



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS**  
**UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE IPAMERI**  
**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**



**O SOLO SOB O SISTEMA DE PRODUÇÃO  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO  
SUDESTE DE GOIÁS: PROPRIEDADES QUÍMICAS E  
AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**ALEXANDRE MOISÉS ERICSSON DE OLIVEIRA**

**M  
E  
S  
T  
R  
A  
D  
O**

**Ipameri-GO  
2014**

ALEXANDRE MOISÉS ERICSSON DE OLIVEIRA

**O SOLO SOB O SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRAÇÃO  
LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO SUDESTE DE GOIÁS:  
PROPRIEDADES QUÍMICAS E AVALIAÇÃO DE IMPACTO  
AMBIENTAL**

Orientador: Prof. Dr. Ednaldo Cândido Rocha  
Co-Orientador: Vitor Corrêa de Mattos Barretto

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri - GO  
2014

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a Deus, meus pais, irmãos, sobrinhos, a minha esposa Débora e a todos os professores da UEG – Ipameri.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e pelos cuidados de sempre comigo e com minha família, sempre iluminando nossas vidas, nossos caminhos, nossos passos e nossa saúde.

A meus pais, Carlinho e Cleisy e aos meus irmãos Alessandra e Alessandro, pelo amor de toda vida, as preocupações e os cuidados que temos uns com os outros.

A minha esposa Débora pelo companheirismo e pelo amor dedicados nestes quase 3 anos de casamento. Sendo eu extremamente agradecido a Deus por ter me dado esta joia rara em minha vida. Te amo Débora Baleeiro de Carvalho Ericsson.

Aos cunhados Mauro, Lucas, Ebenézer, Izaías e Elivaldo. Ao sogro pastor Euvaldo, a sogra Selene e aos sobrinhos Victória, Sarah Luísa, Mauro Filho e Davi por fazerem parte da minha vida e sempre torcendo por nossa felicidade.

A todos os meus primos e primas, tios e tias, amigos e amigas que são muito presentes em minha vida, sempre comemorando as novas conquistas e as superações dos desafios da vida.

A toda Universidade Estadual de Goiás, em especial a Unidade Universitária de Ipameri, por ter me recebido novamente nessa nova etapa da pós-graduação e a todos os professores do Programa da Pós-Graduação em Produção Vegetal que contribuíram muito com os novos conhecimentos adquiridos.

A todos que contribuíram com o trabalho, ao Professor Ednaldo e Professor Vítor pela orientação, dedicação e os frequentes esclarecimentos, ao Alex que foi muito importante na implantação, condução e avaliações do projeto na Fazenda Santa Brígida.

A Marize Porto Costa proprietária da Fazenda Santa Brígida por ter aceitado nossa pesquisa na fazenda mostrando que esta propriedade é totalmente adepta a pesquisa neste sistema ILPF.

Obrigado!

**SUMÁRIO**

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs).....	2
1.1.2 SISTEMA BARREIRÃO .....	3
1.1.3 SISTEMA SANTA FÉ.....	4
1.1.4 SISTEMA SANTA BRÍGIDA .....	4
1.2 CONSERVAÇÃO DO SOLO.....	5
1.2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO .....	6
1.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS .....	7
1.3.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	8
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	12
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, COLETA DE SOLO E ANÁLISE DOS DADOS .....	13
3.3 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO .....	14
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>17</b>
4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO .....	17
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>32</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>33</b>

## RESUMO

Os resultados obtidos com a integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF) apontam que ela é uma alternativa economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa para o aumento da produção de alimentos, fibras e agroenergia. O presente estudo objetivou avaliar as propriedades químicas, granulométricas e o impacto ambiental de um solo submetido ao uso do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta e floresta remanescente na Fazenda Santa Brígida, Ipameri, sudeste de Goiás. Para tal, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2. Os fatores analisados foram constituídos por quatro usos do solo (Área 1) Eucalipto de 6 anos + capim *Braquiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.); (Área 2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (Área 3) Floresta remanescente – testemunha; (Área 4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*; combinados com duas diferentes profundidades do solo (0-20 cm e 20-40 cm). Em cada tipo de uso do solo foram estabelecidas aleatoriamente quatro parcelas, nas quais foram coletadas 20 sub-amostras simples, retiradas por caminhamento em zigue-zague, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. As sub-amostras simples foram reunidas compondo uma amostra composta para cada parcela e em cada profundidade. As amostras de solo coletadas foram submetidas a análises químicas de macronutrientes, micronutrientes e análise física de textura conforme metodologias estabelecidas no laboratório de solos do Instituto Federal Goiano, Campus de Urutaí - GO. Os dados obtidos com as análises químicas das amostras de solo foram analisados estatisticamente através da análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (programa SISVAR). A identificação e a caracterização qualitativa dos impactos ambientais foram avaliadas pelo método de “*Check List*”. Os resultados obtidos mostraram que a área de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e a floresta remanescente tiveram as maiores médias de pH, Ca, Ca + Mg, Soma de bases e V%, mostrando que a ciclagem de nutrientes e conservação do pH no solo na área de ILPF é beneficiada pela serapilheira. A avaliação de impacto ambiental das áreas estudadas mostrou que os sistemas eucalipto de 2 e 6 anos + capim *B. brizantha* foram os que apresentaram a maior soma de magnitude e de importância de impactos positivos e a menor soma destes atributos negativos. Por isto, são sistemas preferíveis em termos de impactos ambientais. Com a adoção da Integração lavoura-pecuária-floresta, ocorreu um aumento da qualidade física, química e diminuição da degradação do solo o que contribuiu para a conservação da qualidade do solo na fazenda Santa Brígida uma vez que esse sistema foi implantado em solos de antigas pastagens degradadas.

**Palavras-chave:** Qualidade do solo; Sistemas Agroflorestais; Sustentabilidade; Biodiversidade.

## ABSTRACT

The obtained results with integrated crop-livestock-forest ICLF indicate that it is an economically viable alternative, environmentally friendly and socially fair to increase the production of food and agro-energy. The present study aimed to evaluate the chemical properties and the environmental impact of a soil subjected to the use of integrated crop-livestock-forest in the Santa Brígida, Ipameri, southeast of Goiás. For this system completely randomized design was used in a factorial 4x2. The treatments were arranged in a 4 x 2 factorial design. The factors analyzed were composed of four systems of land use (Area 1) Eucalyptus 6 years + *Braquiaria brizantha* (ex Hochst. A. Rich); (Area 2) Integration corn + *B. brizantha*; (Area 3) Remaining Forest - witness; (Area 4) Eucalyptus 2 years + *B. brizantha*, combined with two different soil depths (0-20 cm and 20-40 cm). In each type of system were randomly established four plots in which 20 simple sub-samples collected by zigzag traversal, at depths of 0-20 cm and 20-40 cm. The simple sub-samples collected were mixed composing a composite sample for each plot and at each depth. Collected soil samples were subjected to chemical analysis of macronutrients, micronutrients and physical texture analysis methodologies as established in the soil laboratory of the Federal Institute of Goiás, Urutaí Campus – GO. The collected soil samples were subjected to chemical analysis of macronutrients, micronutrients and physical texture analysis methodologies as established in the soil laboratory of the Federal Institute of Goiás, Urutaí Campus – GO. The obtained data from the chemical analyzes of the soil samples were analyzed statistically by variance analysis. The treatments averages were compared by Tukey test at 5% probability (SISVAR program). Identification and qualitative characterization of environmental impacts were assessed using the "Check List" method. The results showed that the area of eucalyptus 6 years + *B. brizantha* grass and remaining forest had the highest average pH, Ca, Ca + Mg, S and V%, showing that nutrient cycling and increased pH soil conservation in the area of ICLF is benefited by litter. The environmental impact assessment of the areas studied showed that systems eucalyptus 2 and 6 years + grass *B. brizantha* were those with the largest sum of the magnitude and importance of positive impacts and the smallest sum of these negative attributes. Therefore, systems are preferable in terms of environmental impacts. With the adoption of integrated crop-livestock-forest, an increase of physical, chemical and reduction of soil degradation which contributed to the conservation of soil quality in the Santa Brígida Farm since this system was deployed in old soils of degraded pastures.

**Keywords:** Soil quality; Agroforestry; Sustainability; Biodiversity.

# 1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agrossilvipastoris ou Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) são uma alternativa sustentável que envolve a associação entre culturas agrícolas, gado, pastagem e espécies arbóreas, imitando um ambiente natural, pois consorcia várias espécies em uma só área, diversificando o ecossistema (CARVALHO et al., 2004; SANCHEZ, 1995).

A integração agropecuária com um componente florestal gera um conceito mais amplo de ILPF, com várias combinações entre os sistemas agrícolas, pecuária e florestal, diversificando os sistemas em: silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril. Apesar de o ILPF ser recente, os sistemas agrossilvipastoris são usados na Europa desde a antiguidade, onde os romanos no século I d.C. integravam oliveiras com pastagem. Este sistema quase desapareceu devido à alta demanda por alimentos e evolução tecnológica na produção (BALBINO et al., 2012).

Os sistemas de ILPF foram criados para recuperar pastagens degradadas que são aquelas que diminuíram a produtividade, perderam o vigor e são incapazes de se recuperar naturalmente para sustentar adequadamente os animais que a consomem (MACEDO, 2009).

Apesar da agricultura e pecuária possuírem grande importância na economia do Brasil, com vários campos de pesquisa e infraestrutura, nota-se que solos degradados são usados para os cultivos de lavouras e pastagens promovendo o processo de degradação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, arriscando a sustentabilidade do ecossistema (GALHARTE e CRESTANA, 2010).

As árvores se tornam benéficas para as pastagens no ILPF, protegendo o solo e disponibilizando nutrientes e matéria orgânica no solo devido à deposição de folhas e galhos das árvores. As raízes atingem profundidades que possibilitam a estabilização física do solo, a transferência de nutrientes das camadas mais profundas para camadas superiores beneficiando a atividade microbiana e fauna do solo (GATTO et al., 2010).

A determinação da qualidade de solo envolve a integração de fatores químicos, físicos, e biológicos. Um solo com equilíbrio proporciona à planta um melhor desenvolvimento, oferecendo condições para expor todo o potencial genético e de produção (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). A neutralização dos efeitos de condições de uso incorreto é uma característica do solo, a qual existe porque o solo é um meio muito complexo e variado, com muitos atributos químicos, físicos e biológicos (NORTCLIFF, 2002). A erosão, compactação,

lixiviação e redução da matéria orgânica são agentes que contribuem para a degradação do solo (BLAINSKI et al., 2008).

Estudos sobre o monitoramento do solo e impactos ambientais do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, principalmente em áreas de Cerrado, são importantes para se entender o comportamento do solo nas variações dos sistemas agrícolas e naturais proporcionados pelo ILPF (CARNEIRO et al., 2008).

A seguir está estruturada uma abordagem teórica sintética sobre os principais sistemas de ILPF, bem como sobre alguns métodos que podem ser utilizados como ferramenta para avaliar impactos ambientais deste sistema.

### **1.1 Integração lavoura-pecuária-floresta e Sistemas Agroflorestais (SAFs)**

O ILPF foi criado com a finalidade de renovação e recuperação de pastagens degradadas. Neste sistema têm-se o plantio de milho, arroz, soja, grãos em geral, pastagens anuais para consumo do gado e florestas principalmente com eucalipto (ZIMMER, 1999).

O ILPF tem sido bastante adotado no Brasil nos últimos anos, no qual a introdução de lavouras não é obrigatória, mas faz parte de uma integração entre produção de grãos, produção gado e árvores onde existe uma interação do uso, nutrição, física e biológica do solo, com a finalidade de aumento de renda dos produtores e proteção do meio ambiente (MACEDO, 2009).

Segundo Balbino et al. (2012), os sistemas de ILPF são classificados em quatro categorias:

- Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Sistema Agropastoril: integra componentes agrícolas e pecuários.
- Integração Pecuária-Floresta (ILF) ou Sistema Silvipastoril: integra componentes florestais e pecuários.
- Integração Lavoura-Floresta (ILP) ou Sistema Silviagrícola: integra componentes agrícolas e florestais.
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Sistema Agrossilvipastoril: integra componentes agrícolas, pecuário e florestal.

Tais categorias são semelhantes à classificação dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) que é um conjunto de técnicas de uso dos recursos naturais onde se associa espécies florestais a cultivos agrícolas e/ou animais em uma mesma área. Esse sistema teve início no final da década de 1970, sendo mais desenvolvido nas décadas de 1980 e 1990 para recuperar áreas de pastagem degradadas. Existem vários problemas com o uso da terminologia SAFs e estuda-se

a possibilidade de padronizar o uso da terminologia SAFs, sugerindo que o termo “Agroflorestal” seja o ideal para envolver todos os sistemas agrossilvicultural, agrossilvipastoril, silvipastoril (MACEDO et al., 2010). Entretanto, Balbino et al. (2012) salientam que o ILPF é um sistema de produção mais abrangente, porque inclui além destes sistemas o sistema agropastoril (ILP).

ILPF é um sistema de produção complexo porque envolve grãos, carne ou leite e madeira. Além do eucalipto, pode-se usar no plantio de árvores para madeira a teca (*Tectona grandis* L.f.), bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e acácia (*Acacia mangium* Willd.). O ILPF auxilia para a formação de chuvas locais e amenização do calor, além de redução da degradação ambiental, melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (PRADO, 2010).

As vantagens do ILPF são: a) benefícios e contribuições tecnológicas; b) diminuição do uso de insumos químicos no solo, herbicidas e defensivos agrícolas; c) diminuição dos custos de recuperação de pastagens; d) benefícios econômicos e sociais; e) benefícios e contribuições ecológicas e ambientais (BALBINO et al., 2012; SILVA, 2011).

No sistema de ILPF existe um uso coerente do solo, dos implementos, dos insumos agrícolas e da mão-de-obra. Porém, algumas condições são imprescindíveis para o bom funcionamento deste sistema, como maquinário agrícola diversificado, mão-de-obra qualificada e amplo estudo do mercado agropecuário (MACEDO, 2009).

Em suas diversas variações, os sistemas de ILPF favorecem o aumento da produção agrícola e da qualidade de forragem e produção de alimento a ser conservado para o rebanho, na época de seca do ano (SANCHEZ, 1995).

A manutenção da estrutura físico-química do solo é favorecida pela combinação de pastagens e culturas anuais para produção de grãos, promovendo o crescimento das plantas, pois espécies de diferentes morfologias promovem uma maior ciclagem de nutrientes, e diminuindo a incidência de doenças (SANTOS et al., 2001).

Os principais sistemas de ILPF são o Barreirão, o Santa Fé e o Santa Brígida, os quais estão apresentados a seguir.

### **1.1.2 Sistema barreirão**

O Sistema Barreirão foi criado em 1991 com a função de formar novas pastagens e recuperar pastagens degradadas, utilizando o plantio em consórcio de culturas anuais com forrageiras. Seu propósito era reduzir custos para a formação ou reforma de pastagens. As

maiores vantagens desse sistema foram o incentivo aos agricultores e pecuaristas para a recuperação de suas pastagens degradadas e as vantagens do ILP (COBUCCI et al., 2007).

A exploração da pecuária bovina em pastagem renovada/recuperada pelo Sistema Barreirão é economicamente viável e lucrativa. A receita gerada pelo grão cobre uma parcela dos custos para se formar o pasto. O milho consorciado com o capim é a melhor alternativa para a renovação/recuperação de pastagem, desde que se obtenha uma média de colheita de grãos do milho superior a 3.600 kg (OLIVEIRA et al., 1996).

Outras vantagens do Sistema Barreirão são: menor ocorrência de doenças e pragas nas culturas anuais, menor uso de herbicidas para controlar as plantas daninhas, devido a concorrência com o capim e controle de cupins (COBUCCI et al., 2007).

### **1.1.3 Sistema Santa Fé**

Kluthcouski (2000) citado por Macedo et al. (2009) lançou o sistema Santa Fé com o propósito de consorciação no Plantio Direto (PD) com solo parcial ou corrigido de culturas anuais com forrageiras tropicais, em áreas de ILP. Este sistema tem o objetivo de ensilagem ou corte da *Braquiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich), para fornecer aos animais confinados no cocho (MACEDO et al., 2009).

A adoção do sistema Santa Fé é dada pelo plantio consorciado de culturas de grãos e forrageiras no verão ou na safrinha (CECCON e STAUT, 2007). Uma das maiores vantagens deste sistema é a correlação entre o sistema de integração e a qualidade do solo, abrangendo as características físicas, químicas e biológicas do solo. Isto ocorre devido à elevação da fertilidade pela lavoura, melhorando a estrutura do solo, elevando os estoques de carbono, adicionando a capacidade de retenção de água e infiltração desta no solo. Também se tem um incremento nos atributos microbiológicos e na densidade da fauna do solo (LOURENTE et al., 2007).

### **1.1.4 Sistema Santa Brígida**

A fazenda Santa Brígida localizada em Ipameri Goiás dispõe de solos com ótima qualidade física, apresenta a topografia plana a suave ondulada, porém apresentava em 2006 pastagens degradadas. Com isso iniciou-se um processo de recuperação usando o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta juntamente com a Embrapa Arroz e Feijão. Foi desenvolvido nessa fazenda o sistema de consórcio de adubos verdes: guandu-anão (*Cajanus*

*cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*) com milho, este sistema foi denominado Santa Brígida (OLIVEIRA et al., 2010).

O objetivo deste sistema é a inserção de adubos verdes nas áreas consorciadas, aumentando a quantidade de nitrogênio no solo pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas plantas leguminosas. Este consórcio não afeta a produtividade do milho e disponibiliza para a cultura subsequente o nitrogênio fixado pelas leguminosas, reduzindo os gastos com suplementação de nitrogênio mineral. Quando se inclui no consórcio o capim braquiária, outras vantagens deste sistema é disponibilização de grande quantidade de palhada para o sistema de plantio direto e a melhoria dos pastos (OLIVEIRA, 2010).

A fixação biológica deste sistema é uma meta para o produtor se cadastrar no Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC), lançado pelo governo federal em 2010. Esse programa tem o objetivo de implantar o ILPF (4 milhões de hectares), financiamento para a recuperação de pastagens degradadas (15 milhões de hectares), implantar o sistema de plantio direto na palha (8 milhões de hectares), auxílio na implantação de florestas plantadas (3 milhões de hectares) e a fixação biológica de nitrogênio (5,5 milhões de hectares) entre o período de 2010 a 2020 (BRASIL, 2010).

## **1.2 Conservação do solo**

O solo é um elemento fundamental da sustentação dos sistemas agrícolas e naturais. A reversão do quadro de degradação de áreas extensas, otimiza o uso do solo, aumentando a produção agrícola, além de contribuir para a mitigação de impactos ambientais e o desenvolvimento de novos insumos e sistemas de produção, que promovem a sustentabilidade ambiental, social e econômica (PRADO et al., 2010).

A falta de preocupação com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas é causada pela pressão do uso dos recursos naturais devido ao aumento da população e técnicas de manejo inadequadas (MATIAS, 2003). Além de existir uma carência de regras consistentes e uma desatualização das leis quanto à legislação ambiental sobre o uso do solo (PRADO et al., 2010).

O fator mais importante que compromete a sustentabilidade da produção animal é a degradação de pastagens. Os fatores relacionados com a degradação de pastagens são: falta de reposição de nutrientes para o solo, manejo animal inadequado, superlotação de animais em uma área sem capacidade de suporte (MACEDO, 2009).

Uma estratégia para se evitar o desmatamento de novas áreas é limitar a expansão da fronteira agrícola e a recuperação de áreas que se encontram em algum estágio de degradação (REIS JÚNIOR e MENDES, 2007).

A ILPF associada ao sistema plantio direto fornece uma constante existência de cobertura do solo, tanto por gramíneas forrageiras quanto palhada, reduzindo a erosão do solo. As gramíneas forrageiras têm características especiais para a conservação do solo, como parte aérea formando uma capa protetora que protege a camada superficial do solo e sistema radicular fasciculado que ajuda na retenção de partículas de solo evitando perda de solo por erosão (STONE et al., 2003).

O monitoramento da qualidade do solo é uma alternativa viável para evitar a degradação do solo e para sugerir modificações no sistema de manejo utilizado pelos agricultores (MIELNICZUK, 1999).

### **1.2.1 Indicadores de qualidade do solo**

A qualidade do solo pode ser entendida como a capacidade do solo em funcionar dentro do ecossistema, sustentando a produtividade biológica, promovendo a saúde dos animais e plantas e mantendo a qualidade ambiental (DORAN e PARKIN, 1994).

A qualidade do solo é o indicador ideal do manejo sustentável do ambiente, incluindo na sua definição: a) capacidade dos indicadores da qualidade do solo para predizer as respostas a impactos no ambiente; b) existência de relação causal entre qualidade do solo e funções do ecossistema, como a conservação da biodiversidade, conservação do solo e biomassa; c) maior integração com outros indicadores biofísicos e socioeconômicos; d) maior resposta e acessibilidade ao monitoramento (HERRICK, 2000).

A análise da qualidade do solo deve ser feita com o uso de indicadores de qualidade que são atributos para medir ou refletir o grau de sustentabilidade do ambiente e são classificados como químicos, físicos e biológicos (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

Observa-se um crescente interesse sobre a qualidade do solo. Nos países desenvolvidos a qualidade do solo é considerada tão importante quanto à qualidade do ar e da água para se determinar a qualidade do ambiente (GOMES, 2010). Porém, padrões concretos e definidos de qualidade da água e do ar já existem enquanto do solo não (CHAER, 2001).

A complexidade dos fatores envolvidos e o fato do solo não ser consumível pelo homem e animais é o que torna difícil a definição e quantificação da qualidade do solo. Esta é aceita como uma característica abstrata dependente de seus atributos intrínsecos, da interação com o ecossistema e de fatores externos como o manejo (GOMES, 2010). Para se fazer um

estudo de avaliação de qualidade do solo é preciso escolher um método adequado para analisar dados resultantes da análise dos indicadores (BALIEIRO et al., 2004).

Segundo Stenberg (1999), os critérios para a seleção de indicadores para monitorar a qualidade do solo são: a) variação natural e relevância ecológica dos indicadores; b) integração de propriedades e processos físicos, químicos e biológicos; c) possibilitar sua medição precisamente por meio da variação dos tipos e condições de solo; d) os indicadores devem ser resistentes a variações em curto prazo devido a mudanças climáticas e sensíveis a variações em longo prazo no manejo; e) devem ser se possível de baixo custo e de determinação simples.

Os indicadores de qualidade do solo são classificados em quatro grupos: a) indicadores visuais, obtidos por observações diretas ou interpretação de fotografias aéreas; b) indicadores físicos do solo como porosidade, densidade, textura, compactação, capacidade de armazenamento de água; c) indicadores químicos do solo que é objeto de estudo do presente trabalho, tem funções tanto agronômicas quanto ambientais, indicando pH, carbono orgânico, também indicam a capacidade do solo quanto a troca de cátions (CTC), podem indicar poluição ou contaminação do solo e as necessidades nutricionais das plantas por macronutrientes e micronutrientes; d) indicadores biológicos. (GOMES, 2010).

Para se ter um solo com ambiente saudável, equilibrado, com boas condições físicas, químicas, biológicas e com alto desempenho para as culturas torna-se necessário sua correção química, monitoramento constante e histórico da área, também é importante o conhecimento e o monitoramento dos atributos de qualidade do solo das áreas agrícolas evitando assim a degradação destes com a manutenção da biodiversidade, principalmente no Bioma Cerrado (SILVA, 2011).

### **1.3 Avaliação de impactos ambientais**

A definição de Impacto Ambiental, no Brasil, segue a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 23 de janeiro de 1986, a qual estabelece que impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (MARTINS, 2005).

É importante ressaltar que os impactos ambientais são alterações no meio ambiente causadas por ação antrópica e que se rebata sobre o homem que é o causador e o receptor

(ação-reação), resultando em consequências negativas ou positivas (SILVA, 1996; MENIM, 2000; HENKELS, 2002).

No Brasil, o primeiro dispositivo legal relacionado à Avaliação de Impactos Ambientais foi a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu em seu artigo 9º, inciso III, como um de seus instrumentos, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Foi sancionada a Política Nacional do Meio Ambiente e foi criada para a sua execução o SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente (TOMMASI, 1994; SILVA, 1998).

A constituição de 1988, no seu Capítulo VI, artigo 225 cita que todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida. Sendo assim, a responsabilidade dos cuidados com o meio ambiente é passada para os cidadãos e não somente aos órgãos governamentais. Exige ainda a obrigatoriedade da avaliação dos impactos ambientais para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente e que ainda seja feita a publicidade desta avaliação (FERREIRA, 2000).

É necessário um estudo de consequências sociais e ecológicas para identificação, prevenção e interpretação das consequências à saúde humana e ao meio ambiente causados por determinadas ações, programas ou projetos para se fazer uma avaliação de impactos ambientais (MAGRINI, 1989).

### **1.3.1 Métodos de avaliação de impactos ambientais**

São técnicas ou métodos de avaliação de impactos ambientais, os instrumentos que visam identificar, sumarizar e avaliar qualitativa e quantitativamente impactos ambientais originados de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente (SILVA e SOUZA, 1994).

Os métodos de análises de impactos ambientais são divididos em qualitativos e quantitativos. Deve-se escolher o método de acordo com a realidade local e o custo de execução do estudo. Dentre os métodos mais usuais podemos citar: os métodos Ad-Hoc; Listas de Controle (Check List); Matrizes ou Matrizes de Interação, como a Matriz de Leopold; Redes de Interação; Superposição de Mapas (Overlay); Sistema Battelle-Collumbus; Modelos de Simulação; Análise Multicritério; Sistemas Especialistas; Modelo Fuzzy; Diagrama de Fluxo e Projeção de Cenários (OLIVEIRA e MEDEIROS, 2007).

Conforme apresentado por Moreira (1993) citado por Martins (2005), as principais características que definem os tipos clássicos de métodos de avaliação de impactos ambientais são:

- Método Ad-Hoc é um método que reúne vários especialistas de diversas áreas, com o objetivo de obter dados e informações em tempo reduzido e quando há carência de dados. Estes especialistas deverão ser escolhidos de acordo com as características da proposta sob análise, devendo possuir conhecimento científico e experiência profissional suficiente para dar maior respaldo científico ao estudo. Tem a vantagem de ser rápido, simples e compreensivo e a desvantagem de a avaliação detalhada em impacto real de variáveis ambientais não são facilmente examinadas.
- Método da Listagem de Controle (“Check List”). Foi um dos primeiros métodos de avaliação de impactos ambientais, devido, principalmente, à sua facilidade de aplicação. Serve de guia para o levantamento dos dados e informações necessários ao estudo, podendo ser acompanhado ou não de uma caracterização de cada indicador listado (base científica a ser escolhida e relação com os demais indicadores). São técnicas preponderantemente de identificação, mas podem também incorporar escalas de valoração e ponderação dos valores. As listagens podem ser: simples, descritiva, escalar e escalar ponderada. As listagens de controle simples agrupam apenas os fatores ambientais, às vezes, associados a parâmetros que fornecem as medidas para o cálculo da magnitude dos impactos. As listagens descritivas agrupam e orientam a análise dos impactos ambientais sob a forma de questionários e, como na listagem simples, são aplicados em diagnóstico ambiental da área de influência, além de apresentarem também a análise dos impactos. As listagens escalares agrupam os impactos e os fatores em uma escala de valores ou em símbolos para cada fator ambiental, incorporando o grau de importância nas escalares ponderadas. Ambas são aplicadas no diagnóstico ambiental, na valoração de impactos e na comparação de alternativas.
- Método de Matrizes de Interação. A técnica, originalmente elaborada por Leopold et al. (1971), é compreensivo para comunicação do resultado, cobre os fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos. É um método que acomoda os dados quantitativos e qualitativos e o usuário sente-se livre para modificar e encontrar suas necessidades particulares. Tem baixo custo e caráter multidisciplinar para avaliar impactos.
- Método das Redes de Interação (“Networks”). Consiste de gráficos ou diagramas que representam a sequência e as conexões entre os vários efeitos ambientais desencadeados por uma ação humana. Apresenta uma abordagem integrada na análise dos impactos e suas interações, embora não sejam destacadas as importâncias relativas, os aspectos temporais e espaciais, a magnitude e a dinâmica dos sistemas ambientais.
- Método da Superposição de Cartas (“Overlay mapping”). Este método associa-se à técnica de Sistema de Informações Geográficas – SIG, que deve contemplar o uso do computador, permitindo a aquisição, o armazenamento, a análise e a representação de dados ambientais.

Tem forte poder de síntese indicando o relacionamento espacial. As condições com e sem projeto são facilmente comparadas. É recomendado para grandes projetos de desenvolvimento na seleção de alternativas.

- Método dos Modelos Matemáticos. Funciona como modelos matemáticos computadorizados (simulações, regressão, probabilidade, multivariado, etc.), desde os mais simples aos mais complexos, que permitem simular a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, pela consideração de todas as relações biofísicas e antrópicas possíveis de serem compreendidas no fenômeno estudado. Possibilita diagnosticar e prognosticar a qualidade ambiental da área de influência. Considera a dinâmica dos sistemas ambientais, permitindo a comparação de cenários, além de incluir um grande número de variáveis quantitativas e qualitativas.

Essas definições são importantes, porque evidenciam que a avaliação de impactos ambientais precede como subsídio, ao processo de tomada de decisão, avaliando então uma ação proposta no sentido de prever seus impactos (SILVA, 1999).

Estudos de análise de qualidade de solo e de impacto ambiental são de extrema importância para avaliação se o uso abusivo de máquinas, aliado ao plantio direto e gado em uma determinada área aumentam ou diminuem a degradação do solo (SALTON et al., 2001).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar e comparar as mudanças nas propriedades químicas do solo e identificar impactos ambientais decorrentes da utilização do sistema integração lavoura-pecuária-floresta no solo da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, sudeste de Goiás.

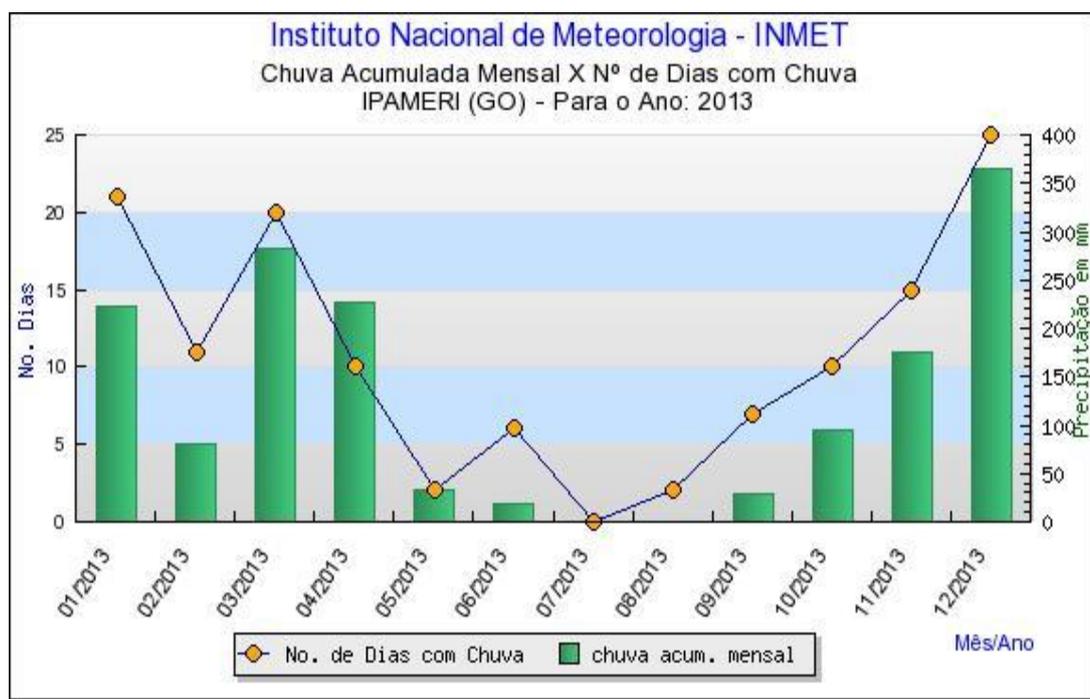
### 2.2 Objetivos específicos

- Comparar os parâmetros químicos do solo de uma floresta remanescente e sob o uso de integração lavoura-pecuária-floresta.
- Identificar e caracterizar qualitativamente e quantitativamente os impactos ambientais incidentes no solo sob diferentes sistemas de produção.
- Delinear medidas minimizadoras e potencializadoras para os impactos ambientais negativos e positivos, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Santa Brígida, propriedade de 935 hectares localizada em Ipameri-GO, a qual utiliza desde 2006 o sistema ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta). A Fazenda Santa Brígida localiza-se no município de Ipameri, no sudoeste goiano (Latitude 17° 31', Longitude 48° 09', Altitude 800-900m). O relevo do terreno é suavemente ondulado, o solo é classificado como Latossolo Vermelho de textura média a argilosa com teor de argila variando entre 20 a 30%. A precipitação pluviométrica anual da região é de aproximadamente 1.750 mm (Figura 1), com cerca de 80% das chuvas caindo nos meses de dezembro, janeiro, março e abril, e o restante se distribuindo principalmente nos meses de abril a novembro (MORO, 2012).



**Figura 1.** Média de chuva acumulada mensal x Número de dias com chuva em Ipameri – GO no ano de 2013.

A fazenda Santa Brígida foi a primeira propriedade a obter linha de financiamento por meio do Programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), em julho de 2011, esta fazenda é um dos principais exemplos na prática da integração lavoura-pecuária-floresta

(ILPF) do país. Além dos ganhos de produtividade, a fazenda deixa de emitir, aproximadamente, 2,6 mil toneladas de gás carbônico equivalente por ano. Outros sistemas que reduzem a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera também são utilizados, como a fixação de nitrogênio no solo. A prática utilizada para este fim é o Sistema Santa Brígida, criado pela Embrapa, um consórcio das culturas de milho, braquiária e feijão guandu anão. Além dos benefícios ambientais, ainda há a vantagem da renovação constante do pasto, o que faz o rebanho engordar apenas com capim (EMBRAPA, 2014).

A coleta de dados foi realizada em quatro áreas da Fazenda Santa Brígida, sendo elas: (Área 1) Eucalipto de 6 anos + capim *Braquiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich).; (Área 2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (Área 3) Floresta remanescente – testemunha; (Área 4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*.

A área de milho + capim *B. brizantha* cultivada no ano de 2013 foi de 200 hectares, com produtividade média de 180 sacos/há de milho. A área de lavoura de soja é de 450 hectares, com uma produção média de 55 sacos/ha.

A área total com eucalipto na fazenda é de 60 hectares em consórcio com capim, divididos em Eucalipto (GG100) de 6 anos com capim *B. brizantha* e Eucalipto (i144 e Super Clone) de 2 anos com *B. brizantha*. Já a área destinada a reserva legal é de 187 hectares.

O número de cabeças de gado na fazenda é variável, pois tem o período do ano que a maior parte da área é usada para lavoura, mas em média são 1.600 cabeças por ano de gado na fase de terminação. Da safra de 2006/2007 para 2012/2013 a lotação animal passou de 0,5 para 2,0 UA/ha, atingindo até 4,0 UA/ha na safrinha e o ganho de peso de 2 para 16 arrobas/ha (MORO, 2012).

### **3.2 Delineamento experimental, coleta de solo e análise dos dados**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2. Os fatores analisados foram constituídos por quatro sistemas de uso do solo (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *B. brizantha* (Hochst. Ex A. Rich).; (A2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*. Para cada uso do solo, foram selecionadas aleatoriamente quatro parcelas amostrais, onde foram coletadas 20 amostras simples, retiradas por caminharmento em zigue-zague, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Por fim, as amostras simples foram reunidas compondo uma amostra composta para cada parcela e para cada profundidade. Desta forma, quatro amostras compostas foram obtidas de cada tratamento, em cada profundidade,

as quais foram enviadas para a realização das análises químicas. O tamanho da área sofreu variação em função do uso do solo, oscilando entre 2 a 5 ha. As amostras de solo foram coletadas utilizando o procedimento de coleta padrão para análises químicas do solo (EMBRAPA, 1979).

O solo foi coletado no período de 15 a 26 de julho de 2013 na Fazenda Santa Brígida. Os locais onde foram coletadas as amostras de solo foram limpos com enxada para retirada de serrapilheira. Após a limpeza foi utilizado o trado de rosca para fazer a coleta do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. O solo coletado foi colocado em um balde onde foi feito o destorroamento das amostras. Após isto, as amostras de solo foram colocadas em sacos de plástico etiquetados e levadas ao laboratório de solos do Instituto Federal Goiano campus Urutaí, onde foram feitas análises química de macronutrientes, micronutrientes e análise física de textura.

A identificação e a caracterização qualitativa dos impactos ambientais foram feitas através do método Check List descritivo que consiste na listagem impactos ambientais, quando se considera o potencial transformador do ambiente físico, biótico e antrópico, causado por atividades impactantes conhecidas (LELLES et al., 2005).

Os dados provenientes das análises de solo foram submetidos à análise de variância e quando pertinente foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para discriminar os efeitos entre tratamentos. Foi empregado o programa SISVAR para realização das análises estatísticas.

### **3.3 Determinação dos atributos do solo**

As análises de solo foram realizadas no laboratório de solos do Instituto Federal Goiano Campus Urutaí no período de 29 de julho a 2 de agosto de 2013. Os atributos químicos determinados foram Ca, Mg, Ca + Mg, H + Al, P, K, Zn, Fe, Mn, Cu, pH em água e análise de textura (Argila, Areia e Silte).

Os conteúdos de Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução neutra de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação do Ca e Mg foi obtida através de espectrofotometria de absorção atômica e o Al por titulometria de neutralização com solução de NaOH e indicador fenolftaleína, com base (NaOH) padronizada 45 com solução de biftalato de potássio (KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub> ou C<sub>8</sub>H<sub>5</sub>KO) a 2 mol. A determinação do P extraível, foi conseguida pelo Método Mehlich<sup>1</sup>, com leitura da transmitância em colorímetro com comprimento de onda ajustado para 660 nm. Os teores de K foram extraídos com solução

Mehlich<sup>1</sup> e quantificados por fotometria de chama. O pH em água foi determinado utilizando-se uma relação solo/solução de 1:1 e leitura por potenciometria (TEDESCO et al., 1995).

O peso das amostras do solo foi variável de 0,50 g a 3,00 g. Os teores disponíveis dos nutrientes Zn, Cu, Mn e Fe foram extraídos com solução extratora Mehlich<sup>1</sup> (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>), na relação solo: solução 1:5, com 5 minutos de agitação (MEHLICH, 1978), com duas horas de agitação (LINDSAY e NORVELL, 1978) e analisados por espectrofotometria de absorção atômica.

### **3.4 Avaliação de impacto ambiental**

A identificação e a caracterização dos impactos ambientais foram feitas com o uso do método de avaliação de impactos ambientais denominados listagem de controle “check list” (LEOPOLD et al., 1971) descritivo e ponderado, haja vista que além da descrição dos impactos foi realizada uma caracterização quanto aos seus principais atributos (valor, magnitude e importância).

Para o preenchimento do “check list” as áreas de estudo foram percorridas e, quando necessário, informações foram solicitadas aos funcionários locais. Aos impactos ambientais identificados foram atribuídos os seguintes atributos: critério de valor, a magnitude e a importância, os quais estão explicados na sequência.

Quanto ao critério de valor, o impacto ambiental foi considerado positivo quando a ação impactante desenvolvida no ILPF estudado proporcionou melhoria de propriedades do indicador avaliado ou negativo quando resultou em depreciação de propriedades do indicador avaliado.

A magnitude pode ser definida como a grandeza de um impacto em termos absolutos, podendo ser considerada como a medida de alteração de um indicador ambiental, em termos quantitativos ou qualitativos. A importância é a ponderação do grau de significância de um impacto em relação ao fator ambiental afetado e a outros impactos. Pode ocorrer que um certo impacto, embora de magnitude elevada, não seja importante quando comparado com outros (SPADOTTO, 2002).

Sánchez (2008) comenta que o estudo de impacto ambiental deve explicitar os critérios de atribuição de importância que adota, pois não existe uma padronização para todos os tipos de empreendimentos. Neste sentido, devem ser considerados significativos os impactos que afetem a saúde ou a segurança do homem, modifiquem a estrutura ou a função

dos ecossistemas ou coloquem em risco espécies raras ou ameaçadas, afetem a oferta ou a disponibilidade de empregos, entre outros.

Neste estudo, tanto a magnitude quanto a importância foram classificadas subjetivamente em cinco grupos: 0 - sem efeito; 1- muito pequena; 2- pequena; 3-média; 4-grande; 5 – muito grande. Para a magnitude, considerou-se o grau de alteração no meio ambiente causada pelo impacto ambiental identificado e, para a importância, buscou-se avaliar as implicações que estas alterações podem causar ao ambiente e ao homem.

Uma vez identificados os impactos ambientais incidentes sobre as áreas de estudo, foram delineadas medidas minimizadoras e potencializadoras para os impactos ambientais negativos e positivos, respectivamente. As medidas minimizadoras constituem ações proposta com a finalidade de reduzir a magnitude e/ou a importância dos impactos ambientais adversos e as medidas potencializadoras objetivam melhorar os atributos dos impactos ambientais positivos (SÁNCHEZ, 2006).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Atributos químicos e físicos do solo

Os resultados da análise de variância indicaram efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) da interação entre uso do solo e a profundidade para quase todas variáveis analisadas (Ca+Mg, Ca, Mg, K, H+Al, P, pH, Cu, Mn, Zn, Matéria Orgânica, Argila, Silte, Areia, CTC, soma de bases, V%) (Tabelas 1 e 2). Mas, o nutriente Fe (ferro) e a matéria orgânica (Tabelas 1 e 2) apresentaram efeitos não significativos para a interação entre uso do solo e a profundidade, para os quais nota-se que: houve diferença significativa nos teores de Fe entre as áreas com diferentes usos do solo, todavia suas concentrações não diferiram entre as duas profundidades avaliadas (0-20 cm e 20-40 cm); o teor de matéria orgânica diferiu tanto entre as áreas com os diferentes usos do solo quanto entre as duas profundidades (Tabelas 2).

Para o alumínio, a maior concentração foi observada nas áreas de floresta remanescente e eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* (Tabela 3) na profundidade de 0-20 cm e na área de milho + capim *B. brizantha* e floresta remanescente na profundidade de 20-40 cm.

Os maiores teores de potássio foram encontrados na área de floresta remanescente nas duas profundidades avaliadas (Tabela 3). Por sua vez, os menores teores de potássio foram encontrados na área de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* na profundidade de 0-20 cm. Os menores teores de potássio na profundidade de 20-40 cm foram observados nas áreas de milho + capim *B. brizantha* e eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha*.

As áreas de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha* apresentaram a maiores médias de fósforo na profundidade de 0-20 cm (Tabela 3). Na profundidade de 20-40 cm todas as áreas não diferiram estatisticamente para o valor de fósforo. Nas áreas de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e na floresta remanescente foram encontrados as maiores médias de pH na profundidade de 0-20 cm e na profundidade de 20-40 cm a área de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* teve as maiores médias de pH (Tabela 3).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância referente aos nutrientes: Ca + Mg (Cálcio + Magnésio), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Potássio (K), hidrogênio + alumínio (H) + (Al), Fósforo (P), Potencial Hidrogeniônico (pH), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) presentes em amostras de quatro diferentes tipos de usos do solo coletados em duas profundidades na fazenda Santa Brígida, Ipameri - GO, 2013.

Fonte de variação	GL	F calculado										
		Ca+Mg	Ca	Mg	K	Al	H+Al	P	pH	Cu	Fe	Mn
Uso do solo (U)	3	28,22**	16,85**	20,76**	54,75**	16,44**	35,54**	4,01*	417,88**	9,45**	15,58**	38,81**
Profundidade (P)	1	17,31**	8,16**	9,15**	2,60 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	27,29**	10,76**	24,74**	0,03 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	27,48**
Interação U x P	3	6,13**	3,13*	7,53**	3,04*	5,77**	6,68**	5,08**	27,48**	0,04*	0,622 <sup>ns</sup>	5,96**
CV (%)		26,57	27,99	34,97	27,83	31,49	10,05	12,93	1,24	14,33	15,64	20,50

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Uso do solo (U), Profundidade (P), Interação uso do solo com profundidade (U x P) e coeficiente de variação (CV).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente ao Zinco (Zn), da Matéria Orgânica e da análise de textura (Argila, Silte e Areia), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Soma de Bases (S) e Saturação por bases (V%), presentes em amostras de quatro diferentes tipos de usos do solo coletados em duas profundidades na fazenda Santa Brígida, Ipameri - GO, 2013.

Fonte de variação	GL	F calculado							
		Zn	Matéria Orgânica	Argila	Silte	Areia	CTC	S	V%
Uso do solo (U)	3	3,87*	10,77**	123,78*	35,36**	89,50**	16,17**	16,30**	61,50**
Profundidade (P)	1	35,49**	9,03**	14,34**	0,26 <sup>ns</sup>	11,88**	18,28**	13,49**	15,36**
Interação U x P	3	5,89**	1,38 <sup>ns</sup>	3,36*	5,58**	4,29*	6,29**	5,43**	8,82**
CV (%)		28,48	25,03	3,56	13,32	7,68	20,84	36,17	10,94

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Uso do solo (U), Profundidade (P), Interação uso do solo com profundidade (U x P) e coeficiente de variação (CV).

Observaram-se altos teores de Magnésio e H + Al (Acidez Trocável) na área de floresta remanescente na profundidade de 0-20 cm (Tabela 3). Na profundidade de 20-40 cm o teor de magnésio não diferiu estatisticamente entre as áreas avaliadas e a acidez trocável foi maior nas áreas de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* e floresta remanescente.

As maiores médias de Ca e Ca + Mg (Tabelas 4) e ferro (Tabelas 5) foram observados na áreas de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e na floresta remanescente na profundidade de 0-20 cm, mostrando que o sistema ILPF se aproxima da área de floresta remanescente em alguns nutrientes, além dos inúmeros benefícios para o gado, solo, plantas e meio ambiente em geral. Na profundidade de 20 – 40 cm a área de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* obteve as maiores médias de Ca e Ca + Mg.

Na análise de textura do solo (Argila, Silte e Areia) as maiores médias de argila foram nas áreas de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha* e floresta remanescente na profundidade de 0-20 cm (Tabela 4). O silte teve as maiores médias na área de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* nesta profundidade. As maiores médias de areia foram observadas na área de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* nas duas profundidades avaliadas (Tabela 4).

A maior média de matéria orgânica (Tabela 5) foi encontrada na área de floresta remanescente. As outras áreas avaliadas embora com menores médias, não diferiram estatisticamente entre si. Entre as profundidades houve diferença estatística quanto à quantidade de matéria orgânica nos sistemas avaliados.

Os maiores teores de zinco (Zn) foram observados nas áreas de Integração milho + capim *B. brizantha* e Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha* na profundidade de 0-20 cm. Já na profundidade de 20-40 cm, todas as áreas não diferiram estatisticamente para os elementos Zinco e Cobre (Tabela 6). O cobre foi encontrado em maior quantidade nas áreas de milho, eucalipto 2 anos e eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* na profundidade de 0 – 20cm e o manganês em maior quantidade na área de floresta remanescente nesta profundidade.

A Soma de Bases (S) e a Saturação por bases (V%) obtiveram as maiores médias nas áreas de floresta remanescente e eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* na profundidade de 0 – 20 cm, mostrando a melhoria do solo nesta área de ILPF em comparação aos outros modos de uso do solo. Já a capacidade de troca de cátion (CTC) foi maior na área de mata remanescente em ambas as profundidades estudadas (Tabela 6).

**Tabela 3.** Resultado do teste de médias para os seguintes elementos do solo: alumínio (Al), potássio (K), fósforo (P), pH, Magnésio (Mg) e Acidez potencial (H+ Al) presentes em quatro tipos de amostras solos coletados em duas profundidades na fazenda Santa Brígida, Ipameri-GO.

Local	Médias Al		Médias K		Médias P		Médias pH		Médias Mg		Médias H+ Al	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
A1	0,07 b A	0,07 b A	138,25 b A	155,75 b A	1,05 ab A	0,88 a A	5,72 a A	5,2 a A	2,70 b A	2,30 a A	4,2 b A	3,37 c B
A2	0,10 b B	0,22 a A	121,25 b A	40,75 c B	1,18 a A	0,78 a B	3,02 b A	1,55 b B	1,15 b A	0,70a A	3,97 b A	3,82 bc A
A3	0,21 a A	0,22 a A	242 a A	239,75 a A	0,83 bc A	0,82 a A	6,1 a A	2,4 b B	3,70a A	1,37 a B	6,87 aA	4,87 a B
A4	0,12 ab A	0,07 b A	37,75c A	27,5 c A	0,81 c A	0,85 a A	1,85 b A	1,70 b A	0,62 b A	0,90 a A	4,65 b A	4,3 ab A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *B. brizantha*; (A2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*.

**Tabela 4.** Resultado do teste de médias para os seguintes nutrientes do solo: Cálcio (Ca) ,Cálcio + Magnésio (Ca + Mg) e análise de textura (Argila, Silte e Areia) presentes em quatro tipos de amostras solos coletados em duas profundidades na fazenda Santa Brígida, Ipameri-GO.

Local	Médias Ca		Médias Ca + Mg		Médias Argila		Médias Silte		Médias Areia	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
A1	2,8 a A	2,87 a A	5,72 a A	5,2 a A	447,65 b A	452,8 c A	107,15 b B	144,5 a A	445,27 a A	403,7 a B
A2	1,92 b A	0,90 b B	3,02 b A	1,55 b B	597,6 a A	602,4 b A	98,80 b A	75,07 b A	303,1 b A	323,3 b A
A3	2,43 a A	1,05 b B	6,1 a A	2,4 b B	599,15 a B	651,85 a A	116,80 b A	104,05 b A	306,55 b A	244,1 c B
A4	0,97 b A	0,92 b A	1,85 b A	1,70 b A	569,5 a B	616ab A	616,00 a A	162,4 a A	255,27 c A	222,1 c A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *B. brizantha*; (A2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*.

**Tabela 5.** Resultado estatístico da análise do ferro (Fe) e da Matéria Orgânica (MO) do solo sob uso do sistema ILPF na Fazenda Santa Brígida, Ipameri – GO, 2013.

Local	Médias Fe	Médias MO
A1	69,52 a	2,31 b
A2	46,21 bc	2,15 b
A3	57,82 ab	3,86 a
A4	43,72 c	2,48 b
Profundidade	Médias Fe	Médias MO
0 – 20 cm	55,65 a	3,06 a
20 – 40 cm	52,99 a	2,34 b

Os valores representam a média aritmética. Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *B. brizantha*; (A2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*.

**Tabela 6.** Resultado do teste de médias para os seguintes nutrientes do solo: Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e análise de textura (Argila, Silte e Areia) presentes em quatro tipos de amostras solos coletados em duas profundidades na fazenda Santa Brígida, Ipameri-GO.

Local	Médias CTC		Médias S		Médias V%		Médias Zn		Médias Cu		Médias Mn	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
A1	10,30 b A	10,30 b A	6,05 ab A	5,58 a A	58,58 a A	61,75 a A	4,82 b A	4,15 a A	7,37 a A	6,2 a A	31,8 b A	31,20 a A
A2	7,30 bc A	7,30 bc A	3,34 bc A	1,66 b A	45,15 b A	30,42 b B	9,94 a A	3,38 a B	5,92 a A	5,85 a A	20,67 c A	9,25 b B
A3	15,16 a A	15,16 a A	8,27 a A	3,01 ab B	53,15 ab A	37,70 b B	6,39 b A	3,31 a B	3,95 b B	5,3 a A	44,87 a A	25,00 a B
A4	6,59 c A	6,59 c A	1,93 c A	1,88 b A	28,92 c A	29,74 b A	5,6 a A	3,57 a A	6,17 a A	6,27 a A	16,6 c A	12,15 b A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *B. brizantha*; (A2) Integração milho + capim *B. brizantha*; (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *B. brizantha*.

## **4.2. Identificação dos Impactos Ambientais**

Foram identificados e listados 18 impactos ambientais na fase de operação dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta avaliados na fazenda Santa Brígida, sendo que 6 foram classificados como positivos e 12 como negativos (Tabela 7).

### **4.2.1. Medidas Potencializadoras**

Os impactos positivos, embora presentes e importantes em todos os sistemas avaliados podem ser potencializados. Dentre as medidas recomendadas, podem ser citadas: aumento do incentivo em pesquisa, principalmente às voltadas ao plantio consorciado com espécies fixadoras de nitrogênio, o que é usado somente em pequenas áreas da fazenda; incentivo aos funcionários para qualificação, o que pode culminar em melhoria da qualidade da mão-de-obra; proteção da área no entorno do lago de entrada da fazenda com plantas para minimizar a perda de solo nessa área, evitando a erosão; aumento da área plantada com pastagem em consórcio com eucalipto, já que esse sistema gera menos impactos negativos e mais positivos quando comparado ao sistema da Área 2.

### **4.2.2. Medidas Mitigadoras**

Objetivando reduzir a magnitude e/ou a importância dos impactos ambientais negativos, são sugeridas as seguintes medidas: evitar uso exagerado de máquinas agrícolas, evitando assim a compactação do solo nas áreas de culturas e de integração lavoura-pecuária-floresta; evitar superlotação de áreas com gado para reduzir compactação do solo; cercar a parte do lago na entrada da Fazenda a fim de evitar acidentes; incentivo em pesquisa para a busca de produtos específicos para o ILPF; incentivo / conscientização dos funcionários para uso dos EPIs; contratação de um técnico de segurança do trabalho.

**Tabela 7.** Check List descritivo e ponderado dos impactos ambientais identificados nas áreas nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

n	Descrição do impacto ambiental	Atributos do impacto ambiental*							
		Área 1		Área 2		Área 3		Área 4	
		Mag	Import	Mag	Import	Mag	Import	Mag	Import
1	Depreciação da qualidade do ar em função da liberação de gases poluentes (CO <sub>2</sub> )	- 2	- 2	- 3	- 2	0	0	- 2	- 2
2	Assoreamento dos cursos de água e aumento do nível de turbidez da água	- 2	- 3	- 3	- 4	0	0	- 2	- 3
3	Depreciação da qualidade química da água quando do contato com biocidas	- 2	- 1	- 3	- 4	0	0	- 2	- 1
4	Danos a microbiota do solo quando do contato com biocidas	- 1	- 1	- 4	- 3	0	0	- 1	- 1
5	Danos mecânicos ao banco de sementes do solo	- 3	- 1	- 4	- 4	0	0	- 3	- 1
6	Quebra do Ciclo de doenças	+ 4	+ 4	+ 2	+ 2	+ 5	+ 5	+ 3	+ 3
7	Criação de empregos	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	0	0	+ 5	+ 5
8	Melhoria da qualidade de vida dos empregados em função do aumento de renda	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	0	0	+ 5	+ 5
9	Redução espacial do habitat silvestre em função da mudança na paisagem	- 2	- 2	- 4	- 3	0	0	- 3	- 2
10	Afugentamento da fauna terrestre, causados por ruídos ou pela presença humana na área	- 4	- 2	- 5	- 3	0	0	- 4	- 2
11	Impacto visual associado à presença de espécies exóticas no ambiente	- 3	- 2	- 4	- 3	0	0	- 3	- 2

12	Impacto visual associado a instalação de casas, galpões e estaleiros	- 2	- 2	- 2	- 2	0	0	- 2	- 2
13	Perda de solo em função da incidência de processos erosivos	- 1	- 3	- 2	- 3	0	0	- 1	- 3
14	Contribuição para o desenvolvimento regional	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 1	+ 2	+ 5	+ 5
15	Alteração da qualidade química do solo em decorrência das adubações	+ 1	+ 3	+ 3	+ 3	0	0	+ 1	+ 3
16	Melhoria da qualidade de pastagem e da ambiência para os bovinos	+ 5	+ 5	+ 3	+ 3	0	0	+ 5	+ 5
17	Contaminação dos cursos de água causada por resíduos (Óleos, graxas, lubrificantes)	- 2	- 3	- 3	- 4	0	0	- 2	- 3
18	Contaminação do solo causada por resíduos (Óleos, graxas, lubrificantes)	- 2	- 3	- 3	- 4	0	0	- 2	- 3
<b>Soma dos atributos positivos</b>		+ 25	+ 27	+ 23	+ 23	+ 6	+ 7	+ 24	+ 26
<b>Soma dos atributos negativos</b>		- 26	- 25	- 40	- 39	- 0	- 0	- 27	- 25

\* Os impactos ambientais receberam os seguintes atributos: Critério de Valor (Positivo (+); Negativo (-); magnitude (0 – sem efeito; 1- muito pequena; 2- pequena; 3-média; 4- grande; 5 – muito grande); Importância (0 – irrelevante; 1- muito pequena; 2- pequena; 3-média; 4- grande; 5 – muito grande). (A1) Eucalipto de 6 anos + capim *Braquiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich.); (A2) Integração milho + capim *Braquiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich.); (A3) Floresta remanescente – testemunha; (A4) Eucalipto de 2 anos + capim *Braquiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich.).

## 5 DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeitos significativos da interação entre os tipos de uso de solo e as profundidades para a maior parte das variáveis analisadas, fato que ocorreu devido à grande variação encontrada nos valores obtidos nas diferentes áreas e entre as duas profundidades.

Os teores de Matéria Orgânica, Mn, K, Mg e valor de CTC encontrados na camada 0-20 cm da floresta remanescente, os quais foram estatisticamente superiores às demais áreas, possivelmente se devem à maior complexidade de interações e da maior eficiência na ciclagem e aproveitamento dos nutrientes neste ecossistema (MACEDO, 2010). A matéria orgânica atua nas propriedades do solo como fonte de energia para a massa microbiana e nutriente para as plantas. Segundo Marin (2002), a mineralização da matéria orgânica libera nutrientes para a planta como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes, além de 15 a 80% do P total encontrado no solo.

A semelhança do sistema de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* com a floresta remanescente em relação aos atributos Ca, Ca + Mg, pH, Soma de bases e V% na camada de (0-20 cm), pode ser um indicativo de que neste sistema a ciclagem de nutrientes esta sendo mais eficiente que nos outros sistemas avaliados, sendo beneficiada pela serapilheira e excrementos de gado (LANG et al., 2004). Segundo Moro (2012), os maiores teores de Ca em sistemas ILPF podem ser explicados pela boa quantidade de matéria orgânica neste sistema, proporcionando maior quantidade de cargas negativas e maior CTC (capacidade de troca de cátions), já a fração mineral pouco contribui para a CTC e a matéria orgânica é o componente coloidal que mais interfere na capacidade de troca catiônica do solo.

Ogunkunle e Awotoye (2011) afirmaram que nos sistemas de integração com eucaliptos os nutrientes acumulados nas folhas retornam ao ecossistema por meio de serapilheira, isso é o mais importante componente do ecossistema florestal, pois se torna uma via de nutrientes e transferência de energia, além disso, os resíduos vegetais têm efeitos benéficos, incluindo a manutenção de boas condições físicas do solo, bem como a matéria orgânica do solo, fornecimento de nutrientes e estímulo à atividade biológica, bem como a diminuição da acidez no solo.

Existe controvérsia sobre a eficiência de aproveitamento de nutrientes no ILPF. Neste sentido, Ferreira et al. (2009) citando Haynes e Williams (1993), afirmam que o manejo de nutrientes é mais complexo sob pastejo em sistemas de ILPF, isto se dá pelo pisoteio animal e

distribuição heterogênea dos excrementos animais nas pastagens, contribuindo para o aumento da compactação do solo local e perdas de nutrientes.

As áreas de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e floresta remanescente foram semelhantes para os atributos Ca, Ca + Mg, soma de bases e saturação por bases. O elevado teor de Ca e Ca + Mg no sistema de Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* (Tabela 4) contribuiu para elevar a soma de bases e a saturação por bases do solo. Já no sistema de floresta remanescente essa contribuição é dada pelo elevado teor de H+ Al (Tabela 3) que contribuiu para elevar a CTC (Tabela 6) desta área. Nas áreas de milho + capim *B. brizantha* e Eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha*, o solo apresentou CTC significativamente menor em relação aos demais sistemas nas duas profundidades, resultados semelhantes foram encontrados por Barreto et al. (2006).

As maiores concentrações de matéria orgânica (Tabela 5) foram encontradas na área de floresta remanescente. As outras áreas não diferiram estatisticamente neste quesito, mostrando que o ILPF tenta se aproximar da área de floresta remanescente, proporcionando para as plantas matéria orgânica, nutrientes e proteção ao solo pela serapilheira que beneficia as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Galharte e Crestana (2010) afirmaram que as braquiárias produzem matéria seca significativamente e há um aumento de matéria orgânica em solos com pastagem de braquiária comparados com solos de cerrado inalterados, além disso, o plantio direto aumenta a matéria orgânica e a cobertura vegetal protegendo o solo contra a exposição solar que oxida a matéria orgânica.

A complexidade do sistema ILPF interfere na dinâmica de K no solo (Tabela 3), isto porque se tem práticas relacionadas à cultura de interesse econômico e principalmente pela introdução de gado (FERREIRA et al., 2009). Os maiores teores de K foram encontrados na área de floresta remanescente e os menores teores na área de Eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* na profundidade de 0-20 cm. Perin et al. (2003) salientaram que os teores de K tendem a decrescer com o tempo de uso do solo.

Embora em menor quantidade de potássio no solo, as áreas de Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha* apresentaram boa quantidade de K no solo. Isto porque a presença dos animais em sistema de ILPF resulta em aumento nos teores de K do solo. Os animais influenciam a redistribuição de nutrientes pelo consumo, via desfolhação da pastagem, e pelo seu retorno para o solo, via excreção (JÚNIOR e CAVALCANTE, 2001). A retenção de nutrientes consumidos pelos animais ruminantes é variável, de 5 a 30 % do total ingerido, dependendo do tipo de produto (carne, leite, lã, etc.), com isso o retorno de nutrientes para a pastagem via excreta animal é o maior componente do seu ciclo (FERREIRA, 2009 citando ROTZ, 2005). Na área de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha*

obteve-se um alto teor de K na profundidade de 20-40 cm, diferenciando estatisticamente da área de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha*, porém em menor quantidade em comparação com a área de floresta remanescente. Isto se dá pelas raízes mais profundas do eucalipto aumentando a área de concentração de nutrientes e pelo K retornado pelos animais (até 90% do ingerido) para o solo, a maioria (70–90%) é excretada na urina, na forma iônica, solúvel em água e prontamente disponível para absorção pelas plantas (FERREIRA, 2009).

As pastagens fazem a ciclagem de nutrientes e os trazem das camadas mais profundas para as mais superficiais do solo. A matéria seca também faz com que exista alta demanda de nutrientes para a cultura sucessora, principalmente de K. Porém na área de Eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* obtiveram-se os menores valores de potássio nas duas profundidades analisadas e na área de milho + capim *B. brizantha* na profundidade de 20-40 cm. Ferreira (2009) afirma que isto ocorre porque as perdas do nutriente K podem ocorrer no sedimento carregado do solo e pela água de escoamento, que também pode conter o elemento na forma iônica. Na área de milho + capim *B. brizantha* com o uso do plantio direto, a perda do nutriente K normalmente é pequena, mas podem ocorrer perdas significativas do nutriente por escoamento superficial, em razão da sua presença nos resíduos de culturas e na camada superficial do solo, isto porque o K ocorre livre nos tecidos vegetais, podendo ser facilmente removido pela água após a senescência (MIELNICZUK, 2005).

A áreas de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha* apresentaram os menores valores de pH (Tabela 3) na camada de 0-20 cm, isto ocorre devido a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas, contribuindo para aumentar a acidez do solo (BARRETO et al., 2006). Ciotta et al. (2002) encontraram valores baixos de pH em sistemas com plantio direto, assim como na área de milho + capim *B. brizantha*. O autor atribuiu essa acidificação por causa da decomposição dos restos culturais e liberação de ácidos orgânicos, bem como ao efeito acidificante provocado pela utilização contínua de adubos nitrogenados amoniacais. A área de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* apresentou altos teores de alumínio, não diferindo estatisticamente da área de floresta remanescente na profundidade 0-20 cm (Tabela 3).

Em relação ao P (Tabela 3), as áreas de milho + capim *B. brizantha* e Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* obtiveram os maiores resultados, isto pode ser explicado pelo aumento do teor de matéria orgânica do solo nesses sistemas. Segundo Marin (2002) a matéria orgânica disponibiliza ao solo de 15 a 80 % de fósforo. A serrapilheira pode estar contribuindo para o fornecimento de P na camada superficial na área com eucalipto, isto porque se tem maiores teores do nutriente pela influência direta da matéria orgânica (BARRETO et al., 2006). Os

teores de P diminuíram em profundidade no sistema de milho + capim *B. brizantha*, ao contrário dos sistemas de ILPF, onde o P disponível não diferiu estatisticamente pela diferença de profundidade, concordando com Rosa (2003) que também encontrou a mesma situação em seu estudo. O acúmulo de P no sistema ILPF é desejável, pois este fica protegido do processo de fixação/adsorção, e sua mineralização permite favorecer a disponibilidade para as culturas gradativamente (PEIXOTO et al., 1997).

Já na área de Eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* onde foram encontrados altos valores de acidez potencial (H + Al) na camada de 20-40 cm (Tabela 3) que juntamente com o valor de alumínio (Tabela 3) na profundidade de 0-20 cm estão contribuindo para o aumento da acidez nessa área. Segundo Zaia e Gama-Rodrigues (2004), solos sob povoamentos florestais (espécies de eucaliptos) apresentam acidez elevada e baixa fertilidade, porém esse comportamento não classifica esse solo como degradado, nem de baixa fertilidade, isto porque todo o sistema funciona com base na ciclagem de nutrientes e a reserva de nutrientes está armazenada na espessa manta orgânica na serrapilheira que é fornecida para o solo gradativamente. A acidez potencial H+Al teve maiores médias na área de floresta remanescente, confrontando com os resultados de Matias (2003), que verificou maiores concentração de (H + Al) para os solos de pastagem.

A partir da caracterização da textura do solo (Tabela 4), verificaram-se as maiores médias de argila nas áreas de milho + capim *B. brizantha*, Eucalipto de 2 anos + *B. brizantha* e floresta remanescente, sendo o teor de argila um importante atributo de solo e é utilizado na determinação de faixas de teores de fósforo para fins de recomendação de adubação e influencia na infiltração de água no solo e capacidade de retenção de água (SCHLINDWEIN et al., 2011). Existe a possibilidade do teor de argila influenciar no teor de P no solo (FEITOSA, 2004), no entanto não se verificou nenhuma correlação entre teor de argila e P para os sistemas estudados nesse trabalho.

A textura do solo é uma das principais características dos horizontes e influi nos principais parâmetros que afetam a porosidade do solo (MICHELON et al., 2007). As maiores médias de silte (Tabela 4) foram obtidas na área de eucalipto de 2 anos + *B. brizantha*, já a maior média de areia foi encontrada na área de eucalipto de 6 anos + *B. brizantha*.

O ferro (Tabela 5) teve as maiores médias na área de floresta remanescente e área de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha*, mostrando a importância da ciclagem de nutrientes pela serrapilheira deixada no solo pela planta do eucalipto. Apesar de o ferro ser importante no processo da fotossíntese, produção de clorofila e energia para as plantas, em altas quantidades ele se torna tóxico e o alto teor de ferro no solo não é interessante, pois é bastante comum a substituição isomórfica do Fe por Al no solo (MELO, 2001).

No sistema ILPF os elementos Fe (Tabela 5), Zn, Cu, Mn (Tabela 6) são essenciais ao desenvolvimento e à sobrevivência das plantas, participando direta ou indiretamente de suas atividades metabólicas. Esses micronutrientes têm como fonte primária o solo de onde são absorvidos pelas plantas (CARVALHO et al., 2012). Embrapa (2003) afirma que os solos do Cerrado são originalmente pobres em micronutrientes e o cultivo nessas áreas gera alimentos com baixos teores de elementos essenciais à nutrição animal e humana, sendo necessário o fornecimento desses micronutrientes por meio de fertilizantes para o cultivo de variedades altamente produtivas exigentes em micronutrientes, promovendo altas taxas de exportação de micronutrientes pelas culturas. Os solos do Cerrado se encontram em um avançado estágio de intemperismo, sofrendo perdas de material por lixiviação. Por isto, a matéria orgânica é importante, pois ela tem um grande poder de contribuição nas cargas negativas do solo (LONGO e ESPÍNDOLA, 2000).

O zinco (Tabela 6) foi encontrado com as menores médias nas áreas de eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e floresta remanescente, isto ocorre por causa da necessidade desse elemento para o eucalipto. Rodrigues et al. (2012) afirmam que o plantio de materiais genéticos mais produtivos e exigentes nutricionalmente aumentam o aparecimento de sintomas de deficiência de micronutrientes, principalmente de boro e mais recentemente de cobre e de zinco nas áreas de Cerrado. O nível crítico de zinco para o crescimento de mudas de eucalipto em solos de Cerrado, onde são iguais ou inferiores a 0,23 e 0,05 mg dm<sup>-3</sup> (RODRIGUES et al., 2012). Valores estes muito abaixo dos encontrados na fazenda Santa Brígida que variou de 1,37 a 11,82 mg dm<sup>-3</sup>. Os maiores valores de Zn foram encontrados nas áreas de eucalipto 2 anos + capim *B. brizantha* e milho + capim *B. brizantha* na profundidade de 0-20 cm. Borges (2009) salienta que o zinco é o micronutriente com os efeitos mais significativos sobre o milho, pois afeta o crescimento da planta, o número de folhas, a produção de forragem e de grãos, assim como os teores totais de proteína nos grãos; e concordando com o autor que também encontrou em seu trabalho a maior quantidade de zinco na área de milho, seguido por manganês e cobre, assim como no presente trabalho.

O cobre (Tabela 6) foi encontrado com as maiores médias nas áreas de milho + capim *B. brizantha*, eucalipto 2 e 6 anos + capim *B. brizantha*, na área de milho existe um maior consumo por esse elemento na fase de pendramento. Segundo Borges (2009), o cobre tem um papel importante em processos fisiológicos, tais como a fotossíntese, a respiração, a distribuição de hidratos de carbono, a redução e fixação de nitrogênio e o metabolismo de proteínas e de paredes celulares.

O manganês (Tabela 6) foi encontrado em maior quantidade na área eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e floresta remanescente na profundidade de 20 - 40 cm, mostrando uma

ciclagem de nutrientes na área com o eucalipto mais velho. Borges (2009) afirma que o manganês participa no metabolismo da planta e forma pontes entre o ATP e enzimas de transferência do grupo fosfato, também é um ativador importante de enzimas que atuam no ciclo de Krebs. Para áreas de integração com eucaliptos, a menor dependência dos nutrientes disponíveis no solo ocorre após o fechamento das copas. A partir desse momento, a ciclagem de nutrientes atende grande parte da demanda de nutrientes (KOLM e POGGIANI, 2003).

Os valores encontrados para soma de bases (S) e saturação por bases (V%) foram altos principalmente nas áreas de floresta remanescente e Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* (Tabela 6), mostrando a eficiência do ILPF em aumentar a quantidade de nutrientes no solo. É importante salientar a diferença expressiva de valores de S e V% nas áreas de Eucalipto de 6 anos e Eucalipto de 2 anos, corroborando com Marin (2002), o qual salientou que mudanças em variáveis químicas do solo devido ao manejo não ocorrem em curto espaço de tempo.

Quanto a parte de conservação do solo e impacto ambiental na área de ILPF a maior quantidade de impactos negativos (magnitude) foram encontrados na área de milho + capim *B. brizantha* e a maior soma dos impactos positivos foi observada na área de Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* (Tabela 7). Gouveia (2012) afirma que a gestão agroflorestal deve ter em conta a proteção e gestão de áreas de conservação e de espécies. A biodiversidade natural deste sistema assegura o desempenho das funções ecológicas: regulação de pragas e doenças, redução no uso de produtos químicos e fertilidade do solo.

Stefanoski et al. (2013) afirmam que o uso racional do solo tem sido objeto de estudo e discussões em função da busca de alternativas tecnológicas que possibilitem o manejo correto do solo e conseqüentemente uma agricultura sustentável. Para isso ocorrer necessitam-se de uma gestão segura dos recursos naturais com análises qualitativa, quantitativa e a interpretação dos atributos físicos, químicos do solo e das principais alterações geradas na qualidade do solo.

Nos quatro sistemas avaliados observou-se uma grande variação das médias dos atributos químicos e granulométricos. É importante salientar que houve melhoria da qualidade do solo pela adoção do ILPF, principalmente na área de Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* onde se teve as melhores médias de pH, P, Ca, Ca + Mg, Cu, mostrando a eficiência da ciclagem de nutrientes neste sistema de uso do solo.

## 6 CONCLUSÕES

1. A área de Eucalipto 6 anos + capim *B. brizantha* e a floresta remanescente tiveram as maiores médias de pH, Ca, Ca + Mg, Soma de bases e V%, mostrando que a ciclagem de nutrientes e manutenção dos valores do pH no solo na área de ILPF é beneficiada pela serapilheira.
2. Com a adoção da Integração lavoura-pecuária-floresta, ocorreu um aumento da qualidade química, granulométrica e diminuição da degradação do solo o que contribuiu para a conservação da qualidade do solo na fazenda Santa Brígida, uma vez que esse sistema foi implantado em solos de antigas pastagens degradadas.
3. A avaliação de impacto ambiental das áreas estudadas mostrou que os sistemas Eucalipto de 2 e 6 anos + capim *B. brizantha* foram os que apresentaram a maior soma de magnitude e de importância de impactos positivos e a menor soma destes atributos negativos. Por isto, são sistemas preferíveis em termos de impactos ambientais.
4. A ILPF é uma alternativa viável de ser implantada em fazendas com o propósito de recuperar áreas de pastagens degradadas, aumentando a quantidade de empregos, melhorando a produtividade da pecuária bovina, diversificando o uso do solo, diminuindo as áreas sujeitas a degradação pela proteção do solo pela palhada e serapilheira, aumentando a produção de grãos, gramíneas, carne, leite, madeira e melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.66-75. 2007.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P.R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, n. 138, p. 18, 2012.
- BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, DIAS, L.E; E.F.C.; FARIA, S.M.; ALVES, B.J.R. Dinâmica da serrapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de pseudosamanea guachapele e Eucalyptus grandis **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 597-601, 2004.
- BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.
- BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008.
- BORGES, I.D.; PINHO, R.G.V.; ANDRADE, J.L.; PEREIRA, R. Micronutrients accumulation at different maize development stages. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, 2009.
- BRASIL. **Constituição Federal do Brasil de 1988**. 5 de Outubro de 1988.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. (Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação de Avaliação de Impactos Ambientais).
- BRASIL. Secretaria de Política Agrícola. Plano agrícola e pecuário 2010-2011. Brasília, DF, p. 48, 2010.
- CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, M. L. B.; ASSIS, P. C. R.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, 2004.
- CARVALHO, V.G.B.C.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M. Potencial de fertilizantes e corretivos no aporte de micronutrientes ao solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.36, n.3, 2012.
- CECCON, G.; STAUT, L.A. Milho safrinha: rumo a estabilidade: anais. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9, 2007. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 483, 2007.

CHAER, G.M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. 2001. 89 f. Tese (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A. & WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

COBUCCI, T.; WRUCH, F.J.; KLUTHCOUSKI, J. et al. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. Informe Agropecuário, v.28, n.240, p.25-42, 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Org.). Methods for assessing soil quality. Madison: SSSA, 1994. p. 25-37, 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Adubação com Micronutrientes no Cerrado. 2003. p.41. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/304/t>>. Acesso em: 15 junho 2014.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, p.271, 1979.

FEITOSA, A.A.N. Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. 2004. 102 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2004.

FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; COSTA, S.E.V.G.A.; CAO, E.G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, 2009.

FERREIRA, R. M. A. Avaliação do Estudo de Impacto Ambiental e a legislação brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 5-11, 2000.

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 11, 2010.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, F.R.; LEITE, F.P.; VILLANI, E. M.A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, n 34, p. 1069-1079, 2010.

GOMES, A.S. Qualidade do solo: conceito, importância e indicadores da qualidade. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, Grupo Cultivar Artigos Técnicos, 2010.

GOUVEIA, F.; TAVARES, M.C.; GUERRA, A.; ANTUNES, L.A.; MAIOR, J.V.; BALSINHAS, A. Biodiversidade-Planos de ação de conservação para a gestão integrada de áreas agrícolas. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa, v.35, n. 2, 2012.

HENKELS, C. Identificação de aspectos e impactos ambientais: proposta de método de aplicação. 2002. Teses (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

HERRICK, J.E. Soil quality: An indicator of sustainable land management? **Applied Soil and Ecology**, v.15, p.75-83, 2000.

JÚNIOR, N.D.; CAVALCANTE, M.A.B. Reciclagem de excreções animais na pastagem. 2001. Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/vermat.asp?codmat=39>>. Acesso em: 16 junho de 2014.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos a pratica de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 79-93, 2003.

LANG, C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B. de; CARVALHO, P. C. de F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema Integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v.5, n.1-2, p.43-48, 2004.

LELLES, C.L.; SILVA, E.; GRIFFITH, J.J.; MARTINS, S.V. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n.3, 2005.

LEOPOLD, L.B.; CLARKE, F.S.; HANSHAW, B. et al. A procedure for evaluating environmental impact. **Geological Survey**. Washington, p.13, 1971.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society America Journal**, v.42, p.421-428, 1978.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência na introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta Amazônica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.723-729, 2000.

LOURENTE, E.R.P.; SILVA, R.F.; SILVA, D.A. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomic**, v.29, n.1, p.17-22, 2007.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA, p.331, 2010.

MAGRINI, A. **A avaliação de impactos ambientais**. Brasília: CENDEC, p.32, 1989.

MARIN, A.M.P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. 2002. 83 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

MARTINS, I.C.M. Impactos ambientais decorrentes de orizicultura irrigada em regiões de florestas inundáveis – Ipucas no estado do Tocantins. 2005. 305 f. Tese (Doutorado), Viçosa - Minas Gerais. 2005.

MATIAS, M.I.A.S. Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro. 2003. 78 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2003.

MEHLICH, A. New extractant for soil teste valuation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.9, n.2, p, 477-492 1978.

MELO V. F.; FONTES, M. P. F.; NOVAIS, R. F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C. E. G. R. Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 19-32, 2001.

MENIN, D.R.F. Ecologia de A a Z: pequeno dicionário de ecologia. Porto Alegre, p.212, 2000.

MICHELON, C.J.M.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; DAVID, G.; SANTA, C.D. Qualidade física de solos irrigados do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, 2007.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fosfato, p.165-178. 2005.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Gênese, Porto Alegre, p.178, 1999.

MORO, E. Expedição Goiás: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Presidente Prudente, Universidade do Oeste Paulista, São Paulo, p.12, 2012.

NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.99, n. 2. p. 161-168, Feb. 2002.

OGUNKUNLE, C.O.; AWOTOYE, O.O. Soil Fertility Status under Different Tree Cropping System in a Southwestern Zone of Nigeria. **Notulae Scientia Biologicae**. Nigeria, v.3, p.123-128, 2011.

OLIVEIRA, F.F.G.; MEDEIROS, W.D.A. Bases Teórico-Conceituais de Métodos para Acaliação de Impactos Ambientais em EIA/RIMA. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, n. 11, 2007.

OLIVEIRA, I. P.; KUTCHOLSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. A.; SILVE, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; GOMIDE, J. C.; BALBINO, L. C. Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradada sem consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, P. 87, 1996.

OLIVEIRA, P. Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. 2010. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas. Circular Técnica Embrapa. Santo Antônio de Goiás, 2010.

PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M. J. Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa, IAPAR, p. 186-205, 1997.

PERIN, E.; CERETA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 665-674, 2003.

PRADO, R.B.; TURETTA, A.P.D.; ANDRADE, A.G. Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais. Embrapa Solos. 1ª edição. Rio de Janeiro, p. 486, 2010.

REIS JÚNIOR, F.B.; MENDES, I.C. Biomassa microbiana do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados, Documentos 205. p.38, 2007.

RODRIGUES, F.A.V.R.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. Disponibilidade de zinco para mudas de eucalipto em solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.4, 2012.

ROSA, M.E.C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, M.L.; CORREIA, R.J. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférrico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.911-923, 2003.

SALTON, J.C.et al. Environmental impact of intensive grain and beef production systems in the brazilian western region. In: KEATING, B.A.; MCCOWN, R. L. International symposium on systems approaches for agricultural development. Lima, p.3, 2001.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. **Agroforestry Systems**, Nairobi - Kenya, v.30, p.5-55, 1995.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. 495 p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25. n.3, p. 645-653, 2001.

SCHLINDWEIN, J.A.; MIOTTU, A.A.; PERIRA, E.C.F.; PEQUENO, P.L.L.; BORTOLON, L.; MARCOLAN, A.L. Adjustment of the expedite method for clay content determination in Rondônia soils. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.12, 2011.

SILVA, A.R. Sistema agroflorestal sobre cultivo de leguminosas: fertilidade do solo, resistência a penetração e produtividade de milho e feijão-caupi. 2011. 96 f. Teses (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins. 2011.

SILVA, E. Análise e avaliação de impactos ambientais. Apostila do curso de ENF 685, Viçosa, MG: UFV, p.78, 1996.

SILVA, E. Avaliação do impacto ambiental de projetos hidroagrícolas. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, DEA, p.88, 1998.

SILVA, E. Técnicas de avaliação de impactos ambientais. Viçosa, MG: UFV, Série Saneamento e Meio Ambiente, manual n. 9, Centro de Produções Técnicas, p.66, 1999.

SILVA, E.; SOUZA, A. L. Perfil ambiental dos plantios florestais no Brasil. Documento SIF, 12. Viçosa, p.34, 1994.

SPADOTTO, C.A. Classificação de Impacto Ambiental. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/>>. Acesso em: 20 junho 2014.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 12, 2013.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v.49, p.1-24, 1999.

STONE, L. F.; Moreira, J. A. A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das Pastagens na Melhoria dos atributos físico-hídrico do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; Stone, L. F.; AIDAR, H. (ed.) Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, cap.6, p.171-181. 2003.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Boletim Técnico. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, ed. 2, p. 118, 1995.

TOMMASI, L. R. Estudo de impacto ambiental. Terragraph Artes e Informática, CETESB, São Paulo, p.354, 1994.

ZAIA, F.C.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.842-852, 2004.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; EUCLIDES, V.B.P. Sistemas integrados de produção agropastoril. In: GUIMARÃES, E.; SANZ, J.I.; RAO, I.M. Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina: CIAT, p.245-283, 1999.