aumento da matéria orgânica e o seu processo de decomposição no solo está relacionado com a alteração do pH do solo, pois aumentam a quantidade de ácidos orgânicos (Ao) presentes. Esses compostos orgânicos formam grupos carboxílicos e fenólicos, presentes em muitas reações químicas. Quanto ao pH do solo já foram observados algumas elevações quando adiciona-se matéria orgânica ao solo. Esse resultado seria decorrente da complexação dos H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> livres com compostos orgânicos aniônicos dos resíduos e do aumento da saturação da capacidade de troca de cátions (CTC), o que reduziria a acidez potencial (PAVINATO & ROSOLEM, 2008).

Tabela 1: Análises dos Indicadores químicos de qualidade do solo (IQS)

Tratamentos	Matéria Orgânica *	pH em CaCl <sub>2</sub> *	Fósforo*	Potássio**	Ca+ Mg <sup>+</sup>
..... Camada 0 - 10 cm .....					
	g/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>
Pousio	344.25 ab	4,8 b	1,00 b	93,00 b	2.42 bc
Estilosantes	252.50 c	4,9 ab	6,25 a	112,00 a	2.10 c
Feijão Guandu	381,25 a	5,07 a	2,23 b	97,25 ab	3.35 a
Calopogônio	300.00 bc	5,07 a	1,0 b	93,50b	2.95 ba

Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas pelo Teste Tukey a 5% ( \*F ≤ 0001 e r<sup>2</sup> ≥ 0,70 \*\* F < 0002 e r<sup>2</sup> = 0,53)

Em solos ácidos, a mudança de pH e a produção de ácidos orgânicos aumentam a competição pelos sítios de adsorção, fazendo com que o Fósforo (P) na sua forma orgânica seja liberado para a solução do solo, por meio da quelatização

de oxihidróxidos de Ferro (Fe) e Alumínio (Al), aumentando , assim, a solubilidade de fósforo nos solos (JONES, 1998).

No experimento realizado pode-se observar o aumento significativo da quantidade de fósforo nos canteiros com Estilosantes (tabela 1). As demais leguminosas não se diferiram do pousio. O Estilosantes é bem adaptado aos solos ácidos do cerrado, a quantidade de Fósforo encontrada após o plantio é considerada média para as doses recomendadas, evidenciando a capacidade de adaptação desta espécie aos solos degradados. (EMBRAPA,2007).

O fenômeno da adsorção competitiva, entre o P e os ácidos orgânicos tem resultado no aumento da concentração de P na solução do solo. A inibição competitiva tem sido considerada o principal mecanismo de ação na disponibilização de P nos solos. Apesar de não ter havido uma alteração significativa na matéria orgânica nos canteiros com estilosantes (tabela 1), a quantidade de fósforo pode ter sido influenciada pela disponibilidade dos demais íons que por sua vez ocuparam os sítios de adsorção, que se ligam mais facilmente ao  $\text{Ca}^+$  e  $\text{Mg}^+$  (PAVINATO& ROSOLEM, 2008). Os valores de  $\text{Ca}^+$  e  $\text{Mg}^+$  nestes canteiros foram semelhantes ao do pousio, mas evidenciam uma diminuição, indicando que esses íons podem estar complexados na solução do solo ou nos sítios de adsorção da argila, deixando P disponível na solução de solos.

Os valores de  $\text{Ca}^+$   $\text{Mg}^+$  influenciam os valores de pH do solo, pois quanto maior o nível desses íons, maior será a capacidade de se complexarem com os íons  $\text{H}^-$  e aumentarem o pH do solo. O canteiro que se diferiu significativamente em relação ou pousio foi o de Feijão Guandu, porém o canteiro do calopogônio também evidencia uma tendência de aumento (tabela 1). Nos estudos de Longo et al. (2011) com diferentes coberturas de solo os canteiros com Feijão Guandu apresentaram os melhores valores para os níveis de P, que confirma os dados observados. Este fato pode estar associado ao aumento da matéria orgânica que promove a complexação dos íons  $\text{H}^-$  e  $\text{Al}^-$  com copostos do resíduo vegetal, deixando  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{K}$  e  $\text{P}$  mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da capacidade de troca de cátions (CTC), por estes cátions de reação básica (PAVINATO& ROSOLEM, 2008).

Para os níveis de potássio o canteiro que se diferiu foi o com a leguminosa Estilosantes. Os demais canteiros apresentaram uma tendência de aumento desses valores. Os valores de potássio estão intimamente ligados com a biota do solo e sua relação com das leguminosas, a deficiência deste nutriente diminui a fixação de nitrogênio e a capacidade de nodulação das bactérias fixadoras de nitrogênio (WERNER, 1984). Este fato pode ser observado no experimento quando observamos os valores da biomassa microbiana (gráfico 1), as leguminosas estudadas, com exceção do Feijão Guandu, apresentaram também uma tendência também de aumento da biomassa microbiana, pode-se inferir uma relação entre a disponibilidade deste nutriente e o desenvolvimento da biomassa microbiana nestes canteiros. Os demais canteiros não se diferiram estatisticamente do pousio, o resultado confirma os relatados por Aita et al. (2003), que não encontrou diferenças significativas na acumulação de potássio nas leguminosas estudadas durante o primeiro ano de seu estudo. Este resultado demonstra a necessidade de observar por mais tempo este experimento para que as alterações promovidas pelas leguminosas estudadas possam ser compreendidas.

## **5. CONCLUSÃO**

As leguminosas estudadas foram capazes de promover alterações químicas no solo em um curto espaço de tempo, evidenciando melhoras nos nutrientes disponibilizados no solo e a capacidade de desenvolvimento destas plantas mesmo em solos pobres e acidificados. As principais alterações percebidas no estudo estão relacionadas à tendência do aumento do pH, fazendo com que demais nutrientes sejam disponibilizados na solução do solo.

Os resultados demonstram também a necessidade de um período maior para acompanhar este experimento, pois muitas das alterações promovidas pelas leguminosas estudadas, ainda que não apresentem diferenças significativas, evidenciam uma tendência de melhoria nos parâmetros químicos de qualidade do solo.

Neste experimento pode-se constatar que as leguminosas que demonstram melhor potencial de recuperação dos parâmetros químicos do solo foram o Calopogônio e o Feijão Guandu, que apresentaram uma alteração significativa no pH do solo, diminuindo a sua acidez e, conseqüentemente, permitindo a

disponibilização de nutrientes no solo por meio da diminuição do H<sup>+</sup> através de sua complexação.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**. 25:157-165, 2001.

ALMEIDA, V. P. de et al. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.

ANDRÉA, M.M. & PETTINELLI Jr., A. Efeito de aplicações de pesticidas sobre a biomassa e a respiração de microrganismos de solos. **Arq. Inst. Biol.**, 67:223-228, 2000.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fertilidade dos solo e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.117-138.

ARF, O.; SILVA, L.S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. Effects on wheat crop rotation with corn and green manure in the presence and absence of nitrogen. *Bragantia*, (58)2: 323-334, 1999.

ALAVOUVETTE, C. Fusarium wilt suppressive soils: an example of disease-suppressive soils. **Australian Plant Pathology**. Collingwood, v.28, p.57-64, 1999.

BRASIL, E. C.; MURAOKA, T. Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.599-606, 1997.

BRONICK,C.L.; LAL,R. Soil structure and management: review. **Geoderma**, Amsterdam, v.124, n 1/2. p. 3-22,2005.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CASTRO FILHO, C.; COCHRANE, T. A.; NORTON, L. D., CAVIGLIONE, J. H.; JOHANSSON, L.P. Land degradation assesment: tools and techniques for measuring sediment load. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND MEETING OF THE IUSS SUBCOMMISSION C – SOIL AND WATER CONSERVATION, 3., 2001, Rio de Janeiro. Proceedings...Rio de Janeiro: Embrapa Solos: SBCS: IUSS, 2002

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2001. 88p. Tese (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

CROSS, A.F. & SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64:197-214, 1995.

- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p. 3-21.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **ASPECTOS PRÁTICOS LIGADOS À FORMAÇÃO DE PASTAGENS**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica nº 12. 1986.10 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo e uso do estílo-santes-campo-grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 105. 2007. 11 p.
- FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. Vitória: INCAPER, 2008.
- GEORGE, T. S.; TURNER, B. L.; GREGORY, P. J.; CADE-MENUM, B. J.; RICHARDSON, A. E. Depletion of organic phosphorus from Oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. **Eur. J. Soil Sci.**, 57: 1-47, 2006.
- GLOVER, J.D.; REGANOLD, J.P. & ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington. State. *Agric. Ecosys. Environ.*, 80:29-45, 2000.
- GOSS, M.J. The specific affect of roots on the regeneration of soil structure. In: WORKSHOP ON SOIL COMPACTION, 1987, Avignon. **Proceedings**.... Rotterdam: Comission of the European Communities, 1987.
- JACKSON, M.L. Aluminum bonding in soils: A unifying principle in soil science. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 27(1): 1-9, 1963.
- JONES, D.L. Organic acids in the rhizosphere - A critical review. **Plant Soil**, 205:25-44, 1998.
- JANSEN, H.H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? **Canadian J. Sci.**, 85:467-480, 2005.
- KARLEN, D.L; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.R.; STEWART, B.A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72.
- KINKEL, L. Soil health managing the soil microflora to enhance potato health. In: JOHNSONM D.A. (Ed). **Potato health management**. Saint Paul: The American phytopathological society, 2008. p.11-14.
- LONGO, R. M.; RIBEIRA, A. I.; MELO, W. J. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**. Campinas, v. 70, n. 1, p.139-146, 2011.
- MALAVOLTA, E. **Reação do solo e crescimento das plantas**. IN: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Campinas, Fundação Cargill, p. 3-64, 1985.
- MENDES, I. C. et al. Microbiologia do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: FALEIRO; F. G.; ANDRADE, S. R. M.; REIS-JÚNIOR, F. B. **Biotecnologia: estado de arte e aplicação na agropecuária**. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2011.
- MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub> by North Carolina Soil Testing Laboratories**. Raleigh, University of North Carolina, 1953.
- MIELNICZUK, J.E.M. Matéria Orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS GA, SILVA LS DA, CANELLAS LP; CAMARGO FAO

(Eds.) **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo:** ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 2008. p.1-5.

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

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho Distrófico sob pastagens recuperada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 (3): 155-161, 2005.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. Agrominerais – Potássio  
In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. (Eds). **Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 141-174.

NASCIMENTO, J.T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

OLIVEIRA, F. A.; CAMARGO, Q. Q.; MASCARENHA, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, 2001 p.329-335.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PETERSEN, H. & LUXTON, M.. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. In: PETERSEN, H. (ed). **Quantitative ecology of microfungi and animals in soil and litter.** Oikos, 39(3):287-388, 1982.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.

TAYLOR, G.J . The physiology of aluminum phytotoxicity. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds.) **Metals Ions in Biological Systems.** New York: Marcel Dekker, p. 123-163, 1988.

WALTERS, H.J. Disease control. **Crops and soils magazine**, Madison, v. 32, 0. 7-8, 1980

WERNER, J.C. **Adubação de pastagens.** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1984. 49p. (Boletim Técnico, 18)