

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS  
MORRINHOS  
GRADUAÇÃO EM BACHAREL EM AGRONOMIA**

**JOSÉ CARLOS CAETANO REIS**

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,  
PECUÁRIA E FLORESTA E EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA  
EM MORRINHOS – GOIÁS.**

Morrinhos- Goiás

**2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS  
MORRINHOS  
GRADUAÇÃO EM BACHAREL EM AGRONOMIA**

**JOSÉ CARLOS CAETANO REIS**

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,  
PECUÁRIA E FLORESTA E EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA  
EM MORRINHOS – GOIÁS.**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, orientado pelo Profº Emerson Trogello, como parte dos requisitos do Curso Bacharelado em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Morrinhos - Goiás

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

R375q Reis, Jose Carlos Caetano.

Qualidade química do solo em sistema de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta e em diferentes sistemas de uso da terra em Morrinhos - GO. /

Jose Carlos Caetano Reis. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2018.

25 f. : il. color.

Orientador: Dr.Emerson Trogello.

Coorientador: Dr. Lucas Luis Faustino.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2022.

1. Solos. 2.Solos - Qualidade. 3. ASolo rural - Uso. I. Trogello, Emerson. II. Faustino, Lucas Luis. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 631.417

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)  Artigo científico  
 Dissertação (mestrado)  Capítulo de livro  
 Monografia (especialização)  Livro  
 TCC (graduação)  Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:  Matrícula:

Título do trabalho:

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

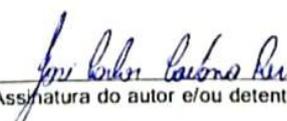
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local Data

  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)

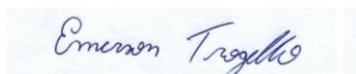
**JOSÉ CARLOS CAETANO REIS**

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,  
PECUÁRIA E FLORESTA E EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA  
EM MORRINHOS – GOIÁS.**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentada ao Instituto Federal de  
Ciência e Tecnologia Goiano – Campus  
Morrinhos, como parte das exigências  
para obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia.

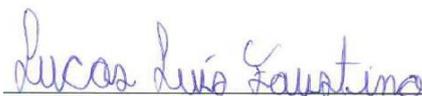
Morrinhos - GO, 04 de Abril de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**



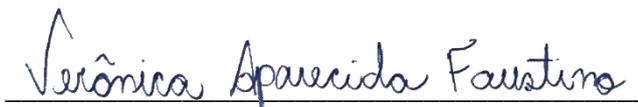
Prof. Dr. Emerson Trogello.

Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos



Dr. Lucas Luis Faustino

Doutor em Produção Vegetal – Solos e Nutrição de Plantas - UENF



Dra. Veronica Aparecida Faustino

Doutora em Bioquímica Aplicada – Laboratório de Enzimologia e Bioquímica de  
Proteínas e Peptídeos (LBPP)

## RESUMO

Os sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), têm sido largamente estudados, difundidos e utilizados no Brasil como uma nova proposta de uso do solo na agricultura brasileira. De modo geral, a atividade agrícola quando implantada de maneira incorreta pode acarretar problemas globais que afetam o ecossistema terrestre como degradação do solo e perda de biodiversidade principalmente em países tropicais onde a qualidade do solo está diretamente ligada à sua funcionalidade, destacando a capacidade de manter e sustentar a capacidade biótica e abiótica do mesmo, proporcionando crescimento e saúde às plantas e animais. Objetivo da presente proposta consiste em avaliar a qualidade química do solo implantados no sistema ILPF, quando comparados as áreas de pastagem, monocultivo de grãos, de *Eucalyptus spp.* e uma mata em regeneração. O plantio dos eucaliptos foram realizados no dia 23 de janeiro de 2018, em plena estação chuvosa. O espaçamento do ILPF foi disposto em renques de linhas simples com espaçamento de 4 x 10 metros com 5 plantas por parcela. Para fins de comparações foram utilizados cultivos que se localizam próximos ao ILPF que são: pastagem que não sofre nenhum tipo de manejo e é considerada como área degradada anterior à implantação do ILPF; lavoura pura composta por milho; Eucalipto em monocultivo com espaçamento de 3 x 3 metros e uma mata em regeneração natural. Em novembro de 2018 foram coletadas, em cada talhão, amostras nas camadas 0-0,10 m, 0,10-0,20 m de profundidade, com estrutura deformada, em 4 pontos (repetições). Para o sistema ILPF a amostragem também se procedeu na linha do renque, a 2,5 m e 5,0 m do renque. As amostras foram encaminhadas para Laboratório de solos da EMBRAPA Arroz e Feijão para análises de acordo com o manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 2017). As variáveis analisadas foram: pH, P, K, Ca, Mg, SB, MO, Al, H+Al, CTC efetiva e a pH=7, V e m %. A análise estatística dos resultados dos nutrientes nas duas camadas foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado, considerando os tratamentos como esquema de parcelas subdivididas, com as coberturas vegetais como parcelas e as duas camadas de amostragem de solo como subparcelas, e os pontos de coleta como repetições. Com base nas interpretações dos dados ILPF se demonstrou, com potencial superior na fertilidade, evidenciado por uma média maior CTC efetiva e média CTCpH=7, comparado com as demais médias gerais das coberturas vegetais. A camada pasto, que era considerado degradado, passou por aplicação de calcário antes da coleta de solo. O sistema ILPF tem potencial de fertilidade em comparação com as demais coberturas.

## ABSTRACT

Crop, livestock and forest integration systems (ILPF) have been widely studied, disseminated and used in Brazil as a new proposal for land use in Brazilian agriculture. In general, agricultural activity, when implemented incorrectly, can cause global problems that affect the terrestrial ecosystem, such as soil degradation and loss of biodiversity, especially in tropical countries where soil quality is directly linked to its functionality, highlighting the ability to maintain and sustain its biotic and abiotic capacity, providing growth and health to plants and animals. Objective of the present proposal is to evaluate the chemical quality of soil implanted in the ILPF system, when compared to pasture areas, grain monoculture, of *Eucalyptus* spp. and a regenerating forest. The planting of eucalyptus trees was carried out on January 23, 2018, in the middle of the rainy season. The ILPF spacing was arranged in rows of simple lines with a spacing of 4 x 10 meters with 5 plants per plot. For comparison purposes, crops located close to the ILPF were used, which are: pasture that does not undergo any type of management and is considered a degraded area prior to the implementation of the ILPF; pure crop composed of corn; Single-cropped eucalyptus with a spacing of 3 x 3 meters and a forest in natural regeneration. In November 2018, samples were collected from each stand in layers 0-0.10 m, 0.10-0.20 m in depth, with a deformed structure, at 4 points (repetitions). For the ILPF system, sampling was also carried out in the row of rows, at 2.5 m and 5.0 m from the row. The samples were sent to the Soil Laboratory of EMBRAPA Arroz e Feijão for analysis in accordance with the soil analysis methods manual (EMBRAPA, 2017). The analyzed variables were: pH, P, K, Ca, Mg, SB, MO, Al, H+Al, effective CTC and at pH=7, V and m %. The statistical analysis of the results of the two layers was carried out in a completely randomized design, considering the treatments as a split-plot scheme, with the vegetation cover as plots and the two soil sampling layers as subplots, and the collection points as replicates. Based on the interpretation of the ILPF data, it was shown to be superior in fertility, evidenced by a mean CTC<sub>efet</sub> and mean CTC<sub>pH=7</sub>, compared to other vegetable coverings. The pasture layer, which was considered degraded, underwent limestone application before soil collection. The ILPF system has fertility potential compared to other coverages.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me guia e me ampara no caminho para conquistar meus sonhos.

Agradecimento especial ao meu Orientador Prof. Dr. Emerson Trogello e meu Coorientador Dr. Lucas Luís Faustino pelo tempo e dedicação ao meu projeto.

Também agradecer ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos e a todos os professores do corpo docente que de algum modo contribuem para a qualidade do ensino.

Sou grato pelos meus pais Valdivino José Caetano da Silva e Helena Maria dos Reis por me incentivar e acreditar no meu crescimento e no auxílio a superação dos obstáculos.

Agradeço a Embrapa Arroz e Feijão pelo auxílio na pessoa da Pesq. Dra. Marcia Carvalho.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                                  | 10 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                       | 11 |
| 2.2 Cobertura vegetal e sua influência no solo..... | 13 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....                           | 14 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                      | 16 |
| 5 CONCLUSÃO .....                                   | 19 |
| 6 REFERÊNCIAS.....                                  | 20 |

## LISTA DE TABELAS

**TABELA 01** - Caracterização química do solo da área de ensaio antes da instalação do experimento.....15

**TABELA 02** - Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais, nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em um Latossolo Vermelho, em Morrinhos, GO.....16

**TABELA 03** - Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais, nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em um Latossolo Vermelho, em Morrinhos, GO.....18

## 1 INTRODUÇÃO

Os solos do Brasil são, em sua maioria, altamente intemperizados, com mineralogia caulínica ou oxídica, com pouca reserva de nutriente e baixa capacidade de troca de cátions, evidenciando reduzida qualidade química. Tais aspectos dão à matéria orgânica um papel central para a determinação da qualidade desses solos, tanto sob o aspecto químico, físico e biológico, pois, além de controlar a disponibilidade de nutrientes usualmente aniônicos (N, P e S, dentre os macronutrientes), a matéria orgânica passa a ser responsável também pela maior parte da capacidade de troca de cátions (CTC) de solos tropicais e subtropicais, podendo atuar na diminuição da toxidez de elementos tóxicos para as plantas, além de fonte de energia e nutrientes para a vida biológica no solo (VEZZANI et al., 2008; SOUZA et al., 2018).

De modo geral, a atividade agrícola gera problemas globais que afetam o ecossistema terrestre como degradação do solo e perda de biodiversidade (TAVANTI, 2020), principalmente em países tropicais onde a qualidade do solo está diretamente ligada à sua funcionalidade, destacando a capacidade de manter e sustentar a capacidade biótica e abiótica do mesmo, proporcionando crescimento e saúde às plantas e animais (DORAN e PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 2008; RONQUIM, 2010).

O solo por si, segundo TÓTOLA e CHAER (2002), possui um ambiente complexo onde são inúmeros processos químicos, físicos e biológicos interagindo entre si, de difícil medição, sendo necessário entender os limites de cada solo para as avaliações. Estudar a composição química do solo é de grande importância para verificar e quantificar a disponibilidade de nutrientes, presença ou não de elementos tóxicos, determinar o potencial osmótico durante o ciclo de uma cultura (SILVA, et. al, 2000).

Nos últimos anos o sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) vem mostrando uma alternativa para a agricultura e pecuária, com maior rentabilidade por área, maior diversificação das atividades, menor risco econômico e menor custo de produção. Também, preocupando com o aumento da concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), dentre eles o metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), comprovadamente os principais responsáveis pelo aquecimento global, apresentando assim o sistema ILPF como uma alternativa sustentável para mitigar emissões de GEE retendo o carbono na biomassa do solo (BALBINO L. C. et al., 2011).

A ILPF pode ser um sistema que contribui para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, fixação de carbono, reciclagem de

nutrientes e biorremediação do solo (BALBINO L. C. et al., 2011), uma vez que a presença de espécies arbóreas e de maior biodiversidade contribui significativamente para redução da perda de nutrientes, aumento do estoque de matéria orgânica do solo promovendo a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Hong, et al., 2019 relatam que atualmente a adoção desse sistema no cerrado e uma das alternativas para uma melhor intensificação ecológica de toda produção agropecuária utilizando os recursos naturais disponíveis.

De acordo com Moraes et al. (2014) esses sistemas podem garantir uma sustentabilidade na agricultura, aumentando a produção de alimentos, fibras e energia, promovendo um arrefecimento do clima local sendo um exemplo de promoção de serviços ecossistêmicos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar qualidade química do solo no sistema ILPF, quando comparado à área de pastagem, monocultivo de milho, de *Eucalyptus spp.* e uma mata nativa no município de Morrinhos GO.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Indicadores de qualidade do solo**

Os solos agrícolas brasileiros são ácidos e de baixa fertilidade tendo a necessidade de um manejo de forma adequada para sua correção. Os nutrientes essenciais para a planta são dezessete: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni (Meurer, 2007), sendo divididos em essenciais e não essenciais e absorvidos em quantidades específicas necessárias para o desenvolvimento específico de cada planta (Gianello e Giasson. 2004).

Pelas últimas três décadas, dentre vários autores FREDDI et al., (2007); REICHERT et al., (2016); TAVANTI et al., (2019) destacam a importância da utilização de indicadores de diferentes naturezas (física, química e biológica) para chegar em um consenso claro de qualidade de solo.

Nos solos brasileiros, dentre os nutrientes essenciais, o P e o elemento que mais limita o crescimento das plantas, porém muito pouco disponíveis para a planta em condições de acidez que acaba gerando uma capsula, inviabilizando a absorção pela planta.

Os atributos do solo utilizados para avaliações são chamados de indicadores de qualidade química do solo, podendo ser de natureza biológica e / ou mineralógica. Esses atributos podem influenciar de forma positiva ou negativa no crescimento das plantas, sendo difícil separá-los ou classificá-los por estarem interagindo entre si, MEURER (2007) separa

aqueles relacionados com (a) a composição mineralógica do solo; (b) a disponibilidade de nutrientes; (c) a presença de elementos tóxicos; (d) a presença de metais pesados; (e) o teor de matéria orgânica; (f) as reações de sorção, precipitação, redução e oxidação; (g) a salinidade.

Para um crescimento ideal as raízes das plantas requerem um adequado suprimento de nutrientes, um pH favorável, baixa salinidade e ausência de concentração excessiva de elementos tóxicos (Bell, 1998). O pH do solo influencia, de modo significativo, a disponibilidade de nutrientes, as propriedades físicas, a microfauna e microflora (Vieira et al., 1988).

Nas causas de degradação do solo alguns autores como Bonini et al. (2015) defende que a queda de fertilidade é proveniente da redução dos teores e qualidade da matéria orgânica. Já Dias(1998) afirma que a determinação da quantidade de carbono orgânico é importante e na falta de matéria orgânica caracteriza-se como solo degradado.

A matéria orgânica é a principal responsável pela estrutura superficial do solo, sua redução causa escoamento superficial, deslizamento de terras, formação de voçorocas e assoreamento de corpos d'água (BARBOSA, 2012). Segundo Meurer (2007) a matéria orgânica pode influenciar de forma direta na mineralização pelos microrganismos disponibilizando para as plantas N, P e S, e na forma indireta a desprotonação de sua superfície pela função do pH acarreta na geração de cargas negativas permitindo a adsorção dos macronutrientes catiônicos (Ca, Mg, e K). A adição de matéria orgânica no solo, para a recuperação do mesmo não é viável economicamente, sendo recomendada a utilização de alternativas diferentes como a revegetação e reciclagem de nutrientes (FRACO e FARIA 1997; GAMA e RODRIGUES, et al. 2008; GAMA e RODRIGUES, et al. 1999; MACEDO et al. 2008).

O solo é um meio composto de diversas partículas, dentre elas, partículas negativas e positivas. Um dos fortes indicadores de qualidade do solo é a capacidade de troca de cátions (CTC), pois indica a quantidade de íons positivos que um solo é capaz de reter, sendo seu quantitativo estreitamente relacionado ao pH do solo e à quantidade e natureza das partículas coloidais geradoras de carga (argila e matéria orgânica). Essas cargas são de origem do interior das estruturas dos minerais geradas por substituição isomórfica, presente em solos menos intemperizados de clima temperado ou na superfície das partículas minerais e orgânicas presente em solos mais intemperizados de clima tropical (Novais e Mello, 2007).

Para análise química temos duas formas de avaliação da CTC. Na quantificação de cargas negativas no complexo de troca e realizada a partir da somatória de cátions trocáveis

presentes no solo em pH natural temos a CTC efetiva ( $Al^{3+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ ). Também há a  $CTC_{pH=7}$  resultante da soma das cargas negativas ocupadas por cátions trocáveis e aquelas cargas geradas pela desprotonação das partículas em equilíbrio com o uso de uma solução tamponada a um pH geralmente igual a 7 (GOMES, 2016), sendo assim a CTC efetiva caracterizando a qualidade química do solo em amplo aspecto e a  $CTC_{pH=7}$  servindo como indicador da qualidade química momentânea do solo.

A quantificação das cargas da superfície do solo está relacionada ao pH do mesmo. Estas cargas são chamadas de cargas variáveis ou dependentes do pH, devido a origem da hidroxilas (OH) presentes nas argilas silicatadas e em agrupamentos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica do solo (Novais e Mello, 2007). Enquanto em pH baixo a maior parte dessas terminações OH permanece inalterada e não gera cargas, o aumento do pH promove sua desprotonação (Canellas et al., 2008), sendo o  $H^{+}$  deslocado para a solução (e neutralizado por íons  $OH^{-}$ , formando  $H_2O$ ) e a carga negativa gerada na superfície equilibrada por um cátion trocável proveniente da solução do solo.

O valor de pH influencia direto na absorção de nutrientes pelas plantas, podendo variar de uma para outra, o valor de pH bom para caráter agrônomo e de 5,5 a 6,0 (ALVAREZ, et. al. 1999). Já para espécies florestais essa relação não se aplica, uma vez que relatos mostram que há um bom desempenho vegetativo e produtividade mesmo em condições de pH e nutrientes restritivas (RIGATTO et al., 2005; RODRIGUES et al., 2008), podendo ser explicado pela elevada capacidade de exploração do solo pelo sistema radicular dessas plantas (GOMES, 2016).

Dentre os diversos elementos citados o que mais limita e prejudica o crescimento das plantas são considerados os elementos tóxicos, lembrando que alguns nutrientes essenciais e não essenciais em excesso podem causar toxidez. Nos solos ácidos o Al é o principal elemento fitotóxico, podendo variar o grau de aceitação por cada planta, podendo ser expresso em valor absoluto, presente na concentração no solo ou em valor relativo (porcentagem) presente na saturação por Al, representado pela letra m (GOMES, 2016). O efeito do Al na planta é representado pela alteração na morfologia e crescimento das raízes, deixando com diâmetro maior e reduzindo as raízes secundárias (MEURER, 2007).

## **2.2 Cobertura vegetal e sua influência no solo**

O ILPF é uma estratégia capaz de conciliar a eficiência com desenvolvimento socioeconômico, gerando diversos benefícios ao produtor rural e ao meio ambiente. Balbino, et al. (2011), Neto, et al. (2018) e Marçal (2018) listam uma série de benefícios onde dentre

eles estão a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da ciclagem e da eficiência na utilização dos nutrientes, recuperação de pastagens degradadas, mitigação dos gases de efeito estufa (GEE), resultantes de maior parte do sequestro de carbono, indução a biodiversidade e favorecimento de novos nichos, habitats para diversos animais.

Stivien, et al. (2018), avaliando a dinâmica dos atributos químicos do Latossolo Vermelho–Amarelo sob manejo de sistemas integração-lavoura-pecuária-floresta, comparando a rotação soja/pasto e a mata nativa pode concluir que os sistemas ILPF mantem uma adição constante de nutrientes ao solo via ciclagem de nutrientes proveniente da parte vegetal sendo o K o principal elemento adicionado pelo sistema.

O estoque de serapilheira dos sistemas agroflorestais é capaz de promover um aumento nos teores e/ou nos estoques de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Magnésio, principalmente na camada superficial e na manutenção da densidade do solo comparando com os estoques da mata nativa (SILVA, et al. 2012; RIBEIRO, et al. 2019).

Butzke, et al. (2020) avaliando a implantação após duas décadas de sistemas agroflorestais (SAF) na Amazônia evidenciou a maior disponibilidade de nutrientes e quantidade de matéria orgânica concentrada na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento está sendo conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, localizado no município de Morrinhos, GO. O local apresenta coordenadas de 17°49' de latitude sul e 49°12' de longitude oeste, possui altitude média de 900 m, clima Aw e precipitação média anual de 1.346 mm, segundo a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013). O solo, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é caracterizado como um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2018). Antecedendo a implantação do componente arbóreo, a área foi utilizada para cultivo de milho (janeiro de 2017) e para a criação de gado de corte (dezembro de 2017). Para determinação da fertilidade do solo, foi feita análise química nas profundidades de 0-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40- 0,60 m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área de ensaio antes da instalação do experimento.

| <b>Prof</b><br><b>(cm)</b> | <b>pH</b><br><b>(H<sub>2</sub>O)</b> | <b>P</b><br><b>Mg.dm<sup>3</sup></b> | <b>K</b><br><b>Mg.dm<sup>3</sup></b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>Al</b> | <b>H+Al</b> | <b>T</b> | <b>V</b><br><b>---%---</b> | <b>m</b> | <b>M.O</b><br><b>g.kg<sup>-1</sup></b> |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|----------------------------|----------|--|
| 0-20                       | 5,5                                  | 13,0                                 | 166                                  | 2,5       | 0,9       | 0,0       | 2,0         | 5,82     | 66                         | 0        | 20                                     |
| 20-40                      | 5,3                                  | 8,0                                  | 104                                  | 1,9       | 0,5       | 0,0       | 1,8         | 4,47     | 59                         | 0        | 16                                     |
| 40-60                      | 4,9                                  | 3,0                                  | 72                                   | 0,8       | 0,2       | 0,0       | 2,2         | 3,38     | 35                         | 0        | 16                                     |

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); P disponível (extrator Mehlich-1); H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio, M.O. = Método Colorimétrico. Metodologias baseadas em Embrapa (2017).

O transplântio foi realizado dia 23 de janeiro de 2018, em plena estação chuvosa. O espaçamento do ILPF foi disposto em renques de linhas simples com espaçamento de 4 x 10 metros com 5 plantas por parcela. Para fins de comparações foram utilizados cultivos que se localizam próximos ao ILPF que são: pastagem que não sofre nenhum tipo de manejo e é considerada como área degradada anterior à implantação do ILPF; lavoura pura composta por milho; Eucalipto em monocultivo com espaçamento de 3 x 3 metros e uma mata em regeneração natural. Em novembro de 2018 foram coletadas, em cada talhão, amostras nas camadas 0-0,10 m, 0,10-0,20 m de profundidade, com estrutura deformada, em 4 pontos (repetições). Para o sistema ILPF a amostragem também se procedeu na linha do renque, a 2,5 m e 5,0 m do renque. As amostras foram encaminhadas para Laboratório de Solos da EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO para análises de acordo com o manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 2017).

A análise estatística dos resultados dos nutrientes nas duas camadas foram realizada admitindo-se um delineamento inteiramente casualizado, assim como realizado em COSTA et al., 2014 e GOMES, 2016. Foram considerados, ainda, os tratamentos em um esquema de parcelas subdivididas, com as coberturas vegetais como parcelas e as duas camadas de amostragem de solo como subparcelas, e os pontos de coleta como repetições. A análise estatística foi realizada usando o programa “Assistat”, incluindo-se a análise de variância experimental, a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente tópico são apresentados e discutidos os resultados obtidos dos atributos químicos dos solos das áreas estudadas. O pasto obteve pH (6,06) mais próximo do considerado ideal para as culturas agrícolas (Meurer, 2007) juntamente com todo ILPF onde não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 2), pode ser explicado por uma correção no pH realizado no pasto onde foi adicionado 2 toneladas por hectare de calcário no ano de 2017. O pH mais ácido foi o da mata na camada de 0-0,20 (pH 4,76), retratada pela falta de adubação e correção do solo, pH normalmente encontrado em Latossolos do cerrado, com média de 4,7 (CARNEIRO, 2010). O pH está diretamente ligado com a disponibilidade de nutrientes no solo onde o pH de 5,5 a 6,5 possuem melhor absorção de nutrientes pelas plantas (CAMARGOS, 2005; ALVAREZ, et. al. 1999). Todas as camadas, exceto a Mata e Eucalipto, não estão dentro da faixa ideal de pH para absorção de nutrientes pelas plantas.

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais, nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em um Latossolo Vermelho, em Morrinhos, GO.

| <b>Cobertura Vegetal</b>                          | <b>pH (em H<sub>2</sub>O)</b> | <b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>K</b>     | <b>Ca</b>    | <b>Mg</b>    | <b>SB</b>    |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ------(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) ----- |                               |                               |              |              |              |              |
| <b>Camada 0-0,10 m</b>                            |                               |                               |              |              |              |              |
| Mata  | 4,55cB                        | 0,70dA                        | 0,08cA       | 0,03bA       | 0,04cA       | 0,16bA       |
| ILPF 0 m  | 5,87abA                       | 12,90abA                      | 0,40abA      | 2,47aA       | 1,04abA      | 3,92aA       |
| ILPF 2,5 m  | 5,82abA                       | 10,35bcA                      | 0,33abcA     | 2,62aA       | 1,04abA      | 3,99aA       |
| ILPF 5,0 m  | 5,95abA                       | 15,67aA                       | 0,54aA       | 2,68aA       | 1,25aA       | 4,47aA       |
| Milho   | 5,57bA                        | 8,30cA                        | 0,20bcA      | 2,36aA       | 0,72bA       | 3,28aA       |
| Pasto   | 6,07aA                        | 1,95dA                        | 0,12cA       | 2,04aA       | 1,06abA      | 3,21aA       |
| Eucalipto   | 5,65abA                       | 1,65dA                        | 0,09cA       | 2,51aA       | 0,91abA      | 3,51aA       |
| <b>Média</b>                                      | <b>5,64A</b>                  | <b>7,36A</b>                  | <b>0,25A</b> | <b>2,10A</b> | <b>0,86A</b> | <b>3,22A</b> |
| <b>Camada 0,10-0,20 m</b>                         |                               |                               |              |              |              |              |
| Mata  | 4,97bA                        | 0,47aA                        | 0,06aA       | 0,01cA       | 0,02bA       | 0,08cA       |
| ILPF 0 m  | 6,02aA                        | 2,57aB                        | 0,13aB       | 1,55abB      | 0,50aB       | 2,19abB      |
| ILPF 2,5 m  | 5,95aA                        | 2,82aB                        | 0,11aB       | 1,51abB      | 0,57aB       | 2,20abB      |
| ILPF 5,0 m  | 5,75aA                        | 2,95aB                        | 0,12aB       | 1,38abB      | 0,53aB       | 2,03abB      |
| Milho   | 5,80aA                        | 3,90aB                        | 0,13aA       | 1,94aA       | 0,59aB       | 2,66aA       |
| Pasto   | 6,05aA                        | 0,97aA                        | 0,06aA       | 1,29abB      | 0,62aB       | 1,97abB      |
| Eucalipto   | 5,22bB                        | 0,67aA                        | 0,04aA       | 0,71bcB      | 0,24abB      | 1,00bcB      |
| <b>Média</b>                                      | <b>5,68A</b>                  | <b>2,05B</b>                  | <b>0,09B</b> | <b>1,20B</b> | <b>0,44B</b> | <b>1,73B</b> |
| <b>Média das camadas (0-0,20m)</b>                |                               |                               |              |              |              |              |
| Mata  | 4,76c                         | 0,59b                         | 0,07c        | 0,02b        | 0,03b        | 0,12c        |
| ILPF 0 m  | 5,95a                         | 7,73a                         | 0,27ab       | 2,02a        | 0,77a        | 3,05ab       |
| ILPF 2,5 m  | 5,88a                         | 6,58a                         | 0,22abc      | 2,07a        | 0,81a        | 3,09ab       |
| ILPF 5,0 m  | 5,85a                         | 9,31a                         | 0,33a        | 2,03a        | 0,89a        | 3,25a        |

|               |             |              |              |              |              |              |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Milho         | 5,68ab      | 6,10a        | 0,17abc      | 2,15a        | 0,65a        | 3,00ab       |
| Pasto         | 6,06a       | 1,46b        | 0,09bc       | 1,66a        | 0,84a        | 2,60ab       |
| Eucalipto     | 4,43b       | 1,16b        | 0,06c        | 1,61a        | 0,58a        | 2,25b        |
| <b>Média</b>  | <b>5,66</b> | <b>4,70</b>  | <b>0,17</b>  | <b>1,65</b>  | <b>0,65</b>  | <b>2,47</b>  |
| <b>CV (%)</b> | <b>4,17</b> | <b>48,38</b> | <b>70,66</b> | <b>26,63</b> | <b>29,92</b> | <b>23,27</b> |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (que comparam as camadas) ou de mesma letra minúscula (que comparam as coberturas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor de fósforo (P) apresentou média 72% maior na camada superficial 0-0,10 m do que na 0,10-0,20 m. Em relação a média das camadas todas as coberturas ILPF juntamente com o milho demonstraram um teor de fósforo em média 22% maior, em cada cobertura, que as demais. Sarmiento et al. (2008) e Gomes (2016) também encontraram teores de P maior na camada mais superior. O teor de fósforo relaciona se diretamente ao teor de matéria orgânica, sendo, portanto, maior na superfície podendo ser explicado junto com a diferença estatística somente nas camadas para a matéria orgânica.

Na camada de 0-0,10 m o potássio se demonstrou 64% superior em relação à camada 0,10-0,20 m. Comparando as coberturas as médias das camadas do ILPF no renque de 5 m foi maior, em torno de 0,33. Já no ILPF de 0 m e 2,5 m junto com o milho variou de 0,17 a 0,27. O teor de potássio no solo é facilmente lixiviado, porém a sua quantificação depende mais do potássio recém-adicionado ao solo do que seu histórico de adubação (KAMINSKI, 2007) podendo variar de acordo com o tipo de solo e textura (WERLE, 2008).

Comparando o restante dos cátions básicos do complexo de troca (Ca, Mg) o cálcio apresentou maiores teores nas camadas (0-0,20 m), Estes teores classificados com bom na camada 0-0,10 m para todas as coberturas, exceto a mata, evidenciado pela baixa e/ou nenhuma adição desse nutriente na mata nativa, na camada 0,10 a 0,20 m. O milho se diferenciou estatisticamente das demais coberturas. Para o Mg também teve teor maior na cobertura ILPF 5m na camada 0-0,10m, na camada 0,10-0,20m todas as coberturas, exceto a mata e o eucalipto, tiveram teores maiores estatisticamente, já na média das camadas 0-0,20m somente a mata se diferenciou.

O maior teor de Ca e Mg também foi evidenciado por Gomes (2016) onde relatou que a relação de cátions trocáveis (soma de bases) esta relacionada a deposição de matéria orgânica no solo, podendo também ser oriundo da deposição de serapilheira ocasionada pela poda do componente arbóreo (SILVA et al. 2012 ; RIBEIRO et al. 2019 ; BUTZKE et al. 2020). A soma de bases, essa foi maior na camada 0-0,10 m sendo de 3,22 na camada 0,10-0,20 m sendo de 1,73. Essa superioridade na camada 0-0,10 m pode está relacionado ao maior teor de Ca nessa camada, o que de acordo com Gomes, (2016) o Ca corresponde com

60% do total. Na comparação da média das camadas o ILPF 5 m se obteve maior teor do complexo de troca.

Na Tabela 3 os maiores teores de MO (37,12 g/kg<sup>-1</sup>) foram evidenciados na camada superficial (0-0,10) em todas as coberturas vegetais, onde já havia sido observado por Freitas (2011), Freitas et al. (2017), Butzke (2020). Não se observou diferença estatística de MO do ILPF em relação às demais camadas por ser o primeiro ano de condução do sistema.

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais, nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em um Latossolo Vermelho, em Morrinhos, GO.

| <b>Cobertura Vegetal</b>           | <b>MO</b><br>g/kg <sup>-1</sup> | <b>Al</b><br>--(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> --) | <b>H+Al</b>  | <b>V</b><br>-----(% )----- | <b>m</b>      | <b>CTC<sub>efet</sub></b><br>----- (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) ----- | <b>CTC<sub>pH=7</sub></b> |
|------------------------------------|---------------------------------|--|--------------|----------------------------|---------------|--|---------------------------|
| <b>Camada 0-0,10 m</b>             |                                 |  |              |                            |               |  |                           |
| Mata                               | 34,37                           | 5,00aA   | 2,40         | 6,25bA                     | 76,19aA       | 0,66cA   | 2,56cA                    |
| ILPF 0 m                           | 37,86                           | 0,00bA   | 2,35         | 62,52aA                    | 0,00bA        | 3,92abA  | 6,27aA                    |
| ILPF 2,5 m                         | 37,65                           | 0,00bA   | 2,37         | 62,69aA                    | 0,00bA        | 3,99abA  | 6,37aA                    |
| ILPF 5,0 m                         | 38,30                           | 0,00bA   | 2,05         | 68,56aA                    | 0,00bA        | 4,47aA   | 6,52aA                    |
| Milho                              | 36,43                           | 0,50bA   | 2,07         | 61,19aA                    | 1,50bA        | 3,33abA  | 5,35abA                   |
| Pasto                              | 38,39                           | 0,00bA   | 1,57         | 67,10aA                    | 0,00bA        | 3,21bA   | 4,79bA                    |
| Eucalipto                          | 36,87                           | 0,50bB   | 1,90         | 63,98aA                    | 1,77bB        | 3,56abA  | 5,41abA                   |
| <b>Média</b>                       | <b>37,12A</b>                   | <b>0,85A</b>   | <b>2,10A</b> | <b>56,04A</b>              | <b>11,35B</b> | <b>3,31A</b>   | <b>5,32A</b>              |
| <b>Camada 0,10-0,20 m</b>          |                                 |  |              |                            |               |  |                           |
| Mata                               | 28,20                           | 3,25aB   | 2,35         | 3,34cA                     | 79,74aA       | 0,41cA   | 2,43cA                    |
| ILPF 0 m                           | 29,02                           | 0,00cA   | 2,10         | 51,04aB                    | 0,00cA        | 2,19abB  | 4,29aB                    |
| ILPF 2,5 m                         | 30,05                           | 0,00cA   | 2,17         | 49,28aB                    | 0,00cA        | 2,20abB  | 4,37aB                    |
| ILPF 5,0 m                         | 29,99                           | 0,25cA   | 2,17         | 45,30abB                   | 2,94cA        | 2,05abB  | 4,20abB                   |
| Milho                              | 30,97                           | 0,25cA   | 1,90         | 58,04aA                    | 0,74cA        | 2,68aA   | 4,56aB                    |
| Pasto                              | 30,98                           | 0,00cA   | 1,50         | 56,64aA                    | 0,00cA        | 1,97abB  | 3,47abcB                  |
| Eucalipto                          | 28,44                           | 1,75bA   | 2,05         | 31,50bB                    | 19,05bA       | 1,17bcB  | 3,04bcB                   |
| <b>Média</b>                       | <b>29,66B</b>                   | <b>0,78A</b>   | <b>2,03A</b> | <b>42,16B</b>              | <b>14,64A</b> | <b>1,81B</b>   | <b>3,37B</b>              |
| <b>Média das camadas (0-0,20m)</b> |                                 |  |              |                            |               |  |                           |
| Mata                               | 31,29                           | 4,12a  | 2,37a        | 4,80c                      | 77,96a        | 0,53   | 2,50c                     |
| ILPF 0 m                           | 33,44                           | 0,00c  | 2,22a        | 46,78ab                    | 0,00c         | 3,06a  | 5,28a                     |
| ILPF 2,5 m                         | 33,85                           | 0,00c  | 2,27a        | 55,99ab                    | 0,00c         | 3,09a  | 5,37a                     |
| ILPF 5,0 m                         | 34,14                           | 0,12c  | 2,11a        | 56,93ab                    | 1,47c         | 3,26a  | 5,36a                     |
| Milho                              | 33,70                           | 0,37bc   | 1,98ab       | 59,61ab                    | 1,12c         | 3,01a  | 4,96ab                    |
| Pasto                              | 34,68                           | 0,00c  | 1,53b        | 61,87a                     | 0,00c         | 2,59a  | 4,13b                     |
| Eucalipto                          | 32,65                           | 1,12b  | 1,97         | 47,74b                     | 10,41b        | 2,37a  | 4,23b                     |
| <b>Média</b>                       | <b>33,40</b>                    | <b>0,82</b>  | <b>2,06</b>  | <b>49,10</b>               | <b>12,99</b>  | <b>2,56</b>  | <b>4,54</b>               |
| <b>CV (%)</b>                      | <b>9,47</b>                     | <b>56,35</b>   | <b>14,88</b> | <b>16,63</b>               | <b>38,38</b>  | <b>21,93</b>   | <b>13,11</b>              |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (que comparam as camadas) ou de mesma letra minúscula (que comparam as coberturas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na camada 0-0,10 m, assim como na média das camadas, a Mata obteve maior teor de Al,  $5,00 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  enquanto as demais chegaram a  $0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , e conseqüentemente uma maior saturação de alumínio. O alumínio é um elemento tóxico para as culturas, sua superioridade evidenciada de forma natural em solos do cerrado devido a sua composição mineral. Toda a cobertura ILPF obteve teor próximo de  $0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1b}$  de alumínio juntamente com o Pasto na média de 0-0,20 m.

Para  $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$  ILPF 5,0 m obteve uma média na quantidade de cargas negativas ocupadas com cátions trocáveis (GOMES, 2016) se diferenciando estatisticamente apenas da Mata. Já na média das camadas todas as coberturas, exceto a mata, obteve a  $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$  média (GUIMARÃES, 1999), devido ao primeiro ano de instalação do sistema ILPF a  $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$  procedeu estatisticamente igual para as coberturas exceto na mata. Esse fato se deve ao cultivo, onde a atenção da fertilidade do solo antes da instalação da cultura foi corrigido. Para  $\text{CTC}_{\text{pH}=7}$  os ILPF's 0 m, 2,5 m e 5,0 m obtiveram maior média, se diferenciando estatisticamente das demais camadas, essa superioridade pode ser evidenciada pela baixa saturação por alumínio (m), média saturação por bases (V) e baixo teor de Al (GUIMARÃES, 1999).

A CTC do solo esta diretamente relacionada com a qualidade do solo, porém não pode ser analisada sozinha. A capacidade troca de cargas positivas do solo podem ser de caráter benéficos (Ca, Mg, K e Na) e de caráter maléfico (Al, Fe) para o solo (GOMES, 2016). Essa superioridade da  $\text{CTC}_{\text{pH}=7}$  na média das camadas, 0-0,20 m, juntamente com o pH, SB, V e  $\text{CTC}_{\text{efet}}$ , evidencia o potencial do solo ILPF em fertilidade, onde a capacidade do solo em permitir a troca por cátions, gerando um potencial de fertilidade.

## 5 CONCLUSÃO

O sistema do ILPF tem potencial em fertilidade comparado às demais coberturas.

O espaçamento em relação a linha do renque não demonstrou alteração na qualidade química do solo.

Não houve diferença estatística entre as coberturas ILPF 0 m, 2,5 m e 5 m.

Necessário repetir o trabalho em anos posteriores para uma melhor compreensão da influencia do sistema ILPF no solo.

## 6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H.V.; RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.T.: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5º Aproximação. Viçosa - MG, 1999.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; MARTÍNEZ, G.B. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)**. v.05, p.1014-1026, 2011.

BELL, C.L. Management of soils and overburden for plant growth medium reconstruction after mining. (Ed.) Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa UFV/Depto. de Solos, **Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas**. p. 117-129. (1998)

BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C.; MONTANARI, R.: Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.388-393. (2015)

BUTZKE, A. G.; OLIVEIRA, T. K.; PAULA, A. E. B.; FIUZA, S. S.: **Fertilidade e carbono orgânico do solo em sistemas agroflorestais de duas décadas compostos de castanheira, cupuçuazeiro e pupunheira na Amazônia Ocidental**. Revista de Ciências Agrárias. v.48, n.2, p.160-169. Jaboticabal - São Paulo, 2020.

CAMARGOS, S. L.; **Acidez do solo e Calagem (Reação do solo)**. Universidade Federal de Mato Grosso Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária- Departamento de Solos e Engenharia Rural. Cuiabá – MT, 2005.

CANELLAS, L.P., TEIXEIRA JÚNIOR, L.R.L., DOBBSS, L.B., SILVA, C.A., MEDICI, L.O., ZANDONADI, D.B., FAÇANHA, A.R. **Humic acids crossinteractions with root and organic acids**. **Annals of Applied Biology**, v.153, p.157-166. (2008).

CARNEIRO, S. P. **Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do cerrado**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DIAS, L.E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. Recuperação de Áreas Degradadas. Depto de Solos; **Simpósio Brasileiro de Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa, UFV (1998)

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5º ed. Revista ampliada. Brasília, DF. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual e Métodos de análise de solos**. 5ª. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2017.

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M.: The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**., v.29, p.897-903. (1997)

FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; ARATANI, R.G.; LEONEL, C.L.: Compactação no solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v.31, n.4, p. 627-636, 2007.

FREITAS. L. **Influência de fragmentos florestais nativos sobre os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de solos cultivados com cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2011.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P.: **Indicadores de Qualidade Química e Física do Solo sob Diferentes Sistemas de Manejo**. Revista de Ciências Agrárias. UNIMAR. v.26, (1-2), p.8-25, Marília – São Paulo, 2017.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.: Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do Sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.581-592. (1999)

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A.: Atributos Químicos e Microbiológicos de Solos sob Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530. (2008)

GIANELLO, C.; GIASSON, E.: Fatores que afetam o rendimento das culturas e sistemas de cultivo. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO F.A.O. (eds.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre, UFRGS. p.21-32. (2004)

GOMES, D.J.; **Qualidade de um argissolo vermelho-amarelo sob sistemas florestais e pastagem**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goyatacazes, RJ. Fevereiro de 2016.

GUIMARÃES, P. T. G.; RIBEIRO, C. R.; ALVAREZ, V. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, BRA, 1999.

HONG, Y.; HEERINK, N.; ZHAO, M.; VAN DER WERF, W.. Intercropping contributes to a higher technical efficiency in smallholder farming: **Evidence from a case study in Gaotai County**. *China Agric. Syst.*, v.173, p.317-324, 2019.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MORTELE, D.F.; RHEINHEIMER, D.S.: **Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.31, p.1003-1010. 2007.

MACEDO, M.O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Changes in soil C And N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of Degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology Management**, v.255, p.1516-1524. (2008).

MARÇAL, M.F.M.: **Qualidade do Solo em Sistemas Agroflorestais Desenvolvidos para Produção em Larga Escala**. Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP. Campinas, SP. 2018.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Novaes R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (eds.) **Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.375-470. Viçosa, 2007

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.1-6. (2008)

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L.. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Rev. Ciênc. Agron.** Fortaleza, v.45, n.5, 2014.

NETO, M.M.G.; BORGHI, E.; RESENDE, A.V.; ALVARENGA, R.C.: **Benefícios e desafios da integração Lavoura-Pecuária na Melhoria da Qualidade dos Solos do Cerrado**. International Plant Nutrition Institute – IPNI. **Informações Agronômicas**, v.161. p.9-21. 2018.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V.: **RELAÇÃO SOLO-PLANTA**. IN: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.133-204, (2007)

RIBEIRO, J.M.; FRAZÃO, L.A.; CARDOSO, P.H.S.; OLIVEIRA, A.L.G.; SAMPAIO, R.A.; FERNANDES, L.A.: **Fertilidade do solo e estoque de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro**. **Ciência Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria. v.29, n.2, p.913-923. 2019.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATTOS, J.L.M.: Influencia dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v.29, p.701-709. 2005.

REICHERT, J.K.; ROSA, V.T.; VOGELMANN, E.S.; ROSA, D.P.; HORN, R.; REINERT, D.J.; SATTLER, A.; DENARDIN, J.E.: Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam. v. 158, n.4, p. 123-136. 2016.

RODRIGUES, E.F.G.; RODRIGUES, A.C.G.; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A.: Atributos químicos e Microbiológicos de Solos sob Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530. 2008.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa. Monitoramento por Satélite. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n°8**. Campinas, São Paulo. 2010.

SILVA, M.S.C.; SILVA, E.M.R.; PEREIRA, M.G.; SILVA, C.F.: **Estoque de Serapilheira e Atividade Microbiana em Solos sob Sistemas Agroflorestais**. Revista Floram. v.19, n.4, p.431-441, 2012.

SILVA, Ê.F.F., ANTI, G.R., CARMELLO, Q.A.C., DUARTE, S.N.: Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Scientia Agricola**, v.57, p.785-789. (2000)

TAVANTI, R.F.R.; FREDDI, O.S.; MARCHIORO, V.; TANVANTI, T.R.; GALINDO, F.S.; WRUCK, F.J.; SHIRATSUCHI, L.; BREDI, C.C. **Least limiting water as a soil indicator in a integrated crop-livestock systems of the Cerrado, Brasil**. Geoderma Regional, Amsterfam, v. 19, p. e00232, 2019.

TAVANTI, R.F.R.: **Indicadores de qualidade química do solo em sistemas de pecuária extensiva no cerrado Brasileiro**. Universidade Estadual Paulista – Julio de Mesquita Filho. Ilha Solteira – SP. 2020.

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

VEZZANI, F.M.; CONCEIÇÃO, P.C.; MELLO, N.A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole. p.483-494, (2008).

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.; VIEIRA, M.N.F. **Solos: Propriedades, classificação e manejo**. Brasília, MEC/ABEAS, 154p. (1988)

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A.: Lixiviação do potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. *Revisita Brasileira de Ciência do Solo*. v.32, p.2297-2305. 2008.