



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ- REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - POSAGRO

MARDEN DANIEL ESPINOZA GUARDIOLA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO EM AMBIENTES DE
FLORESTA DE RORAIMA**

BOA VISTA-RR

2016

MARDEN DANIEL ESPINOZA GUARDIOLA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO EM AMBIENTES DE
FLORESTA DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima *Campus Cauamé*, em parceria com Embrapa Roraima, como pré-requisito para a obtenção de título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Frutuoso Vale Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Edmilson Evangelista da Silva

BOA VISTA - RR

2016

DEDICATÓRIA

A Deus, minha família, meus pais, Marden Espinoza e Daisy Guardiola, Meus irmãos
Ana Paola, Ana Catalina, Jose Mario e Daniel Alejandro, vocês são tudo para mim

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiro por ter me dado a oportunidade de sair fora de meu país e superar com sucesso esta etapa da minha vida profissional.

A minha família que foram sempre minha força para estar aqui. Sem eles não houvesse sido possível esta aventura. O amor deles é mostra de que Deus é vida.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia- Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima, pela orientação e ajuda acadêmica.

A Universidade Federal de Roraima.

Ao Professor José Frutuoso do Vale Júnior, pela paciência, dedicação e orientação que teve nesses dois anos. Agradeço as conversas e os conselhos, você sempre será um exemplo a seguir, obrigado.

Ao Professor Edmilson Evangelista da Silva, pelo apoio e orientação, além das oportunidades que ofereceu e que sempre esteve à disposição.

A Margarita Maria Almansa Jaramillo, minha companheira, colega, amiga, em fim minha benção. Obrigado você é parte de isto.

A meus amigos estrangeiros como eu; Júlio, Luís, Jonathan, Alina, Diana, Emília, Ismael e todos os estrangeiros com os que eu compartilhei. Foram minha família internacional.

A meus amigos brasileiros que são tantos que não posso mencionar aqui. Mas eles sabem quem são. Por vocês eu considero o Brasil um país maravilhoso, especialmente Roberto Tadashi, João Luiz Monteiro, Guilherme Rodrigues, Cleiry Simone, Auriane Dutra Marcus Diego Miranda e Josimar Chaves.

A todos os professores do Programa de Mestrado pelo conhecimento brindado, pelas ajudas e pelas novas aprendizagens adquiridas.

Ao Professor Marcos Gervásio pela amizade e oportunidade de fazer minhas análises no Laboratório de solos, na Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro- RJ

A Dra. Celeste Rossi, pela paciência no laboratório e por fazer as análises comigo e me ensinar muito. Sempre grato.

A turma do Laboratório de Solos, Elias, Anderson, Paula, Sidnei (Paraná), Octavio, a todos. Obrigado pela ajuda e a amizade.

A turma do futebol das quartas feiras, porque foi ai que desabafei o estresse e conheci gente boa que considero amigos.

Finalmente agradeço o Brasil, um país que abriu as portas para mim e que considero meu segundo lar. Obrigado.

Há homens que lutam um dia e são bons. Há outros que lutam um ano e são melhores. Há aqueles que lutam muitos anos e são muito bons. Mas há aqueles que lutam toda à vida: esses são as essenciais.

(Bertolt Brecht)

BIOGRAFIA

MARDEN DANIEL ESPINOZA GUARDIOLA, filho de Marden Espinoza Sandoval e Daisy Guardiola, nasceu em Honduras o dia 13 de dezembro de 1984, na cidade de La Ceiba, departamento de Atlântida. Concluiu o seu ensino médio na Escola Bilíngue Brassavola, no ano 2003, em La Ceiba. Ingressou no curso de Agronomia na Universidad Nacional Autónoma de Honduras, (U.N.A.H) no Centro Universitário Regional del Litoral Atlântico (C.U.R.L.A) no ano 2004. Concluiu seus estudos no ano 2009. Em março de 2014 iniciou o curso de mestrado em Agronomia, do Programa de Pós- Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na linha de pesquisa de Manejo de solo e da Água, na Universidade Federal de Roraima- UFRR. Defendendo a dissertação em março de 2016.

RESUMO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária (iLP), integração lavoura-pecuária floresta (iLPF) e pastagem surgiram como forte alternativa para incorporação de carbono e conseqüentemente melhoria nas características físicas e químicas do solo. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os atributos químicos e matéria orgânica em solos sob Floresta Natural (FN) convertidos em diferentes sistemas de uso e manejo: pastagem (PAST), Integração lavoura-pecuária (iLP) e Integração lavoura-pecuária floresta (iLPF). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com 24 tratamentos provenientes da associação entre 4 sistemas de uso e 6 diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, e na significância através do teste “F”, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os sistemas iLP e PAST mostraram semelhanças nos atributos químicos como pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} . O pH não apresentou diferença entre os sistemas estudados. Para acidez potencial (H+Al) o maior valor para esta variável foi encontrado na área de iLPF na profundidade de 0-10 cm e o menor na pastagem. O Alumínio (Al^{3+}) foi maior na FN. Quanto a soma de bases (SB) o sistema de pastagem apresentou o maior valor. A saturação por bases (V%) apresentou maior valor nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm nos sistemas avaliados e menor na FN. A capacidade de troca de cátions total (CTC), apresentou maior valor na área de iLP nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, e os menores valores na área de iLPF na profundidade de 20-40 cm. O fracionamento químico da matéria orgânica do solo (MOS) revelou que à área de iLPF teve o valor maior para Humina (HUM) e Ácido húmico (AH). A FN apresentou o maior valor para ácido fúlvico (AF). O carbono orgânico particulado (Cop) foi maior em todas as profundidades na pastagem. O carbono orgânico associado aos minerais (Coam) apresentou o valor maior para todos os sistemas em geral na profundidade de 0-10 cm. O carbono orgânico total (COT) foi maior entre os sistemas avaliados em relação com a FN. As frações oxidáveis mostraram valores similares nas frações mais leves (F1) e (F2), no entanto, independentemente da área avaliada, observou-se predomínio das frações mais recalcitrantes da MOS, ou sejam, (F3) e (F4). O análises de Estoque de carbono não mostrou diferença significativa mas apresentou valores melhores entre os sistemas em relação a FN. Diante do exposto, pode-se concluir que os sistemas de manejo implantados apresentaram maiores valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} e P na camada superficial (0-10 cm) do solo em relação à área de FN. As substâncias húmicas (AH), (HUM) e as frações físicas da MOS (COam), apresentaram maior estabilidade nos sistemas de manejo. A relação AH/AF foi maior na área de PAST e menor na iLP indicando que a matéria orgânica proveniente de ecossistemas apresenta maior estabilidade no solo. A (HUM) apresentou maiores teores, independente da área estudada e profundidades analisadas. Portanto, os sistemas de manejo avaliados influenciaram positivamente na dinâmica da MOS quando comparado com FN.

Palavras-chaves: Fertilidade do solo. Sistemas de manejo. Fracionamento do Carbono Orgânico. Caracterização da Matéria Orgânica do solo.

ABSTRACT

The crop-livestock integration systems (cLI) crop-livestock integration forest (cLIF) and pasture have emerged as strong alternative to carbon incorporation and consequently improvement in physical and chemical characteristics of the soil. The objective of this work to evaluate the chemical attributes, organic matter in soils under Natural forest undertaken in different use systems and soil management: pasture (PAST), crop-livestock Integration (cLI) crop-livestock Integration forest (cLIF) and a Natural forest (NF) as a witness. The experimental design was completely randomized in plots scheme subdivided, with 24 treatments from the association between four systems and six different depths (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm), with four repetitions. The data subjected to analysis of variance, and significance through "F", the averages compared by Tukey test at 5% probability of error. cLI systems and PAST showed similarities in chemical attributes such as pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^+ . pH showed no difference between the studied systems. For potential acidity ($\text{H} + \text{Al}$) the highest value for this variable was found in the cLIF area at a depth of 0-10 cm and the smallest in the pasture. Aluminum (Al^{3+}) was superior in the NF. The sum of the bases (SB) presented the highest value in the PAST system. The saturation by bases (V %) was higher in the PAST in all the depths evaluated, and lower in the NF. The total cation exchange capacity (TCC), showed the highest value in the area of cLI in the depths 0-10 and 10-20 cm and the smallest values in the cLIF area at the depth of 20-40 cm. The chemical fractionation of soil organic matter (SOM) revealed that the cLIF area had the major value for Humina (HUM) and humic Acid (HA). The FN presented greater value for Fulvic acid (FA). The NF presented the largest value for Fulvic acid (FA). The particulate organic carbon (Cop) was greater at all depths in the PAST area. The organic carbon associated with minerals (Coam) presented the highest value for all systems in general in the 0-10 cm depth. The total organic carbon (TOC) was greater among the systems assessed in relation with the NF. Oxidizable fractions showed similar values in the lighter fractions (F1) and (F2), however, regardless of the evaluated area, it observed a predominance of the most recalcitrant fractions of MOS (F3) and (F4). The analysis of carbon stocks showed no significant difference but presented best values between systems in relation to FN. After this results, its concluded that management systems deployed showed higher values of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , and P in the surface layer (0-10 cm) of soil in relation to the NF. Humic substances (HA), (HUM) and the physical fractions (Coam) showed greater stability in management systems. The ratio AH/AF was greater in the PAST area and a reduced amount of in the cLI indicating that organic matter from ecosystems presents greater stability on the ground. The (HUM) showed higher levels, regardless of the area studied and analyzed depths. Therefore, the management systems evaluated positively influenced in the dynamics of the MOS when compared with NF.

Keywords: Soil fertility. Management system; Fractionation of organic Carbon; Characterization of soil organic matter.

SUMARIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 2.1 Objetivo Geral | 16 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 16 |
| 3. JUSTIFICATIVA | 17 |
| 4. REFERENCIAL TEÓRICO | 19 |
| 4.1 Descrição do ambiente florestal em Roraima..... | 19 |
| 4.2 Matéria Orgânica do Solo..... | 20 |
| 4.3 Influência do manejo do solo no teor da matéria orgânica..... | 26 |
| 5 MATERIAL E METODOS | 31 |
| 5.1 Localização da área de estudo | 31 |
| 5.2 Caracterização da área de estudo..... | 31 |
| 5.2.1 Geologia e Geomorfologia | 31 |
| 5.2.2 Solo | 32 |
| 5.2.3 Clima | 32 |
| 5.2.4 Vegetação | 33 |
| 5.3 Sistemas avaliados e o histórico do manejo do solo na Fazenda São Paulo | 33 |
| 5.3.1 Sistemas Implantados | 34 |
| 5.3.2 Delineamento estatístico e coletas das amostras | 38 |
| 5.4 Análises de laboratório | 38 |
| 5.4.1 Análises físicos e químicas | 38 |
| 5.4.1.1 Carbono orgânico total | 40 |
| 5.4.1.2 Fracionamento granulométrico da MOS | 41 |
| 5.4.1.3 Matéria orgânica leve em água..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4.2 Fracionamento do carbono oxidável..... | 42 |
| 5.4.4 Fracionamento químico da MOS | 43 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |
| 6.1 Caracterização físico-química | 45 |
| 6.2 Caracterização da MOS | 50 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 60 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Características químicas (valores médios) dos ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos..... | 32 |
| Tabela 2- Granulometria do solo em área de floresta natural e áreas convertidas em sistemas de manejo..... | 45 |
| Tabela 3 - Caracterização química dos solos sob Pastagem (PAST), Floresta Natural (F.N), Integração lavoura-pecuária (iLP) e Integração lavoura-pecuária (ILPF) com sete anos de implantação em três profundidades..... | 48 |
| Tabela 4 - Resultados médios das frações de substâncias húmicas dos solos sob os sistemas de manejo em relação com a Floresta estacional semi decidual de Roraima..... | 53 |
| Tabela 5 - Carbono orgânico total (COT), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima..... | 54 |
| Tabela 6 - Carbono orgânico particulado (COP), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima..... | 54 |
| Tabela 7 - Carbono orgânico associado aos minerais (Coam), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima..... | 55 |
| Tabela 8 - Valores médios de Estoques de carbono (C) $Mg \cdot ha^{-1}$ na profundidade de 1 metro nos três sistemas de manejo em relação à Floresta Natural..... | 59 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização da Fazenda Mucajaí Sul de Roraima. | 31 |
| Figura 2- Características Climatológicas da Região..... | 33 |
| Figura 3 - Área do sistema de Integração lavoura-pecuária | 34 |
| Figura 4- Área do sistema de Integração lavoura-pecuária floresta | 36 |
| Figura 5 - Área de pastejo rotacionado..... | 36 |
| Figura 6 -Distribuição das áreas pertencentes ao sistema, sendo: 1 – área de pastejo rotacionado, 2 – área de mata nativa, 3 – aleias de árvores dentro do sistema ILPF, 4 – corredores internos para o plantio de grãos e formação dos piquetes e 5 áreas sob sistema ILP. | 37 |
| Figura 7 - Trincheira de um metro logo após coleta de solo | 37 |
| Figura 8 - Croqui ilustrativo do experimento indicando a disposição dos tratamentos e das trincheiras (T) para amostragem do solo..... | 38 |
| Figura 9 – Coleta de amostras de solo..... | 39 |
| Figura 10- Análises realizados no laboratório dos solos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro..... | 43 |
| Figura 11- Carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo na profundidade 0 – 20 cm na floresta estacional semi decidual Roraimense..... | 51 |
| Figura 12- Fracionamento oxidável, matéria orgânica leve em água e COT em profundidade de 0-10 cm na floresta estacional sem decidual de Roraima. | 56 |
| Figura 13- Fracções mais recalcitrantes da MOS F3 e F4 em profundidade de 0-10 cm na floresta estacional semi decidual de Roraima. | 57 |
| Figura 14- - Teores de Estoque de carbono (C) nos sistemas de manejo e a Floresta Natural como área de referência..... | 58 |

1. INTRODUÇÃO

Existe uma inquietude quando se menciona o avanço econômico agrícola e o aumento do uso de insumos agrícolas no mundo. As advertências ao desmatamento causaram o uso de áreas naturais, que está crescendo em evidência nos últimos anos. Portanto, a manutenção da qualidade do solo é um dos fatores-chave para se atingir a sustentabilidade de um sistema de produção, destacando-se o manejo empregado como o componente principal para a preservação da matéria orgânica (CAETANO et al., 2013).

A matéria orgânica (MOS) é um dos constituintes mais importantes do solo. Sua identificação e quantificação permite classificar solos, além de avaliar a fertilidade e estimar o perigo de erosão, entre outras qualidades. A MOS representa um conjunto complexo de substâncias constituídas por restos vegetais e organismos que estão submetidos a um constante processo de transformação e síntese (BENITES et al., 2010). De modo recente, o uso da pastagem e da integração lavoura-pecuária (iLP) tem causado melhor conservação de suas propriedades em algumas regiões do Brasil (FRAZÃO et al., 2010b; SALES et al., 2010).

As formas da matéria orgânica e as características químicas do solo estão diretamente relacionadas e mudam de acordo com as práticas de manejo (CARVALHO, et al., 2010). De forma geral, os principais obstáculos dos solos tropicais, sobretudo da maioria dos Latossolos e Argissolos, são o escasso desenvolvimento de baixa capacidade de troca de cátions total (CTC), alta fixação de fosfatos, baixa disponibilidade de nutrientes (bases e P) e as altas concentrações de íons alumínio tóxicos (Al^{3+}), podem ser reduzidos com a preservação e o incremento dos teores de carbono orgânico do solo (BALDOTTO, et al., 2015).

A substituição de áreas naturais em áreas de plantio, com redução vegetação natural, pode diminuir os conteúdos da (MOS), ocasionar a perda de fertilidade e o aumento da erosão (BERNOUX et al., 2004). Os sistemas de manejo do solo, associados a certos métodos agrônômicos, como rotação de cultivos e plantas de cobertura, causam modificações importantes na dinâmica da MOS (MORETI et al., 2007; BRANCALIÃO; MORAES, 2008). Métodos culturais inadequados têm ocasionado perdas de produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais (LOSS et al., 2011).

O sistema iLP e iLPF trazem benefícios tais como a manutenção da estrutura do solo e o aumento dos teores de matéria orgânica. Estes sistemas têm sido utilizados como instrumento para a recuperação de pastagens degradadas pelo uso excessivo dos solos e perda dos nutrientes. Dessa forma, os sistemas de manejo se tornam básicos, pois seu uso acompanhado de algumas

espécies de pastagens intensifica a produção, o crescimento radicular e, por conseguinte, altera o ciclo do carbono no solo. De acordo com Araújo et al. (2011) avaliando o Cerrado, expuseram que o incremento da MOS favorece o aumento da CTC dos solos, sendo necessária para reter os cátions básicos e acrescentar a fertilidade do solo. Em áreas com rotação de culturas em sistema iLP faz-se um aporte importante de fitomassa vegetal ao solo, principalmente quando se faz uso de plantas de cobertura como as braquiárias, para aumentar o crescimento radicular assim como alimento para o gado (LOSS et al., 2011).

Deste modo, este estudo teve como hipótese que o sistema de integração lavoura-pecuária pode melhorar o equilíbrio entre as frações de carbono da matéria orgânica, aumentar os estoques de carbono e os agregados do solo. Finalmente, este trabalho objetivou-se em avaliar a dinâmica da MOS em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no município de Mucajaí - Roraima.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes sistemas de uso e manejo sobre os atributos químicos e matéria orgânica do solo (MOS) em área de transição savana-floresta (FN) em Roraima.

2.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar que os sistemas de manejo implantados aumentam a quantidade e qualidade da MOS em suas variáveis químicas e físicas em relação com a FN.
- Avaliar do ponto de vista das propriedades físicas e químicas do solo, que existe uma melhoria na fertilidade, pela ciclagem dos nutrientes.

3. JUSTIFICATIVA

A contínua necessidade de melhorar a qualidade dos alimentos e aumentar sua produção tem sido uma constante preocupação para as diferentes fontes de produção alimentícia. A iLP e iLPF torna-se essencial para a sustentabilidade e a produtividade do sistema agropecuário, o que permite a redução de custos pelo menor uso de insumos e diversificação, tanto da atividade agrícola quanto da pecuária, com aumento de renda e diminuição de problemas ambientais.

A carência de trabalhos desta natureza em Roraima justifica a pesquisa para mostrar o porquê de fazer caracterização da matéria orgânica do solo (MOS). A adição de resíduos orgânicos pode transformar significativamente as condições físicas e químicas do solo no curto prazo, que não seriam obtidas somente com fertilizantes químicos.

Aumentando a quantidade de MOS, melhoram-se as propriedades físicas do solo. A textura do solo, que é determinada pela distribuição de tamanho de partículas, e a estrutura do solo pelo arranjo das partículas em agregados. A porosidade do solo, por sua vez, é responsável por um conjunto de fenômenos e cria uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como retenção e fluxo de água e ar, e, se analisada conjuntamente com a matriz do solo, gera outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo. Não menos importante, são as propriedades associadas à reação mecânica do solo à aplicação de forças externas. A adoção de sistemas de manejo conservacionistas pode favorecer a redução das perdas do COT do solo, por meio da manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo e proteção física da matéria orgânica em agregados de solo.

A fração orgânica lábil acumulada ao solo que é representativa pela matéria orgânica facilmente decomponível proporciona ciclagem muito rápida, sendo em média de 3-4 meses. Aproximadamente 80% do material orgânico assentado no solo são perdidos na forma de gases durante o processo de decomposição pelos microrganismos. Outros 20% permanecem na forma mais estável no solo. Esta forma mais estável está relacionada com as substâncias húmicas, as quais têm sido vistas como grandes polímeros de produtos de degradação, tais como fragmentos de lignina e poli fenóis.

Atualmente, tem sido observado um aumento significativo na adoção de sistemas integrados de cultivo, como a iLP, os quais vêm exibindo considerável potencial de acúmulo de C no solo. De acordo com Kluthcouski et al. (2006), a utilização de gramíneas perenes em iLP, como as braquiárias, seja em consórcio, sucessão ou rotação com culturas anuais, pode

minimizar a degradação do solo em razão do efeito benéfico dessas gramíneas nos atributos físicos deste e, ainda, resultar em aumento do estoque de C do solo e a redução das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera.

A importância destes sistemas de manejo é que gere renda para assegurar uma eficiente, produtiva e estável agricultura no futuro. É nesse contexto em que se situam a iLP e a iLPF, podendo ser sustentáveis em determinado momento, uma vez que são atividades cíclicas, onde o fazendeiro tem melhores retornos, a situação se inverte e privilegia o pecuarista.

Este trabalho também se justifica porque observamos que estes sistemas aumentam em um nível ótimo a biomassa, garantindo cobertura de solo e não comprometendo o desenvolvimento da lavoura. Mas principalmente, o interesse maior é manter ou aumentar o teor de carbono do solo. Características como melhoria da qualidade do solo e aumento da produtividade das culturas alimentares e dos rendimentos das propriedades rurais têm sido atribuídas ao sistema de produção em relação à matéria orgânica, mas o sucesso de um sistema deste tipo está relacionado com a quantidade e qualidade da MOS liberada durante o processo de decomposição e com o tempo de liberação de nutrientes para atender as necessidades das culturas subsequentes.

O foco atual da investigação é por causa dos escassos trabalhos relacionados ao tema, sendo necessário aprofundar os estudos quanto à composição da MOS em diferentes sistemas de uso e manejo. Vale a pena mencionar que no ano de 2015 foi feito um compromisso em Paris (França) referente ao câmbio climático. Pesquisas como estas focam na promoção de estoques e produção de carbono e mostram que a longo prazo podem ter um efeito positivo ambiental, como de valor aquisitivo, que contribuem na captura de CO₂.

Pensando no exposto acima, é necessário conhecer a dinâmica da MOS para fazer um bom modelo visando melhorar a sua quantidade e qualidade. Uma prática aplicada, segundo Keulen (2001), poderia ser a criação de um ambiente com diferentes tratamentos para poder observar as diferenças da porcentagem de matéria orgânica. Portanto, os efeitos da matéria orgânica do solo através do balanço de carbono têm sido modelo extensivamente estudado. Entretanto, as funções não nutricionais da MOS como a estabilidade estrutural, a capacidade de retenção de água e a capacidade de troca catiônica têm recebido menos atenção na realização de modelos de MOS. Essas funções específicas da MOS são importantes, especialmente em situações onde os conteúdos de matéria orgânica são baixos e prevalecem (KEULEN, 2001).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Descrição do ambiente florestal em Roraima

Localizado na extremidade Norte do Brasil, o Estado de Roraima pode ser dividido em três amplos biomas: o domínio das matas; as Campinaranas; e os domínios das Savanas ou Cerrados. As Campinaranas, também chamadas Campinas, são formações vegetais que ocorrem em áreas de clima úmido e solos arenosos predominantemente hidromórficos. Caracterizam-se por uma paisagem marcante, com exceção para a Floresta Tropical envolvente. (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

As florestas estacionais decíduais, fitofisionomias caracterizadas por proeminente estacionalidade climática e pela perda de folhas anualmente (Caducifolia) do estrato dominante (VELOSO et al. 1991), toleram assim como outros ambientes, mudanças em sua composição de espécies em consequência de fatores abióticos. As condições de caducifolia dessas formações podem mudar de fragmento para fragmento em consequência dos atributos físicos, químicos e, sobretudo, da profundidade do solo (NASCIMENTO et al. 2004). As diferenças na quantidade de chuva e sua duração também são responsáveis por transformações entre esses fragmentos (MOONEY et al. 1995).

Estas florestas estacionais decíduais estão espalhadas pelas diversas regiões tropicais do planeta, sob a forma de fragmentos naturais independentes por outros tipos de vegetação (SCARIOT; SEVILHA 2005). Essa adequação fragmentada, na maioria das vezes isolada, é considerada como uma “cicatriz” de uma distribuição contínua e muito mais ampla no passado, quando o clima mais frio e seco causou a retração das florestas úmidas para zonas fluviais e, por conseguinte, as florestas estacionais predominaram (PRADO; GIBBS 1993). No Brasil, essas florestas distribuem-se tanto pelas formações savânicas de Cerrado e Caatinga, nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, quanto pelas formações florestais sempre-verdes da floresta Amazônica e Atlântica, nas regiões Norte e Sul/Sudeste respectivamente (SCARIOT; SEVILHA 2005).

O teor de MOS nos solos da Floresta Natural de Roraima é baixo na maioria das vezes, expressando-se em maiores concentrações na superfície, devido à contribuição de resíduos vegetais, que decrescem em profundidade. Estes conteúdos de MOS unidos com a textura que, de maneira geral, exibem boa quantidade de fração areia e ao clima tropical, têm uma alta taxa de decomposição da fitomassa levando a baixos teores de MOS. Portanto, tem-se um solo mais ligeiramente descoberto, com mais chances de erosão e lixiviação dos nutrientes (LOSS, 2009).

Apesar de baixos teores de MOS, eles são essenciais para a manutenção dos ecossistemas. Nos sistemas de florestas tropicais, a ciclagem de nutrientes sucede maiormente nas camadas que compõem a serapilheira na interface com o solo. Didham (1998) assegura que a decomposição da serapilheira provoca um ciclo de nutrientes essencial para a fertilidade das florestas. Praticamente tudo o que a “floresta produz ela consome”. Em seguida, o funcionamento do subsistema de decomposição é o maior responsável pela conservação do ecossistema (POGGIANI et al., 1987).

No Brasil ainda são insuficientes os trabalhos relacionados ao tema, é necessário aprofundar estudos para alcançar melhor os processos de decomposição de um sistema de floresta ombrófila, comparando os estoques de matéria orgânica em diferentes fragmentos florestais circundados por matrizes distintas. De tal modo, as mudanças da acumulação da matéria orgânica de superfície e a sua decomposição, em resumo, podem ser um exemplo de perturbações na ciclagem de nutrientes nos sistemas ecológicos.

4.2 Matéria Orgânica do Solo

Quando se refere à matéria orgânica do solo (MOS), é válido mencionar que são os compostos que contêm carbono orgânico no solo, incluindo os organismos vivos, resíduos vegetais e animais parcialmente decompostos. Os microrganismos no solo causam uma dinâmica com os compostos orgânicos e esse processo oferece muitos benefícios para o solo, tais como a decomposição, ciclagem de nutrientes, ciclos biogeoquímicos e melhor estruturação¹(DMG; DS; VTP). Um dos maiores e principais benefícios da MOS é o sequestro de C, assim esse reservatório incrementa a matéria orgânica e apresenta grupos funcionais eletricamente carregados, que aumentam a CTC e diminuem a absorção específica de P, disponibiliza nutrientes e tem a capacidade de complexar íons alumínio, diminuindo sua toxicidade e estabilizando a estrutura do solo (COSTA JUNIOR et al., 2012; BALDOTTO, et al., 2015).

Em solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica se acomoda com similaridade a outros atributos (físicos, químicos e biológicos) do solo. Por conseguinte, o desenvolvimento da matéria orgânica do solo é essencial para a conservação da aptidão produtiva do solo para mais tempo (CIOTTA et al., 2003). Particularmente os problemas que os solos sofrem hoje em dia não são somente por causas naturais, mas também por causas antrópicas (MARTIUS, 2001). É por isso

¹ DMG: densidade média geométrica dos agregados, DS: densidade do solo, VTP: volume total de poros.

que a degradação do solo é um dos problemas mais sérios para o ambiente, já que estes representam um recurso que é essencial para a vida deste planeta.

Em sistemas florestais, o estoque de matéria orgânica de superfície, chamado de húmus, tem uma afinidade com o padrão do grau de evolução funcional do subsistema de decomposição (HAAG, 1985). Portanto, influência mútua entre os processos bióticos (vegetação, fauna edáfica e organismos saprófagos – fungos e bactérias) e abióticos (clima, relevo, topografia, solo e umidade, entre outros) controlam mudanças analisadas nas formas de húmus. Perturbações funcionais na dinâmica de matéria orgânica nesses sistemas florestais, por exemplo, em resultado de diferentes tipos de manejo, podem ser evidenciadas por mudanças de protótipos de evolução sucessional do estoque (PRIMAVESI, 1987).

Quando o solo é submetido a normas de preparo com intenso revolvimento, o estoque de matéria orgânica do solo mostra uma ligeira queda (SILVA et al., 1994). Esta perda de MOS se reflete de forma negativa na CTC porque pode ocorrer a complexação de elementos tóxicos como o alumínio nos solos (MENDONÇA et al., 1995; CIOTTA et al., 2003). As boas qualidades físicas que o solo apresenta sob condições naturais são parcialmente perdidas, como a formação de macro agregados, porosidade e infiltração de água (BAYER et al., 2004).

De modo geral, pode-se avaliar que a MOS é composta por 60% de carbono derivado de material vegetal em distintos estágios de decomposição e evolução. Os rompimentos nas cadeias de C formam os radicais R-COH (carboxila) e R-OH (hidroxila) que, com a elevada superfície específica da MOS, são os responsáveis pela gênese das cargas (RAIJ, 1983). Os solos do bioma Amazônico apresentam estrutura estável, portanto mecanização pesada e aplicações de altas doses de fertilizante podem acelerar a oxidação do C e, conseqüentemente, reduzir as quantidades de MOS (TORMENA et al., 2004).

A dinâmica da matéria orgânica merece uma atenção especial, particularmente no bioma da Amazônia, já que tem em um limite agrícola que não supre as necessidades de alimentos. Porém os solos de Roraima se caracterizam por serem altamente intemperizados em sua maioria e terem baixa fertilidade natural (MELO et al., 2006).

A redução na quantidade e qualidade de matéria orgânica do solo significa emissão de gases (principalmente CO₂, CH₄, N₂O) para a atmosfera e aumento do aquecimento global. A sustentabilidade do solo é afetada, uma vez que a qualidade da matéria orgânica restante muda (LOSS, 2010). Portanto, alguns sistemas de manejo podem manter ou incrementar o carbono orgânico do solo, a capacidade de troca catiônica, a estruturação e retenção de água dos solos e assim diminuir a emissão de CO₂ para atmosfera (CERRI et al., 2010; BENITES et al., 2010; COSTA JUNIOR, 2012). Desta forma, métodos práticos e adequados são necessários para

quantificar a dinâmica do carbono que é necessária para formação de agregados (VEZZANI; MIELNICZUCK, 2011).

Alguns trabalhos têm demonstrado que compartimentos específicos da MOS são eficientes, quando se refere a detectar mais ligeiramente as trocas nos conteúdos de carbono associados ao manejo (CONCEIÇÃO et al., 2005; PEREIRA et al., 2010). A MOS em associação com os minerais do solo é um componente essencial para o desenvolvimento e ao balanço de cargas elétricas na superfície que arranjam seu sistema coloidal. Os teores e as características da MOS são resultados das taxas de produção e agrupamento, alteração e mineralização, de acordo com as condições do ambiente. Portanto, em condições de solos hidromórficos, a dinâmica da MOS é influenciada pela carência de oxigênio, o que enfraquece a taxa de decomposição e provoca produtos distintos em relação aos solos bem drenados (NASCIMENTO et al., 2010). Mudanças na MOS influenciam ligantes orgânicos que ajudam a preservar o meio ambiente (CONCEIÇÃO et al., 2005). Práticas agrícolas inadequadas agilizam a perdas até 70% da MOS em ambientes com baixo potencial agrícola (JENNY; RAYCHAUDHURI, 1960).

A matéria orgânica leve (MOL) é um fragmento ativo no solo, é constituída por resíduos orgânicos parcialmente humificados em diferentes estágios de decomposição e apresenta um tempo de vida no solo que oscila de 1-5 anos (JANZEN et al., 1992). Um dos benefícios da MOL é causado por microrganismos do solo, já que a decomposição da matéria orgânica desprende nutrientes para a solução do solo e a assimilação pelas plantas (RUIVO et al., 2005). Portanto, a conservação do compartimento de MOL se torna fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrônômicos, quando estes mostram uma eficiente ciclagem de nutrientes (COMPTON; BOONE, 2002).

Outro aspecto importante a se analisar é a atividade enzimática do solo, uma vez que as enzimas têm participação efetiva nos ciclos dos elementos no solo; como elas são sintetizadas, sobretudo pelos organismos, as condições que beneficiam a atividade microbiana com a presença de vegetação, como por exemplo, a rizosfera também aportam maior atividade enzimática (LOSS et al., 2012). Os microrganismos do solo (coletivamente biomassa microbiana do solo) são agentes de transformação da matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes e da maioria dos processos chaves na formação do solo. Como habitat para os microrganismos, o solo é provavelmente o meio mais complexo e diverso do planeta (BRAUX, 1997). A qualidade do solo é expressa quando este funciona dentro dos limites de um ecossistema natural, de modo a sustentar a produção biológica e promover a saúde dos animais e das plantas (DORAN; PARKIN, 1994).

Segundos Passos et al. (2007) o teor e a qualidade da MOS são atributos indicativos da qualidade do solo. É necessário avaliar as práticas de manejo sobre tais atributos visando à sustentabilidade. Dessa forma, ele avaliou alterações nos teores de substâncias húmicas, de C orgânico lábil e na atividade microbiana em diferentes classes de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob vegetação natural de Cerrado e sob cultivo convencional com milho durante 30 anos, em Minas Gerais.

Neste sentido, a matéria orgânica do solo (MOS) faz parte do ciclo de vida do solo, pois representa um conjunto complexo de substâncias constituídas de restos vegetais e organismos que estão submetidos a um constante processo de transformação e síntese. Portanto, é a chave para que qualquer ecossistema terrestre seja sustentável e produtivo (LOSS et al., 2009).

O carbono é considerado o principal componente das plantas e da (MOS), sendo responsável por propriedades físicas, químicas e biológicas, onde suas interações determinam o grau de fertilidade ou a capacidade do solo em dar condições para o adequado crescimento das culturas agrícolas (URQUIAGA et al., 2006). Para os solos tropicais, como é o caso dos solos de Roraima, onde os valores de carbono orgânico do solo (COS) dificilmente ultrapassam 1%, podendo dizer que é o “osso que assegura a floresta natural”. A importância da MOS é ainda maior, pois esta é responsável pela maioria das propriedades coloidais do solo relacionadas com o crescimento das plantas, sendo o seu conteúdo considerado chave para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (VALE JUNIOR, 2010).

Ainda não existem pesquisas conclusivas a respeito da quantidade de C que se perde ou por quanto tempo o CO₂ é retido num ecossistema quando ocorre uma substituição de floresta natural por um sistema de produção, neste caso pastagens e floresta, mas a floresta tem sido apontada como referência eficiente para o sequestro de C quando se menciona a acumulação deste na madeira e nos aumentos dos estoques no solo (PULROLNIK et al., 2009). A substituição de ambientes naturais por sistemas de produção “ecológicos” causa alteração na qualidade e quantidade do C no solo (COSTA et al., 2009). A predominância da monocultura associada a práticas agrícolas inadequadas tem comprometido o aumento da produtividade e o resultado na deterioração do solo e do ambiente (CAMPOS et al., 2011).

A maioria dos estudos se foca no carbono orgânico total (COT), ainda, pequenas mudanças nos totais de C são dificilmente visíveis em curto prazo, isso acontece porque a variabilidade natural do solo é elevada. Assim, o decaimento ou aumento de C, nas frações da MOS, pode permitir a mensuração do grau de preservação dos ecossistemas naturais e os possíveis impactos causados em sistemas agrícolas com diferentes tipos de manejo do solo (SILVA et al., 2011). Além disso, solos degradados pelo cultivo e com baixos teores de C são

deficientes em N, o que limita a recuperação dos estoques de C no solo, principalmente em sistemas desenvolvidos por gramíneas (CANELLAS et al., 2003).

A adoção de sistemas de manejo que propiciem um aumento no conteúdo de MOS ou de seus fragmentos pode gerar a redução da adsorção de P, pelo desenvolvimento de complexos que inibem os sítios de adsorção na superfície dos óxidos de ferro e de alumínio. De tal modo, o uso de plantas de cobertura em iLP pode ocasionar aumento dos teores de carbono orgânico total COT e MOL (TIRLONI et al., 2009).

Segundo Carvalho et al. (2010), a conservação de resíduos vegetais na superfície, a rotação de culturas e o mínimo revolvimento do solo, são princípios básicos da adoção do sistema de conservação, que atuam no aumento do estoque de C no solo e reduzem a emissão de CO₂ para a atmosfera. Além disso, o sistema promove outros benefícios, como o aumento da diversidade microbiana, melhoria da fertilidade e os atributos físicos do solo (SIX et al., 2002), alguns autores verificam uma expressiva redução na erosão hídrica pelo aumento de resíduos vegetais na superfície do solo (MELLO et al., 2002).

4.2.1 Fracionamento da MOS

Em estudos de origem e manejo de solo são utilizadas frequentemente as frações químicas e físicas da MOS para medir a dinâmica e sua reatividade (CONCEIÇÃO et al., 2005; FONTANA, et al., 2008). Os distintos tipos de fracionamento empregados em estudos de MOS tentam diminuir sua desigualdade (CARTER, 2001). A metodologia de fracionamento que vai ser escolhida depende da finalidade do estudo, seja ele para caracterização e identificação química de elementos específicos da MOS ou para a quantificação de compartimentos da MOS importantes na ciclagem e liberação de elementos para as plantas (Fontana, et al., 2008); Loss et al., 2010) ou uma combinação de ambas (SIX et al., 1998).

4.2.2 Fracionamento Químico da MOS

As substâncias húmicas constituem a maior fração da MOS, entre 60 e 70% do solo, sendo estruturalmente complexas de aparência escura, alto grau de acidez e geralmente heterogêneas. Para poder diminuir essa heterogeneidade se utiliza o fracionamento da MOS, procedimento bastante utilizado em vários estudos (BENITES et al., 2003). Elas são constituídas por carbono (C), oxigênio (O) e, poucas vezes, quantidades mínimas de nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P). Para poder remover essas frações, se utiliza a metodologia recomendada pela Sociedade

Internacional de Substâncias Húmicas, conforme Swift (1996) e adaptada por Benites et al. (2003), por ser um método adequado para qualquer tipo de solo.

Este processo consiste na extração de substâncias húmicas do solo baseadas nas diferenças da solubilidade das mesmas em soluções ácidas ou básicas, para logo depois obter três fundamentais frações: fração ácido húmico (FAH), que é solúvel em solução básica, mas se precipita sob acidificação. A fração ácido fúlvico (FAF), permanece em solução quando o estrato alcalino é acidificado e a húmina (FHUM), que é a fração que não pode ser removida de solos e sedimentos por diluição básica ou alcalina, ou seja, é ou que sobra do isolamento das outras duas frações.

Variações nos estoques de várias frações orgânicas do solo são provocadas ao derrubar a vegetação nativa para estabelecer plantações. Isto ocasiona remoção de sistemas biológicos diversificados e estáveis, e sua substituição por sistemas simples e instáveis (CANELLAS et al., 2003).

4.2.3 Fracionamento Físico da MOS

O fracionamento granulométrico é aquela metodologia que foca na função da estrutura física da MOS. Este procedimento é menos destrutivo em comparação com o fracionamento químico (ROSCOE; BODDEY; SALTON, 2006). Existe uma forte tendência em adotar fracionamento granulométrico para estudar melhor a ciclagem e dinâmica da MOS (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992).

Portanto, o fracionamento granulométrico da MOS (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992) incide no isolamento de duas frações orgânicas: o carbono orgânico particulado (COp) e o carbono orgânico associado à fração mineral (COam). O COp é a fração do carbono separado por dispersão e peneiramento do solo associada à fração areia ($COP > 53 \mu m$), sendo distinguida como partículas resultantes de restos de plantas e hifas com composições celulares reconhecíveis, cuja estabilidade no solo depende da proteção física exercida por agregados (GOLCHIN et al., 1994).

O C pode se acumular em frações lábeis ou estáveis da MOS, o que pode ter efeitos na resistência do seu efeito quanto à fixação de C atmosférico, bem como nas mudanças nas características físicas, químicas e biológicas dos solos sob ILP. Têm sido utilizadas técnicas de fracionamento físico da MOS que podem ser granulométricas (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992) ou densimétricas (GOLCHIN et al., 1994). O acúmulo de C em frações lábeis da MOS tem sido relacionado na proteção física dentro dos agregados, em efeito da inacessibilidade aos

microrganismos e suas enzimas (FELLER; BEARE, 1997). A MOS protegida dentro dos agregados proporciona um tempo de conservação no solo maior do que a MOS livre, sendo esta proteção maior nos micro que nos macro agregados (BUYANOVSKY et al., 1994).

4.3 Influência do manejo do solo no teor da matéria orgânica

Os sistemas de manejo do solo, integrados a certas práticas agrícolas, como rotação de culturas e plantas de cobertura, geram mudanças significativas na dinâmica da MOS (MORETI et al., 2007; BRANCALIÃO; MORAES, 2008; LOSS et al., 2009). Estudos atuais têm mostrado o efeito favorável de plantas de cobertura nas propriedades edáficas e na rentabilidade de culturas, por causa da ciclagem de nutrientes e da decomposição da palhada (BERTIN et al., 2005; BOER et al., 2007; TORRES et al., 2008). Recentemente, o manejo do solo com sistemas de revolvimento intenso para cultivo de culturas anuais tem acelerado o processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas dos solos na região de Roraima (VALE JUNIOR et al., 2005).

No Brasil 47 milhões de hectares (ha) foram cultivados em 2005, 25 milhões de ha destes estavam sob gestão de aração reduzida (pouca aração), deve-se notar que em países tropicais, além de minimizar a perturbação do solo, as práticas de aragem reduzida também aumentam a retenção de resíduos vegetais e reciclagem. Esta é a principal força motriz para reconstruir os níveis de C orgânico do solo (OLENDZKI; IGNACIO; MANGRICH, 2009).

Segundo Macedo (2000), a degradação de pastagens é um processo que afeta a produtividade. Os manejos inadequados reduzem a capacidade da recuperação natural das pastagens para sustentar economicamente os níveis de produção exigida pelos animais e ocasionar efeitos prejudiciais de pragas, doenças, invasores e a degradação adiantada dos recursos naturais. Uma gestão sustentável dos solos com baixa fertilidade natural em explorações agrícolas familiares nos trópicos úmidos é um grande desafio. Superá-lo seria um benefício enorme para o ambiente e para os agricultores (AGUIAR, 2009).

A atividade antrópica em Apiaú (Roraima) expande-se majormente em direção à colônia agrícola da Cerra da Prata, no sentido sul. Onde a atividade pecuária se desenvolve com a implantação de pastagem de Quicuío (braquiária humidícola) e braquiária Brizanta (MELO et al., 2005).

A adoção de boas práticas de manejo, tal como a iLP, pode parcialmente reverter o processo, uma vez que foca o aumento das entradas de material orgânico no solo e/ou diminuição das taxas de decomposição da matéria orgânica do solo (BUSTAMANTE et al.,

2006). O estoque de C no sistema solo-planta em fragmentos de florestas naturais também pode indicar o potencial no sequestro de C da atmosfera, constituindo, assim, uma ajuda ambiental onde promove e suaviza as mudanças climáticas por gases de efeito estufa, em especial CO₂ (CUNHA, 2009).

O avanço da fronteira agrícola na Região Amazônica, a floresta, como ecossistema em equilíbrio, vem sofrendo grandes alterações em sua estrutura natural, agravada por balanços climáticos relacionados com El Niño. Na maior parte, os sistemas de produção fundamentam-se na remoção da floresta, com a introdução da pecuária bovina, colonização agrícola, exploração madeireira que são exemplos de exploração não-sustentáveis, nos moldes vigentes (MELO et al., 2006).

O sistema iLP foi vastamente difundido nos últimos anos pelos melhoramentos que proporciona à atividade agropecuária, com probabilidade de rentabilidade e reformas ambientais, entre outros. Nesse sistema, a braquiária e o milho são a combinação predominante na iLP, ocupando as maiores áreas de cultivo (SANTOS et al., 2014).

Os sistemas de integração podem ser distribuídos em quatro modalidades distintas, iLP ou agropastoril, sistema de produção que associa os componentes agrícola e pecuário em rotação, união ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrônomico ou por múltiplos anos; iPF ou silvipastoril, sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio; relação lavoura floresta (iLF) ou silviagrícola, sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); e iLPF, sistema de produção que associa os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (BALBINO et al., 2011).

A utilização de pastagens em áreas degradadas de lavouras para a melhoria das propriedades edáficas do solo, pela presença de palha e raízes da pastagem, acrescenta os teores de carbono e desenvolve de forma significativa as condições de aeração e capacidade de infiltração de água (LOSS, et al., 2009). De acordo com Dias-Filho (2007), o potencial de adoção de sistemas de iLP depende de diversos fatores nos ecossistemas brasileiros: disponibilidade de solos adequados, crédito acessível, domínio da tecnologia para produção pecuária, acesso ao mercado para compra de insumos, assistência técnica e possibilidade de arrendamento da terra ou de parceria com a agricultura familiar, mais conhecida como produtores tradicionais.

O uso de mais de uma cultura no campo de produção constitui uma nova dinâmica no que se menciona à utilização de água, luz e nutrientes, e necessita ser analisados para obter bons

resultados produtivos (KLUTHCOUSKI; OLIVEIRA, 2012; MARCELO et al., 2012; SORATTO et al., 2012). Deste modo, a ciclagem de nutrientes da palhada dessas culturas, por meio da alteração e liberação de seus nutrientes, se torna um fator básico de estudo para ajudar no manejo da fertilização, de forma que esse reforço possa ser analisado no cálculo da dose de adubo a ser aplicada (CARVALHO, 2000; AMADO et al., 2002; SANTOS et al., 2008), o que deriva em racionalização do uso de inputs mais baratos para o produtor e menor risco de perdas e desequilíbrio ambiental.

A dinâmica de liberação de decomposição de nutrientes das plantas é dirigida, essencialmente, pelas condições climáticas, com realce para as chuvas e temperatura. Além disso, existe ampla influência da qualidade de cada material, do tipo de solo, de sua fertilidade e manejo, entre outros (ROSOLEM et al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; CARVALHO et al., 2009; MATOS et al., 2011; MARCELO et al., 2012).

Outro importante objetivo da iLP é a produção de pasto e forragens para a alimentação animal na estação seca; neste caso, há muitas variações no país, em decorrência do clima e dos solos de cada região, as explorações agrícolas familiares nos trópicos úmidos é um grande desafio. Superá-lo seria um benefício enorme para o ambiente e os agricultores (LOSS et al., 2011).

A substituição de ecossistemas naturais em áreas agrícolas pode originar alterações nos atributos edáficos, tendo em vista a apertada integração da cobertura vegetal e o sistema físico, químico e biológico do solo (FERREIRA et al., 2007). Múltiplos atributos do sistema, como os bioindicadores, têm sido escolhidos e empregados em programas de monitoramento/gestão da qualidade do solo, apontando caracterizar os valores ecológicos a serem protegidos ou restaurados, com base na análise de risco ou no acompanhamento do ecossistema (SILVEIRA et al., 2009).

O impulso nos assentamentos dirigidos a partir dos anos 90 favoreceu a generalização de conversão floresta-pastagem. O favorecimento das atividades de origem agrícola, sem considerar a baixa fertilidade dos solos e a necessidade do uso de fertilizantes, ocasionou um rápido esgotamento da capacidade de suporte dos solos (MELO et al., 2005)

De acordo com Santos (2011), a principal forma de uso da terra nas últimas décadas na Amazônia é a atividade pecuária. O índice de desmatamento na Amazônia causado pelo aumento da expansão da atividade pecuária, tem como resultado a mudança na paisagem por causa da conversão de florestas em pastagens (RIBEIRO et al., 2015).

Não entanto, aproximadamente 80% das pastagens no Cerrado estão parcialmente degradadas, que é refletido por sua baixa produtividade e sua baixa qualidade. A baixa

produtividade não só por causa da falta de fertilização, mas também por causa da degradação física do solo. A recuperação dessas áreas é fundamental para o meio ambiente por razões técnicas e econômicas. Para recuperar essas áreas é essencial melhorar a fertilidade do solo e manejar as pastagens de maneira correta (OLIVEIRA et al., 2005).

A queima das pastagens para estimular o rebrote após o inverno ou para controle da invasão de plantas daninhas é uma prática comum nas agriculturas familiares (BEHLING; PILLAR, 2007). Entretanto, quando é realizada com frequência, a queima da vegetação pode afetar, a médio e longo prazo, as propriedades químicas do solo, como a oxidação da MOS, reduzindo seu potencial produtivo (HERINGER; JACQUES, 2002; ROSSI, 2013).

A necessidade de alimentos para uma população crescente, muitas vezes ameaça os recursos naturais. As pessoas se esforçam para obter o máximo proveito do terreno já em produção ou experimenta no território virgem para novas terras agrícolas (FAO, 2005). Estudos indicam que a queima e desmatamento da vegetação nativa, seguida do cultivo do solo resultam em redução dos estoques de carbono do solo e aumento da emissão de gases de efeito estufa, para a atmosfera (FRANCHINI et al., 2007; SMITH et al., 2008). O uso combinado de fertilizantes químicos e materiais orgânicos tem sido recomendado como manejo alternativo, possibilitando a manutenção de alta produtividade, com sustentabilidade (LEITE et al., 2003).

O acréscimo dos níveis de MOS e o melhoramento da qualidade física do solo com a introdução das pastagens em áreas agrícolas com níveis adequados de fertilidade sugerem que o sistema de iLP tem potencial para reduzir o impacto ambiental, ao reduzir as emissões de GEE que conseqüentemente tem um aumento na estabilidade de produção das culturas anuais e melhora o aproveitamento da água e dos nutrientes (FRANCHINI et al., 2010).

Muitos fazendeiros estão-se convertendo em dependentes do uso de fertilizantes industriais, visto que muitas áreas de pastagens estão degradadas. Isto cria uma “demanda” de que o solo precisa de uma nutrição balanceada. Os métodos convencionais para a preparação do solo têm tido um impacto negativo em organismos e na própria estrutura natural mantida por eles. A agricultura intensiva tem acrescentado e acelerado o envelhecimento e a degradação do solo refletindo no decréscimo na produtividade do solo (HILLEL, 1991; DIAS JUNIOR, 2000).

Santana (2005) vem enfatizando a motivação por sistemas de cultivo que possam difundir conceitos que visem melhorar a qualidade do ambiente, buscando atender as necessidades atuais e futuras.

A conversão de áreas de floresta amazônica em pastagem procede em mudanças na quantidade e qualidade da biomassa aérea (Fearnside; Barbosa, 1998), nas características físicas

e químicas do solo (PEREIRA et al., 2000; MARKEWITZ et al., 2004) e na emissão de gases de efeito estufa durante as queimas da floresta e/ou das pastagens (FEARNSIDE, 2002). Com a introdução da pastagem os estoques de C no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação, e aumentar nos anos seguintes, até chegar a valores próximos ou superiores aos existentes antes da conversão (SALIMON et al., 2007).

Recentemente a proposta de inserir um sistema mais diversificado tem-se destacado: o sistema de integração lavoura, pecuária e floresta (iLPF). Nessa proposta está relacionado o componente arbóreo, ao qual têm sido atribuídas diversas funções, como sombreamento, quebra-vento, produção de madeira, fixação de nitrogênio (no caso de leguminosas), reciclagem de nutrientes, proteção do solo, aumento da biodiversidade, dentre outras. Na proposta da iLPF, o componente arbóreo é conduzido de forma a não comprometer o desenvolvimento das demais atividades, além de proporcionar uma fonte de madeira, recurso básico em uma propriedade agrícola (MOREIRA, 2014).

4.3.1 Estoques do Carbono

O estoque de C orgânico do solo (C-solo) são componentes do ciclo deste elemento no sistema solo-planta-atmosfera, sobretudo no que se refere à agricultura. Sistemas de manejo que adicionem resíduos vegetais e a retenção de C no solo se constituem em opções importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico e mitigação do aquecimento global (BAYER et al., 2006).

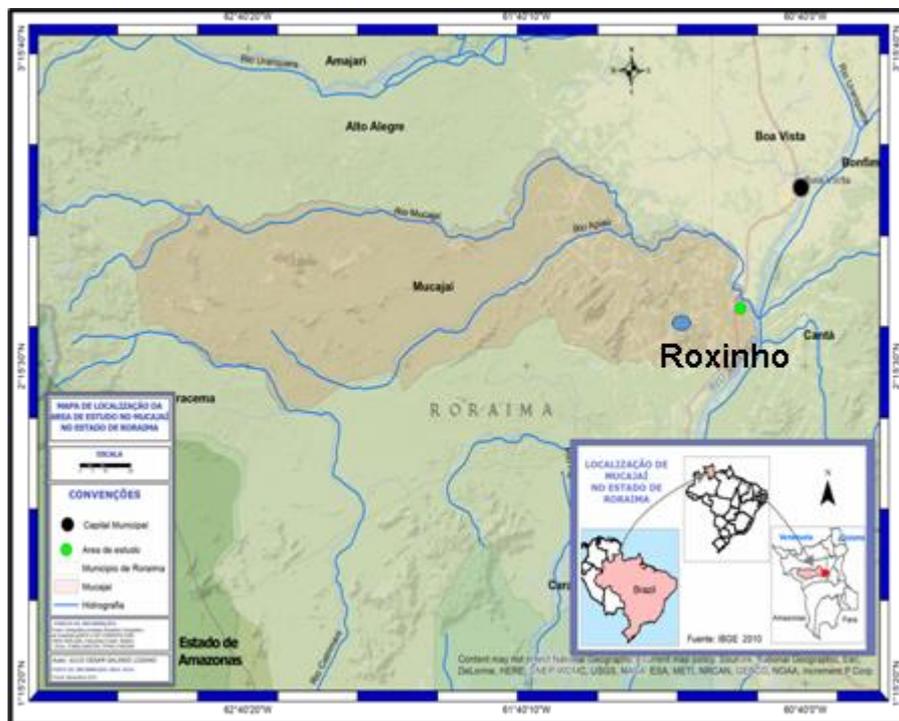
A emissão de C-CO₂ por causa da ação dos microrganismos heterotróficos que descompõem os resíduos orgânicos no solo, depende das condições de solo, sobretudo do conteúdo de MOS e da disponibilidade de resíduos vegetais, os quais se constituem nas principais fontes de C e têm influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (COSTA et al., 2008).

5 MATERIAL E METODOS

5.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado na fazenda São Paulo, em Mucajaí, localizada na região centro-sul do estado de Roraima (N 2° 17' 36.30" e W 61° 14' 50.39"), na comunidade do Roxinho.

Figura 1 - Localização da comunidade do Roxinho, sede da Fazenda São Paulo, Município de Mucajaí, centro-Sul de Roraima.



5.2 Caracterização da área de estudo

5.2.1 Geologia e Geomorfologia

A área de estudo está inserida no domínio litoestrutural do Cinturão Guiana, na porção central sul do estado de Roraima, cuja geologia é composta pela suíte intrusiva Serra da Prata Hiperstênio monzogranitos e subordinados hiperstênio monzonitos, hiperstênio granodio-ritos hiperstênios tonalitos, e hiperstênio gnaisses de composição similar e suíte

Sienoamonzogranitos, quartzomonzonitos e pela suíte intrusiva Mucajaí é composto por quartzosienitos, hornblenda-biotita, gnaisses monzograníticos e granodioríticos (CPRM, 1998).

A superfície da área é representada principalmente pela peneplanície dos rios Apiaú e Ajarani, onde se observa um relevo arrasado, com manutenção de pequenos morrotes, devido a diferenças litológicas e condicionamentos estruturais, sendo mais plana próximo e a jusante dos cursos de água (CPRM, 1998).

5.2.2 Solo

O solo predominante na área é: ARGISSOLO AMARELO Distrófico, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura variando de média argilosa cascalhenta; LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos e PLINTOSSOLOS PÉTRICOS a PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS Distróficos, GELISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS, ao longo dos Igarapés. (Tabela 1)

Tabela 1- Características químicas (valores médios) dos ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos

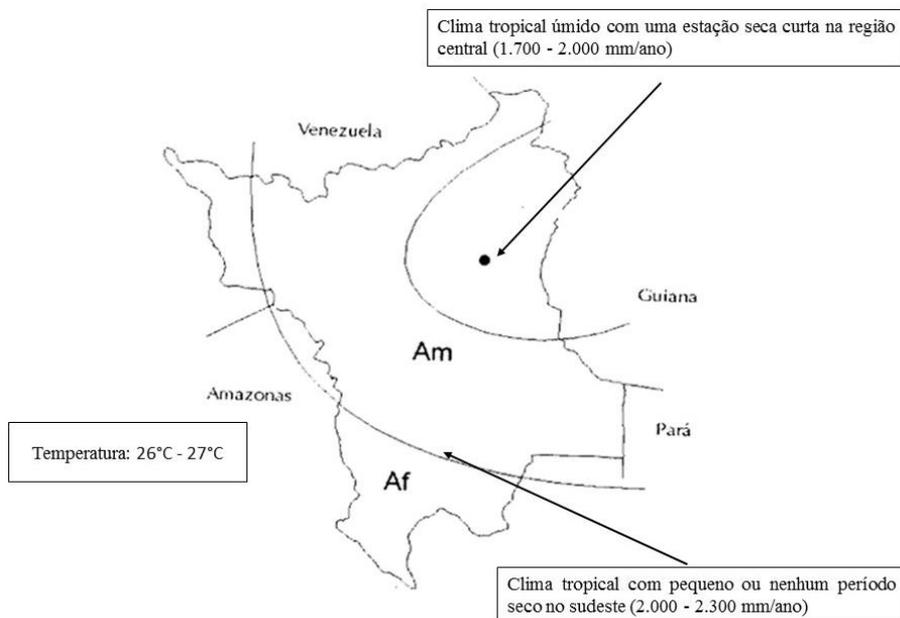
| Horizonte | | pH (H ₂ O) | (SB) | CTCt | V% | P | MOS % |
|-----------|------------|---|------|------|------|---|-------|
| Simb. | Prof. (cm) | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | |
| Ap | 0-20 | 4,3 | 0,45 | 3,9 | 12,2 | 0 | 2,5 |
| Bw | 20-60 | 4,6 | 0,06 | 2,09 | 3 | 0 | 1,1 |

SB: Somatória por Bases; CTCt: capacidade de troca de cátions total; V%: Saturação por bases; P: Fósforo disponível; MOS: matéria orgânica do solo (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

5.2.3 Clima

A região da área do estudo compreende um cenário bioclimático regional fortemente transicional na Amazônia. Na classificação de Köppen, o clima da porção mais sul é definido como Am' (chuva do tipo monção) e transicional para Aw na porção mais nordeste (verão úmido e inverno seco) (BARBOSA 1997). De acordo com os dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), obtidos na estação meteorológica em Caracaraí, a série histórica de 30 anos de precipitação média anual revela uma variação de precipitação anual de 1.300 a 2.350 mm, com média de 1.794 mm (Figura 2).

Figura 2- Características Climatológicas do Estado de Roraima



Fonte: BARBOSA, (1997).

5.2.4 Vegetação

Na área de estudo tem-se o contato floresta/ floresta estacional composto por floresta densa sub montanha e floresta semi decidual estacionais são desenvolvimentos de ambientes menos úmidos do que aqueles onde se desenvolve a floresta ombrófila densa (BRASIL, 1970). Em geral, são ambientes que transitam entre a zona floresta e o ambiente de savana, caracterizando-o como área de tensão ecológica (MELO et al., 2005).

5.3 Sistemas avaliados e o histórico do manejo do solo na Fazenda São Paulo

Antes dos sistemas serem implantados houve a derrubada com algumas queimas com a implantação de pastagem *humidicola*. No ano de 2009 implantou-se experimento em 58 ha, divididos em sistema de integração lavoura-pecuária floresta/iLPF em 15,6 ha (figura 3) sistema integração lavoura-pecuária /iLP em 8,5 há (figura 4) e pastejo rotacionado em 33,9 ha (figura 5). Mostrando a área total da fazenda (Figura 6).

5.3.1 Sistemas Implantados

- **Integração-lavoura pecuária**

Em 2009, em área próxima implantou-se o sistema de iLP também com pastagem em fase de degradação, utilizando *Brachiaria humidicola* e *B. brizantha*. Plantou-se arroz BRS Sertaneja e em 2010 e 2011 soja BRS Tracajá. Do mesmo modo realizou-se a destoca, gradagem e inclusão de doses de 1.500 kg/ha de calcário dolomítico, 50 kg de FTE BR 12 e 90 kg de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples. Além disso, utilizou-se como forrageira *Brachiaria brizantha* CV Marandu, consorciado com arroz no sistema. Adubou-se o arroz com 72 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples), 90 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio) e 90 kg/ha de N (úrea). Em 2010 a cultura da soja foi semeada no sistema de plantio direto, entre os dias 10 e 15 de maio. A semeadura da *B. brizantha* CV Marandu foi realizada na mesma operação de adubação da cobertura da cultura anual.

Em 2011 o plantio foi realizado de forma direta e novamente com soja. A adubação constou de 8,4 kg/ha de N, 96 kg de P_2O_5 e 48 kg/ha de K_2O (formulado 2N-24P-12K). Em cobertura foram aplicados 48 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio). A semeadura das plantas de cobertura na cultura da soja foi alterada com a introdução de *Panicum maximum* CV Tanzânia (Figura 3).

Figura 3 - Área do sistema de Integração lavoura-pecuária-floresta



- **Integração–lavoura pecuária floresta**

Nos sistemas iLPF as árvores foram plantadas no sentido NE-SW. Implantaram-se pastagem em fase de degradação (*Brachiaria humidicola*) e (*B. brizantha*). As árvores foram plantadas em 05 aleias espaçadas de 60 m, em arranjos diferentes em relação às espécies utilizadas. Cedro doce (*Bombacopsis quinata*); Teca (*Tectona grandis*); Taxi (*Sclerolobium paniculatum*); e Gliricídia (*Gliricidia sepium*). Os espaçamentos dentro das aleias foram de 3 m x 4 m e quando houve linhas externas de gliricídia, nas bordas da aleia, foram espaçadas de 1 m. Entre as aleias das árvores, com área de 5,93 ha foi plantado arroz em 2009 e soja em 2010 e 2011.

Durante os anos de 2009 e 2010 foi construída uma cerca em volta das aleias, com a finalidade de evitar a entrada de animais e danificação das árvores. Em 2009, os animais entraram no sistema no dia 15 de novembro, permanecendo até 30 de abril, totalizando (165 dias). Em 2010 a entrada ocorreu em 15 de dezembro e a saída em 06 de abril de 2011, totalizando (130 dias). Após este período as áreas de iLPF foram piqueteadas e não mais cultivadas com grãos, dando-se início ao período de pastejo contínuo. A entrada dos animais se deu na mesma data, a partir de 2011, onde os animais já tiveram acesso às aleias.

No primeiro ano de cultivo (2009), realizou-se a destoca, gradagem e incorporação de doses de 1.500 kg/ha de calcário dolomítico, 50 kg/ha de FTE BR 12 e 90 kg de P₂O₅, na forma de superfosfato simples. Semeou-se arroz, em sistema convencional entre os dias 10 e 15 de maio, e transplantou-se as árvores entre 5 e 10 de julho. A *Brachiaria brizantha* CV Marandu utilizou-se como forrageira, consorciado com arroz. Adubou-se o arroz com 72 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato simples), 90 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio) e 90 kg/ha de N (ureia). O feijão caupi (plantado nas entrelinhas das árvores) adubou-se com 18 kg P₂O₅ (superfosfato simples) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), somente no ano de 2009. Em 2010 a cultura da soja foi semeada no sistema de plantio direto, entre os dias 10 e 15 de maio.

A semeadura da *B. brizantha* CV Marandu foi realizada na mesma operação de adubação da cobertura da cultura anual. A adubação por muda de árvore foi de 300 g de P₂O₅ (superfosfato simples), 120 g de K₂O (cloreto de potássio) e 45 g de N (ureia), repetida em 2010 e 2011. Em 2011 o plantio foi realizado de forma direta e novamente com soja. A adubação constou de 8,4 kg/ha de N, 96 kg de P₂O₅ e 48 kg/ha de K₂O (formulado 2N-24P-12K). Em cobertura foram aplicados 48 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio). A semeadura das plantas de cobertura na cultura da soja foi alterada com a introdução de *Panicum maximum* CV Tanzânia (Figura 4).

Figura 4- Área do sistema de Integração lavoura-pecuária



- **Pastagem**

Na área de forrageira rotacionada não foi realizado qualquer tipo de correção ou prática de melhoria da fertilidade do solo, somente a limpeza do pasto com foice. A densidade de animais foi de 60 a 66 em 34 ha, divididos em 8 piquetes, rotacionando a cada 5 dias, num ciclo de 35 dias (Figura 3).

Figura 5 - Área de pastejo rotacionado



Fonte: Embrapa- Roraima.

Figura 6 -Distribuição das áreas pertencentes ao sistema, sendo: 1 – área de pastejo rotacionado, 2 – área de mata nativa, 3 – aleias de árvores dentro do sistema ILPF, 4 – corredores internos para o plantio de grãos e formação dos piquetes e 5 áreas sob sistema ILP.



Fonte: Embrapa- Roraima.

Foram coletadas amostras deformadas, para as profundidades de 0-100 cm, (Figura 7-a) as quais foram secas ao ar (Figura 7-b), destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), na qual foi realizada a caracterização química e análise granulométrica (EMBRAPA, 1997).

Figura 7 - Trincheira de um metro logo após coleta de solo.



(a)

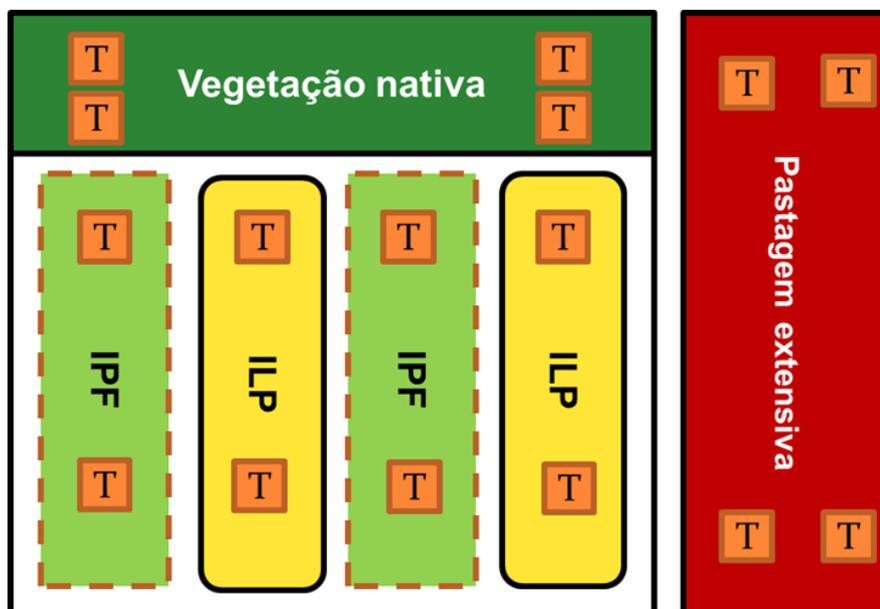


(b)

5.3.2 Delineamento estatístico e coletas das amostras

Em cada área foi demarcada uma gleba representativa de 2,25 ha (150 x 150 m), e em cada uma delas foram abertas quatro trincheiras de aproximadamente 1 x 1 m de superfície e 1 m de profundidade em posição aleatória. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com 24 tratamentos provenientes da associação entre 4 sistemas de produção e 6 diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com 4 repetições (Figura 8).

Figura 8 - Croqui ilustrativo do experimento indicando a disposição dos tratamentos e das trincheiras (T) para amostragem do solo.



5.4 Análises de laboratório

5.4.1 Análises físicas e químicas

Nos perfis abertos, coletaram-se amostras de solo com a utilização de enxadas e pás (Figura 9), as quais foram acondicionadas em sacolas plásticas, preservadas do sol. Cada horizonte descrito e preparando a TFSA para as análises de rotina. Pesou-se 10g de TFSA em copo descartável de 50 ml ou tubo de centrífuga. Colocou-se 25 ml de água destilada, para depois

agitar a mistura com bastão e deixar em repouso por uma hora. No final, agitar novamente com bastão de vidro e efetuar a leitura do pH no aparelho calibrado. O fósforo foi extraído com solução extratora Mehlich-1, e determinado em espectrofotômetro de adsorção molecular. Potássio e sódio foram extraídos com solução extratora Mehlich-1, e determinados em espectrofotômetro de emissão em chama. Cálcio e magnésio foram extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹ e determinados em espectrofotômetro de adsorção atômica. Alumínio trocável foi extraído com KCl 1,0 mol L⁻¹ e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ na presença de indicador azul de bromotimol. H + Al foi extraído com acetado de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e determinado por titulação com NaOH na presença de indicador fenolftaleína.

A partir dos resultados obtidos pela análise do complexo sortivo, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica total (CTCt) e efetiva (t), a saturação por bases (%V) e a saturação por Al (%m), conforme a EMBRAPA (1997).

A análise granulométrica dos solos para a quantificação das frações de areia grossa e areia fina foi realizada por meio de peneiramento, enquanto pelo método da pipeta foi separado o silte da argila, sendo a dispersão do solo promovida por agitação em coqueteleira em meio alcalino (EMBRAPA, 1997), porém sem proceder a destruição prévia da matéria orgânica.

Figura 9 – Coleta de amostras de solo.



5.4.1.1 Carbono orgânico total

A determinação do Carbono Orgânico Total (COT) foi feita usando o método de dicromatometria com uso de fonte externa de calor, adaptado de Yeomans e Bremner (1988) por Mendonça e Matos (2005) como se segue. Foi utilizado TFSA (terra fina seca ao ar) moída em almofariz e passada em peneira 0,2 mm (60 mesh). Foram pesados aproximadamente 0,5 g de solo e anotados os pesos para uso nas fórmulas.

O solo pesado foi colocado em tubo de digestão, adicionado 5 mL de solução $K_2Cr_2O_7$ $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ com ajuda de uma pipeta volumétrica; em seguida foi acrescentado 7,5 ml de H_2SO_4 concentrado. Os tubos foram aquecidos na chapa, com aumento progressivo da temperatura até 170°C e mantidos nesta temperatura por 30 minutos para, em seguida, esfriar. O conteúdo de cada tubo foi transferido quantitativamente para erlenmeyer de 125 ml, utilizando água destilada suficiente para um volume final de cerca de 80 ml. Novamente a solução foi deixada esfriar até a temperatura ambiente, e então adicionado 0,3 mL da solução indicadora ferroin e foi titulada com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal $0,2 \text{ molL}^{-1}$. O ponto de viragem da titulação foi nítido, passando de verde para castanho avermelhado.

Nas mesmas condições foram feitos 4 brancos controles por chapa com 5,0 mL de $K_2Cr_2O_7$ $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 7,5 ml de H_2SO_4 concentrado). Dois destes brancos foram levados para a chapa e os outros dois permaneceram sem aquecimento, em temperatura ambiente. Estes controles brancos foram utilizados para o cálculo do teor de COT. A solução indicadora utilizada foi de Ferroin, com 1,485 g de fenantrolina e 0,695 g de $FeSO_4$ para cada 100 mL de água destilada. A quantidade de carbono orgânico foi calculada com base no volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra (V), do branco aquecido (Vba) e do branco não aquecido (Vbn), conforme a equação:

$$A = [(Vba - Vam)(Vbn - Vba)/Vbn] + (Vba - Vam) \text{ em que:}$$

Vba = volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento; Vbn = volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento; Vam = volume gasto na titulação da amostra. $COT \text{ (dag kg}^{-1}\text{)} = [(A) \text{ (molaridade sulfato ferroso amoniacal)} (3) (100)] / \text{peso da amostra (mg)}$ em que: 3 = resultado da relação entre o número de mols de Cr_2O_7 que reage com Fe^{2+} (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr_2O_7 que reage com o $^\circ\text{C}$ (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12); 100 = fator de conversão de unidade ($\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ para dag kg^{-1})

A padronização da solução de sulfato ferroso amoniacal foi realizada pipetando-se 10 ml da solução padrão de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ em erlenmeyer de 125 ml, onde foram adicionados 50 ml de água destilada e 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida foi agitada manualmente e deixada esfriar. Adicionou-se 3 gotas do indicador ferroin e foi titulada com solução ferrosa amoniacal. A concentração do sulfato ferroso amoniacal foi dada por:

$$\text{Conc} = [(10) \times (0,167) \times 6] / \text{volume gasto (ml)}.$$

As determinações do cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), e alumínio trocável; fósforo disponível (Pdis); hidrogênio + alumínio trocáveis (acidez total); o pH; e na análise granulométrica foi usado o método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

5.4.1.2 Fracionamento granulométrico da MOS

Foram pesados 20 g de TFSA, adicionados 60 ml de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}) e em seguida agitados durante 15 horas em agitador horizontal (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992). Depois de agitada, a suspensão foi passada em peneira de $53 \mu\text{m}$ com auxílio de jato de água, com o objetivo de remover toda a argila e silte. O material retido na peneira, que consiste da matéria orgânica particulada (MOP) associada à fração areia, foi seco em estufa a 60°C , sendo posteriormente quantificada a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono orgânico total (COT).

$$\text{Teor de C da MOP corrigido (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{C da MOP (g kg}^{-1}\text{)} \times \text{MOP no solo (g kg}^{-1}\text{)}}{1000}$$

5.4.1.3 Matéria orgânica leve em água

Foram pesados 50 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e acondicionados em becker de 250 ml, adicionando-se 100 ml de solução de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, deixando-se em repouso por 16 horas. Decorrido o tempo, a suspensão foi agitada com bastão de vidro e todo o material passado por peneira de $0,25 \text{ mm}$, eliminando-se toda a fração de argila e silte (ANDERSON; INGRAM, 1989). Posteriormente, o material retido na peneira (MOL e areia) foi transferido quantitativamente para o Becker, completando-se o volume com água. Todo o material flutuante foi passado por peneira de $0,25 \text{ mm}$, tomando-se cuidado para separar a MOL da fração areia. Em seguida, foi adicionado novamente água ao becker, agitando-se manualmente

para ressuspender a MOL restante e verter o material vagarosamente em peneira de 0,25 mm. Essa operação foi repetida até que todo o material que flutuou com a agitação em água foi removido. O material que ficou retido na peneira (MOL) foi transferido para recipientes de alumínio (previamente pesados em balança de precisão 0,0001 g), levado a estufa a 65 °C até atingir peso constante (72 horas), sendo pesado todo o conjunto. Com os dados de peso da MOL e dos teores de carbono, procedeu-se para cada elemento uma correção como segue abaixo:

$$\text{Teor de C da MOL corrigido (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{C da MOL (g kg}^{-1}\text{)} \times \text{MOL no solo (g kg}^{-1}\text{)}}{1000}$$

5.4.2 Fracionamento do carbono oxidável

A metodologia das frações oxidáveis de carbono foi adaptada por Chan et al. (2001), que, de certa forma, fizeram uma mudança no método antigo de determinação do carbono desenvolvido por Walkley e Black (1934). No antigo método, o C era verificado pelo uso de uma única concentração de ácido sulfúrico (12 mol L⁻¹) e, com a mudança sugerida por Chan et al. (2001), foi admissível separar quatro frações com graus decrescentes de oxidação, por meio da utilização de quantidades crescentes de ácido sulfúrico, sendo chamadas de frações F1, F2, F3 e F4, retribuindo, respectivamente, às concentrações de 3, 6, 9 e 12 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico.

A disponibilidade de nutrientes e macroagregados está relacionada com as frações F1 e F2 (BLAIR et al., 1995; CHAN et al., 2001), significando que a fração F1 é a mais lábil no solo (LOSS et al., 2009; BARRETO et al., 2011) e altamente associada com a fração leve livre da MOS (MAIA et al., 2007). Os compostos de maior estabilidade química e massa molar, oriundos da decomposição e humificação da MOS, estão relacionados com as frações F3 e F4 (STEVENSON, 1994; RANGEL et al., 2008). A fração F4 é o chamado “osso”, é a mais persistente no solo, sendo denominada de “compartimento passivo” nos padrões de simulação da MOS, com período de reciclagem de até 2.000 anos (CHAN et al., 2001). Estes procedimentos foram realizados com auxílio do Laboratório de Solos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Figura 10).

Figura 10- Análises realizadas no laboratório dos solos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



5.4.4 Fracionamento químico da MOS

As substâncias húmicas (ácidos húmicos - FAH, ácidos fúlvicos - FAF e húmina) foram identificadas segundo a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996), conforme técnica adaptada e apresentada por Benites et al. (2003).

Pesou-se uma massa de solo igual a 1,0 g, submetendo-se ao contato com 20 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 24 horas. A separação entre o extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e o resíduo foi realizada por centrifugação a 5000 rpm (2.940 g) por 30 minutos. Realizou-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntou-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 ml. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionado em placa de petri e seco a 65 °C (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 (±0,1) com H₂SO₄ 20 %, seguido de decantação por 18 horas em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 ml, com água destilada. A quantificação do carbono orgânico nas frações FAF e FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 ml de extrato, 1,0 ml de dicromato de potássio 0,042 mol L⁻¹ e 5,0 ml de H₂SO₄ concentrado, em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹. No resíduo seco em estufa (HUM) foi determinado o carbono orgânico adicionando-se 5,0 ml de dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹ e 10,0 ml de H₂SO₄ concentrado em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulado com sulfato

ferroso amoniacal $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador Ferroin (YEOMANS; BREMNER, 1988). Quantificaram-se os teores de carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (AF), fração ácidos húmicos (AH) e humina (HUM). Vale ressaltar que foram feitas análises de correlações entre as variáveis analisadas de AH, AF e Humina, e não foi constatada nenhuma correlação significativa. Desta forma, pode-se inferir que as áreas avaliadas não interferiram nas demais análises realizadas.

5.4.5 Calculo de Estoques de Carbono

Os cálculos de C nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm foram feitos utilizando a mesma massa do solo do perfil nos diferentes sistemas de manejo. Este ajuste de massa do solo foi feito utilizando-se os resultados de densidades do solo observado. Em cada área foi realizado segundo o procedimento estabelecido por Ellert; Bettany (1995), que visa fazer a comparação com maior rigor científico.

Esta correção foi expressa matematicamente por Sisti et al. (2004) pela fórmula matemática:

$$C_s = \sum_{i=0}^{n-1} C_{ti} + \left[M_{tn} - \left(\sum_{i=0}^n M_{ti} - \sum_{i=0}^n M_{si} \right) \right] * C_{ti}$$

C_s = estoque de C total, corrigido em função da massa de solo de uma área de referência

$\sum_{i=0}^{n-1} C_{ti}$ = somatório dos estoques de C do solo da primeira à penúltima camada amostrada, no tratamento considerado ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

M_{tn} = massa do solo da última camada amostrada no tratamento ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

$\sum_{i=0}^n M_{ti}$ = Somatório da massa total do solo amostrado sob o tratamento ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

$\sum_{i=0}^n M_{si}$ = somatório da massa total do solo amostrado na área de referência ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

C_{tn} = teor de C do solo na última camada amostrada ($\text{Mg C} \cdot \text{Mg}^{-1}$ de solo)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização físico-química

Os resultados da granulometria revelaram que são solos de textura média a argilosa, com os valores de argila aumentando em profundidade, apresentando relação textural (B/A) acima de 1,8 (Tabela 2). A fração silte expressou valores muito baixos, seguido da areia, resultando numa relação silte/argila baixo, considerado não diagnóstico para solos bastante intemperizados, cujos valores são iguais ou superiores a 0,7 (EMBRAPA, 2013).

Tabela 2- Granulometria do solo em área de floresta natural e áreas convertidas em diferentes sistemas de manejo.

| Profundidade (cm) | Tratamentos | Argila | Silte g kg ⁻¹ | Areia | R/T | Silte/Argila |
|----------------------|-------------|--------|-----------------------------|-------|-----|--------------|
| 0 - 10 | PAST | 270 | 176 | 554 | - | 0,65 |
| | FN | 181 | 141 | 678 | 1,8 | 0,78 |
| | iLP | 240 | 154 | 476 | - | 0,64 |
| | iLPF | 248 | 215 | 536 | - | 0,87 |
| 10 - 20 | PAST | 372 | 128 | 500 | - | 0,34 |
| | FN | 289 | 137 | 574 | - | 0,47 |
| | iLP | 291 | 232 | 476 | - | 0,8 |
| | iLPF | 321 | 215 | 494 | - | 0,67 |
| 20 - 40 | PAST | 402 | 109 | 488 | - | 0,27 |
| | FN | 354 | 221 | 425 | - | 0,62 |
| | iLP | 376 | 233 | 391 | - | 0,62 |
| | iLPF | 385 | 151 | 463 | - | 0,39 |
| 40 - 60 | PAST | 462 | 88 | 450 | - | 0,19 |
| | FN | 435 | 96 | 469 | - | 0,22 |
| | iLP | 329 | 206 | 464 | - | 0,63 |
| | iLPF | 426 | 109 | 465 | - | 0,26 |
| 60 - 80 | PAST | 359 | 104 | 537 | - | 0,29 |
| | FN | 453 | 90 | 442 | - | 0,2 |
| | iLP | 441 | 147 | 412 | - | 0,33 |
| | iLPF | 425 | 124 | 451 | - | 0,29 |
| 80 - 100 | PAST | 507 | 99 | 395 | - | 0,2 |
| | FN | 495 | 152 | 353 | - | 0,31 |
| | iLP | 447 | 131 | 422 | - | 0,29 |
| | iLPF | 407 | 204 | 389 | - | 0,5 |

Observações: A relação textural (B/A) calculada pela divisão do teor médio (média aritmética) de argila total do B (excluído o BC) pelos teores médios de Ap. Classe textural segundo EMBRAPA (2013).

Estes resultados estão de acordo com as condições geomorfo-pedológica da região, pois a área do estudo está inserida no domínio de rochas do Embasamento Cristalino, especialmente Granito/Gnaiss, posicionada em relevo suave ondulado a ondulado, sob Floresta Estacional Semi decidual. Nestas condições e baseado nos resultados físico-químicos, o solo estudado foi classificado em ARGISSOLO AMARELO Distrófico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS (EMBRAPA, 2013).

Quanto às condições químicas, trata-se de solos com elevado oligotrofismo, onde os principais indicadores de fertilidade, como pH, soma de base (SB), saturação em bases (% V), saturação por alumínio (% m) e MOS apresentaram valores de médios a baixos. Os elevados valores para %V e baixos para %m, em especial em superfície, podem estar associados ao uso de corretivos e adubos periódicos, por se tratarem de áreas manejadas há sete anos. Considerando esses valores, em especial o pH, de todos os ambientes e profundidades analisadas é possível constatar que esses solos apresentam forte limitação agrônômica, características semelhantes a muitos trabalhos realizados com solos em Roraima (MELO et al 2004; BENEDETTI et al 2007; VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

Os solos em Roraima têm como características marcantes a baixa fertilidade natural, elevada saturação por alumínio e baixa saturação por bases, porém, apresentam boas características morfológicas e físicas, que quando bem manejados, no que diz respeito a sua fertilidade, podem ter bons índices de produção agrícola (VALE JÚNIOR, 2005).

Apesar do material de origem (Granito/Gnaiss) apresentar elevado potencial para formar solos de melhor qualidade química, os fatores como as condições de elevadas precipitações e relevo suave ondulado a ondulado, favorecem significativas perdas por lixiviação. A análise de Variância dos dados do experimento mostrou diferenças altamente significativas pelo teste de F entre os valores de Alumínio trocável, Sódio e Potássio na interação entre os ambientes e as profundidades.

Com valores de pH em água variando entre 4,6 a 5,8, podemos considerar que estes solos são de reação moderadamente ácida (RAIJ, 1983). As camadas mais superficiais apresentam os valores mais altos para esta variável já que estão próximos aos conteúdos de Carbono, Cálcio e Magnésio, quando nos referimos às áreas convertidas de um sistema para outro (ARAÚJO, 2004).

Os valores do pH do solo nas profundidades de 0-10 cm nos ambientes de (PAST), Integração lavoura-pecuária (iLP) e Integração lavoura-pecuária floresta (iLPF), não mostraram variação estatística entre si, no entanto diferiram estatisticamente da Floresta Natural (FN), que mostrou o valor mais baixo de pH nesta profundidade. Nas profundidades seguintes o ambiente

de FN manteve valores estáveis e sem variações, proporcionando valores médios de 4,5 e 5, nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm. Estes resultados corroboram que o ambiente de FN se encontra em um clímax por seu alto conteúdo de vegetação o qual proporciona estabilidade no sistema (CIOTTA et al., 2003). O maior valor encontrado para esta variável foi na profundidade de 0-10 cm, no ambiente do iLPF que pode ser relacionado a contribuição de corretivos ao solo com a intenção de acrescentar produção das pastagens neste ambiente.

Na profundidade de 20-40 cm, no pH observou-se que somente os ambientes de pastagem, iLP e iLPF que foram maiores, em comparação com a FN. Isso pode significar que os solos sob floresta natural comumente apresentam baixos valores de pH, uma vez que ocorre a mineralização orgânica e os partículas derivadas de hifas, liberadas pelas plantas que colaboram na acidez do solo (BARRETO et al., 2006) (Tabela 3).

Conforme pode ser observado o ambiente FN apresentou os maiores valores e grande variação para acidez potencial nos primeiros 20 cm do solo, embora na profundidade de 0-10 cm mostrou uma alta diferença no ambiente de iLPF com $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Para as profundidades de 10-20 cm e de 20-40 cm respectivamente, mostrou que manteve os valores e pouco variação. O valor maior na profundidade de 10-20 cm foi de $3,8 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ sempre no ambiente de FN e $3,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na profundidade de 20-40 cm.

Os valores de acidez potencial encontrados confirmam com os valores de pH em cada um dos ambientes estudados, concordante com os baixos valores de base trocáveis. É conveniente e notável que a conversão de ambientes naturais para pastagem ou ligado com sistemas expostos, influenciaram positivamente os ambientes convertidos. Principalmente nas profundidades de 20 cm. Essas concentrações podem ser esclarecidas a sua associação com a aplicação de corretivos e fertilizantes durante os processos de preparo do solo (ALMEIDA et al., 2005).

Os solos sob Floresta Natural apresentaram maior acidez potencial do que nas áreas de pastagens, iLP e iLPF, possivelmente pelo efeito decomposição mais lento da matéria orgânica, a qual mantém o clímax e ciclagem mais balanceados. No processo de mudanças antropogênica da floresta são disponibilizados para o solo e atmosfera quantidades consideráveis de C e nutrientes originários da queima da biomassa acima e abaixo do solo (MARKEWITZ et al., 2004). Na (PAST) houve maior valor na profundidade de 0-10 cm pode ser devido a função da adição de fertilizantes fosfatados e calcários fazendo com que aconteçam incrementos nos valores de pH.

Tabela 3 - Caracterização química dos solos sob Pastagem (PAST), Floresta Natural (F.N), Integração lavoura-pecuária (iLP) e Integração lavoura-pecuária (iLPF) com sete anos de implantação em três profundidades.

| AREA | pH em H ₂ O | P mg dm ⁻³ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | (H+Al) | CTC total | CTC efe | S.B | V% | m% |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|--------|-----------|---------|-----|------|-------|
| -----cmolc/dm ³ ----- | | | | | | | | | | | | | |
| 0 - 10 cm | | | | | | | | | | | | | |
| PAST | 5,7 a | 3 b | 0,15 a | 1,4 a | 1,23 a | 0,13 a | 0,17 b | 2,2 c | 5,3 | 3,3 | 3,1 | 58,0 | 5,5 |
| F.N | 4,6 b | 3 b | 0,19 a | 0,8 b | 0,21 b | 0,12 a | 0,68 a | 3 bc | 4,3 | 1,5 | 1,3 | 34,0 | 12,6 |
| iLP | 5,5 a | 10 a | 0,25 a | 1,5 a | 0,71 b | 0,15 a | 0,18 a | 3,7 ab | 6,3 | 2,8 | 2,6 | 41,0 | 8,1 |
| iLPF | 5,8 a | 10 a | 0,24 b | 1,5 a | 0,47 b | 0,13 a | 0,18 a | 4 a | 6,4 | 2,4 | 2,4 | 37,5 | 1,7 |
| 10 -20 cm | | | | | | | | | | | | | |
| PAST | 5,7 a | 2 a | 0,18 a | 0,9 a | 0,83 a | 0,10 a | 0,36 ab | 1,2 b | 3,2 | 2,3 | 2,1 | 64,6 | 11,2 |
| F.N | 4,6 b | 2 a | 0,21 a | 0,5 a | 0,44 a | 0,15 a | 0,56 a | 3,8 a | 5,1 | 1,9 | 1,3 | 25,7 | 30,1 |
| iLP | 5,4 a | 4 a | 0,23 a | 1,4 a | 0,20 a | 0,16 a | 0,15 bc | 2,9 a | 4,9 | 2,2 | 2,0 | 41,0 | 6,8 |
| iLPF | 5,7 a | 4 a | 0,11 b | 1,3 a | 0,36 a | 0,08 a | 0,06 c | 1,9 b | 3,7 | 1,9 | 1,8 | 48,0 | 3,2 |
| 20 -40 cm | | | | | | | | | | | | | |
| PAST | 5,7 a | 2 a | 0,11 b | 0,9 a | 0,48 a | 0,11 a | 0,23 b | 1,3 c | 2,9 | 1,9 | 1,6 | 55,0 | 12,4 |
| F.N | 4,8 a | 2 a | 0,19 a | 1,0 a | 0,16 a | 0,15 a | 0,67 a | 2,9 ab | 4,4 | 2,2 | 1,6 | 35,3 | 30,0 |
| iLP | 5,3 a | 3 a | 0,23 a | 1,3 a | 0,16 a | 0,16 a | 0,23 b | 3 a | 4,8 | 2,0 | 1,8 | 37,0 | 11,3 |
| iLPF | 5,5 a | 1 a | 0,12 b | 0,7 b | 0,51 a | 0,09 a | 0,31 b | 1,9 bc | 3,3 | 1,7 | 1,4 | 41,0 | 18,45 |
| C.V % | 9,07 | 34,51 | 21,2 | 33,53 | 61,41 | 22 | 70 | 18,29 | | | | | |

Onde: P: Fósforo disponível; K⁺: Potássio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; Mg²⁺: Magnésio trocável; Na⁺: Sódio; Al³⁺: Alumínio trocável; (H+Al): Hidrogênio + Alumínio trocáveis; CTC total: capacidade de troca catiônica total; CTC efe: capacidade de troca catiônica efetiva; SB: somatória de bases; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio. Médias seguidas de mesma letra na coluna de cada profundidade não diferem pelo teste de Tukey à 5 %.

De acordo com um estudo recente onde foram avaliadas as características químicas de um ARGISSOLO AMARELO no ambiente de savana natural, no município do Cantá-RR, Vale Junior e Shaeffer (2010) alcançaram resultados parecidos aos determinados nesta pesquisa para acidez potencial nos primeiros 60 cm de solo. Mostrando que os solos desta classe inseridos no ambiente de savana natural tendem a exibir grande igualdade nesta variável.

Embora existam trabalhos que confrontam resultados onde a acidez potencial não foi maior na camada superficial na área sob FN em relação aos ambientes convertidos (MATIAS, 2003), ele observou maiores concentrações de (H+Al) para solo sob pastagem, mas os resultados que ele obteve possivelmente se devem ao tempo de implantação do pastejo. A conservação de resíduos vegetais na superfície, a rotação de culturas e o mínimo revolvimento do solo aumentam principalmente os atributos químicos e físicos do solo. Entretanto, não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observados os resultados (SIX et al., 2002).

Os teores de Al^{3+} mostraram diferença significativa no ambiente de FN em todas as profundidades pesquisadas. Porém, apesar de não ser constatada diferença, o solo sob ILPF mostrou um acréscimo deste valor com o aumento em profundidade. De maneira geral, não se encontraram valores maiores deste atributo em todas as profundidades. Também é importante notar que o uso adequado de calagem e a redução de adubos minerais em pastagem ou sistemas agrícolas podem mostrar baixo índice de alumínio no solo.

Os valores médios de bases trocáveis estão representados na tabela 3 onde se evidenciou a elevação dos ambientes convertidos sobre o ambiente natural, especialmente na profundidade de 0- 10 cm. Os teores de Ca^{+2} em todos os ambientes mostraram redução conforme o aumento de profundidades. Os níveis estudados na profundidade de 0-10 variaram de 0,8 $cmol_c/dm^3$ a 1,5 $cmol_c/dm^3$ de Ca^{+2} sendo estes valores enquadrados como baixo a muito baixo, segundo a classificação proposta por Araújo et al. (2011).

O ambiente de FN mostrou o menor valor de Ca^{+2} quando foi analisada na profundidade de 0-10 cm com um valor de 0,8 $cmol_c/dm^3$. Já o maior valor foi observado no ambiente transformado para iLPF obtendo um valor de 1,5 $cmol_c/dm^3$. Logo no ambiente de pastagem e iLP apresentaram níveis bastante semelhantes de Ca^{+2} . As mudanças de Ca^{+2} ao longo do perfil do solo nestes dois ambientes foi mais pronunciada no iLP que inclusive obteve o valor mais alto na profundidade de 20-40 cm com um valor de 1,3 $cmol_c/dm^3$. A baixa variação de Ca^{+2} em FN pode ser atribuída pela presença de matéria orgânica leve a qual absorve o cálcio pelos organismos ou plantas, prevenindo sua perda ao longo do perfil do solo, o que também

corroborar o comportamento de baixa mobilidade deste cátion no perfil do solo (MELO et al., 2004).

Nestes solos a baixa CTC é causada pela predominância de argilas de baixa atividade, ligada ao baixo teor de carbono orgânico (SOUZA; MELO, 2003). Pelo fato de serem solos muitos intemperizados, onde a atividade, sobretudo dos agentes químicos e biológicos, vem atuando lentamente a milhares de anos adicionando o intemperismo e, por conseguinte, perdendo bases trocáveis, o que tem como consequência um solo ácido (VENDRAME, 2011).

Silva e Resck (2002) analisaram que a capacidade de troca catiônica dos solos de savana é de 75% a 85%. Se esta redução de estoques de carbono, causada pelas queimas e derrubadas de vegetação continuar, seria extremamente prejudicial para o conteúdo de matéria orgânica no solo. Já que a matéria orgânica do solo junto com a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio constituem as superfícies de cargas negativas dos solos de cerrado. Estudos pedológicos, alcançados no estado de Roraima (SCHAEFER, 1991; 1994; 1997; VALE JUNIOR, 2000; 2003; 2005; MELO, 2005; BENEDETTI, 2007), mostraram na região de savana, distintas categorias de solo, incluindo desde solos com alto grau de evolução até solos inferiormente evoluídos.

Os teores de P disponível e C orgânico foram baixos e concentram-se principalmente nos primeiros centímetros da superfície (0-10 cm). Araújo et al., (2011) encontraram que isso pode sugerir que os maiores valores de somas de bases (SB) e P disponível são resultado ao processo de ciclagem de nutrientes beneficiados pela serapilheira e raízes. Esse fato é corroborado pela correlação positiva e significativa encontrada entre o C e SB ($r = 0,76$, $p < 0,05$, $n = 20$) e C e P ($r = 0,80$, $p < 0,05$, $n = 20$). Isso sugere que a MOS é a principal variável que controla os teores de P e bases trocáveis nesses ecossistemas. Destaca-se o teor mais alto de P no ambiente iLP e iLPF de 10 mg dm^{-3} .

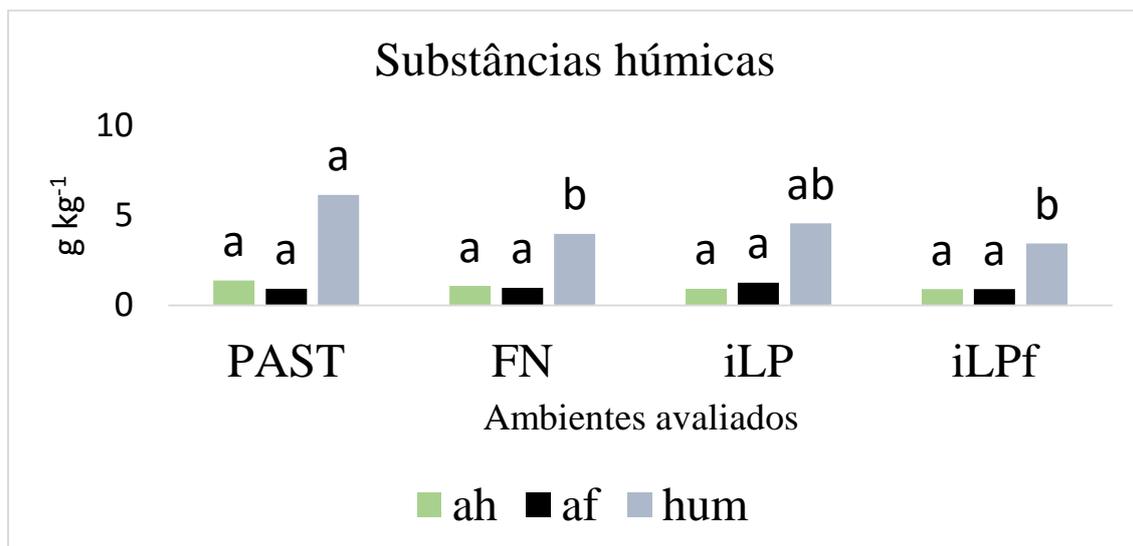
6.2 Caracterização da MOS

Quanto ao carbono contido nas substâncias húmicas, mudou de $0,29$ a $0,62 \text{ g kg}^{-1}$, sendo maior na área da PAST na profundidade de 0-20 cm. De maneira geral, a maior parte do C das frações húmicas se encontra alocada na fração húmina, considerada a mais recalitrante e com maior interação com a matriz mineral coloidal do solo (ARAÚJO, et al., 2011). Vale ressaltar que foram feitas análises de correlações entre as variáveis analisadas de AH, AF e Humina, e não foi constatada nenhuma correlação significativa. Desta forma, pode-se inferir que as áreas avaliadas não interferiram nas demais análises realizadas.

Observa-se que para a profundidade analisada de 0-20 cm, a área de PAST apresentou os maiores teores HUM que as áreas iLP e iLPF, e inferiores em relação a de FN. Estes resultados demonstram que, com o decorrer do tempo de adoção do iLPF, pode-se aumentar os valores do estoque de carbono da fração humina, sendo que maiores valores de carbono na HUM, na maioria das vezes, implicam em maior expressão das propriedades da fração coloidal da matéria orgânica, tais como: retenção de água, melhoramento na agregação do solo e maior retenção de cátions; atributos de grande importância quando se trata de sistemas sustentáveis de produção (SOUZA; MELO, 2003).

A razão de ter maior quantidade de humina em área de floresta do que nas áreas de pastagem se atribui ao aumento no conteúdo de folhas, ramos e galhos, que são de difícil decomposição (MOREIRA; COSTA, 2004). É válido destacar que a pastagem é um sistema aberto e a relação C/N. Também tem maior teor de matéria orgânica diluída ou substâncias húmicas que são de rápida digestão. Por outro lado, a folha é a estrutura mais facilmente decomponível e predominante na serapilheira. A pastagem tem uma alta produção de raízes que é a principal fonte de C no solo e é um material mais recalcitrante que a folha (ARAÚJO et al., 2011). (Figura 11).

Figura 11- Carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo na profundidade 0 – 20 cm na floresta estacional semi decidual Roraimense.



PAST: Pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: Integração lavoura-pecuária; iLPF: Integração lavoura-pecuária floresta ah: Ácidos húmicos; AF: Ácidos fulvicos Hum: Humina

A relação AF/AH só apresentou diferença entre as áreas de estudo na profundidade de 0-10 cm, sendo observado o menor valor dessa relação na área de pastagem e FN, constatando-se a diminuição do valor desta relação em função do tempo de implantação dos sistemas. A relação AF/AH foi usada por Kononova (1982) como um indicador da qualidade do húmus, já que expressa o grau de desenvolvimento do processo de humificação da matéria orgânica. Em solos tropicais, normalmente, esta razão é inferior devido à menor intensidade do processo de humificação, condensação e síntese e se atribuem à intensa mineralização dos resíduos e ao baixo teor de bases trocáveis nos solos mais intemperizados (CANELLAS et al., 2002). A área de pastagem apresentou maior relação AH/AF na camada do solo com 1,49 e a iLP de 0,73 o que, segundo alguns autores (EBELING et al., 2004; GIÁCOMO et al., 2008), distingue material de qualidade ótima que permitiria o estabelecimento de atributos físicos e químicos adequados ao desenvolvimento de plantas. Já em relação às áreas de pastagem, observa-se uma intenção de redução da relação AH/AF em função do tempo de implantação. Isso indica que, nestas áreas, há predomínio de ácidos húmicos em relação aos ácidos fúlvicos, proporcionando um material orgânico mais estável (CANELLAS et al., 2003).

Em distintos estudos em solos tropicais também se notou superioridade do carbono da fração húmina em relação às outras frações (ASSIS et al., 2006; ROSSI et al., 2012). Os altos valores de carbono da Hum podem estar relacionados à dimensão das moléculas e ao maior grau de estabilidade desta fração (FONTANA et al., 2006). Segundo Fontana et al. (2006), as AF e AH, por apresentarem menor estabilidade, podem ser infiltradas para camadas mais profundas, serem mineralizadas e reduzir seu teor residual no solo.

A relação HUM/ (AF+AH) tem sido sugerida como indicadora da estabilidade estrutural da MOS, ou seja, quanto mais alto o valor melhor estabilidade (CUNHA et al., 2005). Alguns trabalhos indicam que os solos de FN possuem valores mais elevados da relação HUM/(FAF+FAH) que os ecossistemas de pastagem, com valores mais destacados a partir dos 5 cm da superfície (ARAUJO et al., 2011). Embora os resultados médios tenham dado valor mais alto para o sistema de pastagem, os outros sistemas tiveram medias similares mostrando que esses sistemas implantados indicam que a matéria orgânica proveniente de ecossistemas de floresta natural e as etapas do processo de humificação realizam-se lentamente, o que resulta na maior proporção de frações mais recalcitrantes (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados médios das frações de substâncias húmicas dos solos sob os sistemas de manejo em relação com a Floresta estacional semi decidual de Roraima.

| AREA | AH | AF | HUM | AH/AF | HUM/AF+AH | COT | COP | Coam |
|-------------------------------|--------|--------|---------|-------|-----------|--------|-------|-------|
| -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | |
| 0 - 20 cm | | | | | | | | |
| PAST | 1,38 a | 0,92 a | 6,14 a | 1,49 | 2,67 | 10,8 a | 2,8 a | 8,9 a |
| FN | 1,07 a | 0,97 a | 3,97 b | 1,10 | 1,95 | 8,6 b | 1,9 a | 6,2 b |
| iLP | 0,92 a | 1,25 a | 4,55 ab | 0,73 | 2,1 | 11,4 a | 2,2 a | 9,3 a |
| iLPF | 0,83 a | 0,89 a | 3,43 b | 0,93 | 1,99 | 10,1 a | 2,1 a | 7,9 a |
| C.V% | 35,45 | 87,64 | 31,10 | | | 22,91 | 47,66 | 21,95 |

Onde: AF: Ácido fúlvico; AH: Ácido húmico; HUM: Húmina, COT: carbono orgânico total; COP: carbono orgânico particulado e Coam: carbono orgânico associado aos minerais; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta. Médias seguidas de mesma letra na coluna de cada profundidade não diferem pelo teste de Tukey à 5 %.

O uso de sistemas de manejo que causem diferentes aportes de biomassa vegetal pode ser mostrado por meio da fração particulada da MOS, sendo possível esta ser aproveitada como instrumento para medir a qualidade do solo, especialmente em um curto período de tempo (CONCEIÇÃO et al., 2005; ROSSI et al., 2012). Não obstante, torna-se imprescindível identificar as suas diferentes frações, bem como suas formas de proteção sob vegetação natural e diferentes sistemas de manejo (FIGUEIREDO et al., 2010).

Com relação aos teores de COT, não foram observadas interações significativas entre os tratamentos. Os sistemas de produção, por conseguinte, apresentaram resultados diferentes sobre esses parâmetros em todas as camadas avaliadas. Na camada 0-10 cm, o sistema de Pastagem e iLP apresentaram os valores altos com teores de COT, significativamente altos aos outros sistemas. Na camada seguinte, os valores foram observados e não mostraram muita diferença, e na camada 80-100 cm, o sistema de pastagem apresentou os menores teores de COT. Na camada 40-60 cm, não houve diferenças entre sistemas de manejo. (Tabela 5).

Tabela 5 - Carbono orgânico total (COT), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima.

| AMB | Carbono Orgânico Total (COT) g kg ⁻¹ | | | | | |
|--------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Prof. (cm) | | | | | |
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| PAST | 15,6 aA | 7,3 aB | 5,5 aBC | 3,8 aCD | 2,3 aD | 1,8 aD |
| FN | 9,3 cA | 7,8 aAB | 5,0 aB | 4,5 aBC | 4,3 aBC | 2,3 aC |
| iLP | 14,3 abA | 8,5 aB | 4,8 aC | 4,3 aC | 3,0 aC | 3,5 aC |
| iLPF | 13,3 bA | 6,7 aB | 4,3 aC | 4,5 aBC | 3,5 aC | 4,0 aC |
| C.V.% | 18,71 | 27,12 | 17,17 | 17,47 | 11,89 | 36,59 |

Valores seguidos de letras iguais (minúscula) na coluna e letras iguais na linha (maiúscula) não diferem pelo teste de Tukey a 5 % AMB: Ambiente; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

Loss et al., (2010) verificaram que os sistemas de uso do solo, em cada área, propiciam diferentes quantidades de resíduos vegetais. As áreas com menores quantidades desses restos, associadas às condições climáticas (verão quente e úmido) podem ter aumento em sua decomposição e também na velocidade das reações químicas no solo, com mineralização rápida da MOS, conduzindo a teores de COT diferentes em cada área, na profundidade de 0-10 cm.

Enquanto os resultados das análises do carbono orgânico particulado (COP) mostraram dados interessantes nas profundidades de 0-10 cm, como este carbono se caracteriza por partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas, estruturas reconhecíveis. A permanência do COP no solo depende da proteção física pelos agregados do solo (LOSS, et al., 2011) (Tabela 6).

Tabela 6- Carbono orgânico particulado (COP), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima.

| AMB | Carbono Orgânico Particulado (COP) g kg ⁻¹ | | | | | |
|--------------|---|---------|---------|---------|--------|--------|
| | Prof. (cm) | | | | | |
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| PAST | 3,6 aA | 1,5 aB | 1,3 aBC | 1,5 aB | 0,0 aC | 0,0 aC |
| FN | 2,3 cA | 1,5 aBC | 1,0 aBC | 0,3 cC | 0,5 aC | 0,7 aC |
| iLP | 2,8 bcA | 1,5 aAB | 0,8 aB | 0,8 bcB | 1,0 aB | 0,3 aB |
| iLPF | 3,0 bcA | 1,0 aB | 0,8 aB | 0,8 bcB | 0,3 aB | 0,2 aB |
| C.V.% | 49,73 | 45,59 | 50,40 | 93,42 | 75,70 | 53,54 |

Valores seguidos de letras iguais (minúscula) na coluna e letras iguais na linha (maiúscula) não diferem pelo teste de Tukey a 5 % AMB: Ambiente; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

Os resultados de estoque de carbono observados neste estudo são considerados baixos se comparados com outras pesquisas (BAYER et al., 2004). No entanto, o acúmulo de C pode variar entre regiões, devido às condições climáticas (CARVALHO et al., 2010), ao tipo de solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999), ao manejo aplicado e, principalmente, em função do tempo de implantação do sistema (CARVALHO et al., 2009).

Com relação aos teores do carbono associado aos minerais (Coam), os resultados demonstraram dados significativos nas profundidades de 0-10, 60-80 e 80-100 cm. Isto está relacionado com o carbono acumulado antes que ocorresse a transição. Essa fração da MOS está associada a fração silte e argila, sendo definida como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais. Também é protegida pelo mecanismo de proteção coloidal do solo (LOSS et al., 2011) (Tabela 7).

Tabela 7- Carbono orgânico associado aos minerais (Coam), até 100 cm de profundidade em diferentes sistemas de manejo na floresta estacional semi decidual no estado de Roraima.

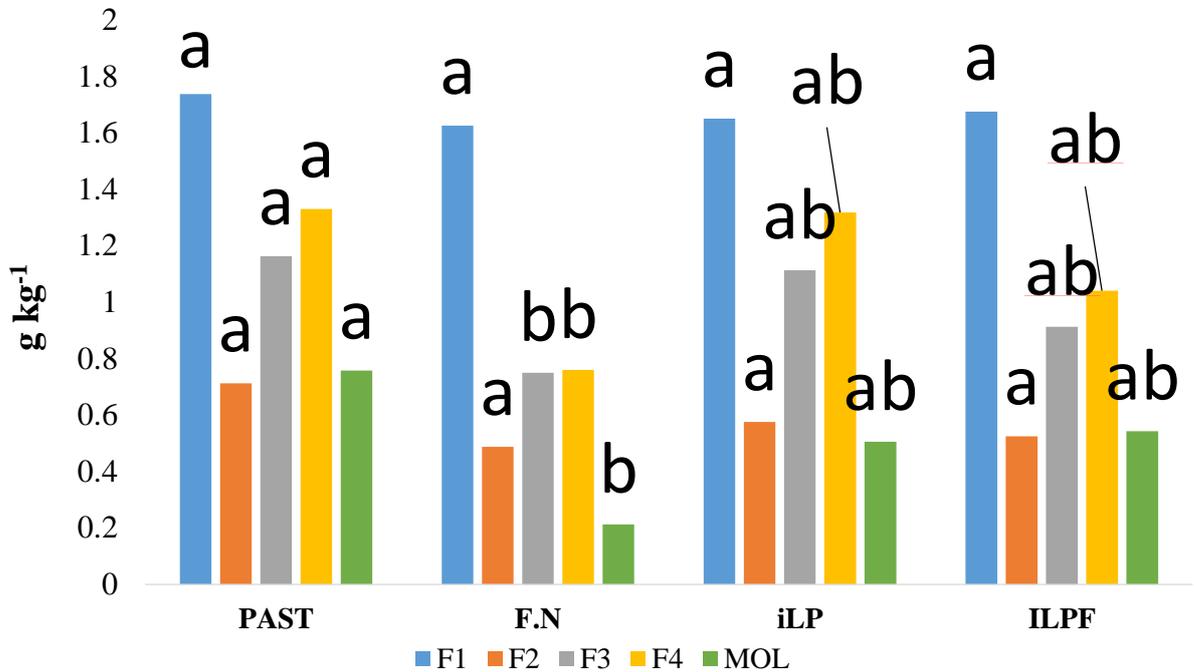
| AMB | Carbono Orgânico associado aos minerais (COam) g kg ⁻¹ | | | | | |
|------|---|---------|---------|----------|---------|---------|
| | Prof. (cm) | | | | | |
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| PAST | 12,0 aA | 6,0 aB | 4,3 aBC | 2,5 aCD | 2,0 aCD | 1,5 aD |
| FN | 6,7 bA | 5,8 aAB | 4,0 aBC | 4,3 aABC | 3,5 aBC | 2,0 aC |
| iLP | 11,8 aA | 7,0 aB | 4,3 aC | 3,3 aC | 2,5 aC | 3,0 aC |
| iLPF | 10,3 aA | 5,8 aB | 3,3 aC | 3,8 aBC | 3,0 aC | 3,6 aBC |
| C.V% | 16,34 | 27,56 | 17,93 | 25,75 | 19,70 | 34,06 |

Valores seguidos de letras iguais (minúscula) na coluna e letras iguais na linha (maiúscula) não diferem pelo teste de Tukey a 5 % AMB: Ambiente; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

Quanto aos resultados de fracionamento oxidável, o sistema de iLP e PAST propiciou aumentos nos teores de C da fração F1, quando comparado aos demais tratamentos, principalmente em relação à área testemunha. Os sistemas de manejo que adicionam matéria orgânica ao solo viram resíduos vegetais e geram aumento dessa fração (BALBINO et al., 2011).

De maneira geral, a maior proporção do COT ocorreu nas frações F1 e F2, destacando-se a profundidade de 0–10 cm com os maiores valores dessas proporções. A área testemunha apresentou comportamento discrepante. Esses resultados indicam que nos solos das áreas cultivadas em sistema de aleias há predominância no solo de matéria orgânica, devido ao aporte de resíduos vegetais provenientes das culturas (gramíneas) utilizadas e as espécies arbóreas (Figura 12).

Figura 12- Fracionamento oxidável, matéria orgânica leve em água e COT em profundidade de 0-10 cm na floresta estacional sem decidual de Roraima.



PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

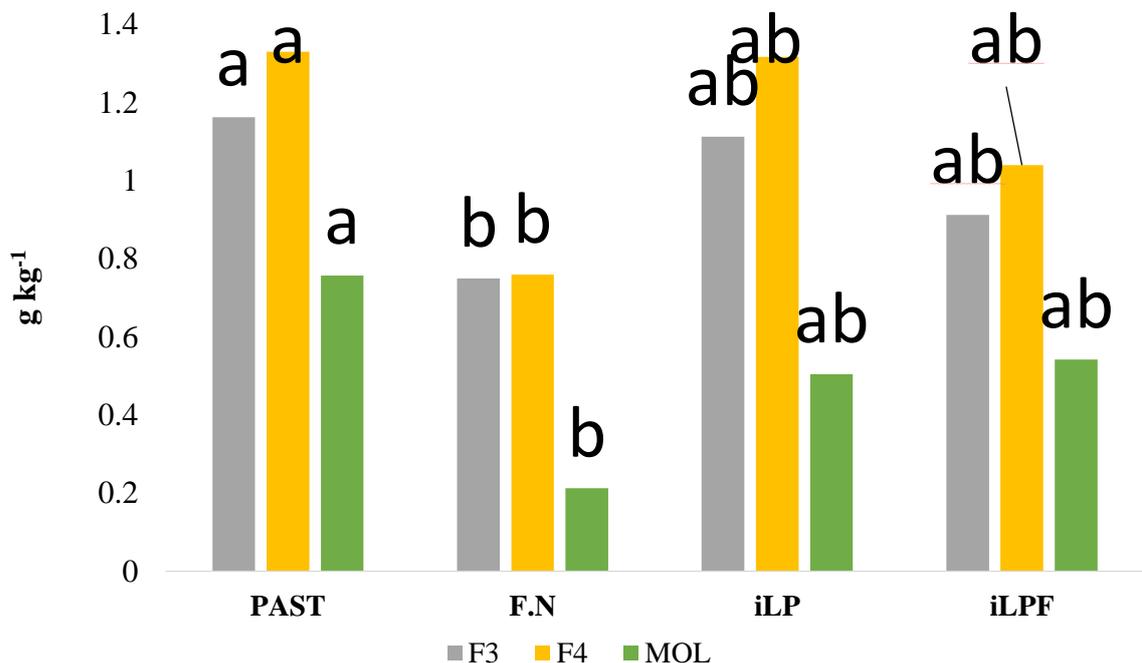
Os sistemas iLP e iLPF propiciam aumentos nos teores de C quando comparados aos demais tratamentos, principalmente em relação à área testemunha. Os sistemas de manejo que adicionam matéria orgânica ao solo via resíduos vegetais promovem aumento dessa fração (MORAES et al., 2008), sendo este aumento relacionado principalmente com a fração leve livre da MOS (MAIA et al., 2007). Neste trabalho diferiu, já que a maior proporção do COT ocorreu nas frações F1 e F3, sendo esta última relacionada com a liberação de C mais lenta, ou seja, frações mais resistentes. Loss et al., (2010) mencionam que as maiores proporções do COT nas frações F1 e F2 se atribuem principalmente ao aporte e decomposição dos resíduos vegetais adicionados ao solo. Neste caso, essas frações superficiais são baixas por causa da menor relação C/N, sendo assim as frações F3 e F4, mais recalcitrantes e mais lentas em decompor.

Em um sistema integrado de produção seria conveniente ter um balanço de C nas frações oxidáveis, com as mesmas proporções de C entre as frações. Parte da matéria orgânica com facilidade de decomposição para mineralização dos nutrientes e outra parte mais resistente no solo para melhoria e mantimento das características físicas do solo. Porém, na região do trópico úmido, em ambiente de solo de textura de media arenosa, clima equatorial quente e úmido e

estação chuvosa, com altas taxas de insolação, devido à maior proximidade com a linha do Equador, seria desejável um aumento do teor de C das frações oxidáveis mais resistentes (F3 e F4) para liberação mais lenta de nutrientes próxima à melhoria das características físicas do solo (LOSS et al., 2009).

A fração F2 na profundidade de 0-10 cm apresentou valores baixos ao que foi discutido anteriormente para a fração F1, e não foram encontradas diferenças estatísticas entre as áreas avaliadas. Através da Figura 12, também se pode verificar que a fração F3 também aumentou em função do tempo de implantação, sendo os valores encontrados na área de iLP e pastagem superiores a área de FN. Já em relação à fração F4, as áreas iLP, pastagem e iLPF apresentaram resultados semelhantes entre si e superiores a área de FN. Entretanto, a área de iLP foi a que apresentou maior valor de CNL (carbono não lábil), seguidas das áreas iLPF e pastagem que foram semelhantes entre si e superiores a área de FN (Figura 13).

Figura 13- Fracionamento oxidável, matéria orgânica leve em água em profundidade de 0-10 cm na floresta estacional semi decidual de Roraima.



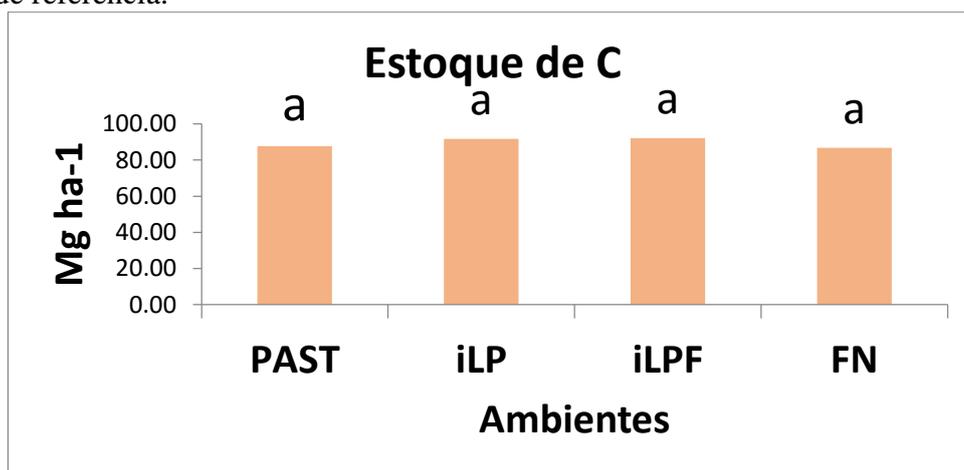
AMB: Ambiente; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

Estes resultados indicam que sob estas condições edafoclimáticas as áreas avaliadas apresentam maior parte do C total distribuído nas frações F3 e F4 que estão relacionadas a compostos de maior estabilidade química e massa molar, procedentes da decomposição e humificação da MOS. Zech et al. (1990) citam que em solos tropicais, naturalmente, a biodisponibilidade da matéria orgânica é menor, sendo alta a presença de compostos orgânicos

com muitos grupamentos aromáticos e carboxílicos. Os resultados de MOL comprovaram que em função do tempo de adoção dos sistemas ocorre aumento no aporte desta fração na camada superficial. Sendo que, posteriormente, a instalação dos sistemas de manejo por 7 anos quantificou teores que diferiram dos observados na área de FN. Esse resultado prova a grande importância dos sistemas iLP e iLPF nesse ambiente, pois a conservação da MOL é básica para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, já que representa, em curto e médio prazos, alto potencial para ciclagem de nutrientes (COMPTON; BOONE, 2002).

Quanto aos resultados dos Estoques de carbono (C) do solo, não se encontraram diferenças significativas entre os ambientes. Os estoques de carbono orgânico total (COT) foram praticamente maiores em % nos sistemas de cultivo em relação à FN em todas as camadas. Uma das vantagens conquistadas dos sistemas de integração é o potencial para manter maior estoque de carbono no solo. Os dados obtidos no presente estudo levam a este tipo de constatação, uma vez que a área de estabelecimento do sistema de PAST, iLP e iLPF apresentaram acúmulo de carbono semelhante às demais áreas cultivadas. Obviamente que o curto tempo de instalação do experimento deve ser considerado, e fica a probabilidade de que a opção da integração, em um futuro próximo, permita um maior estoque de carbono (Figura 14).

Figura 14- Teores de Estoque de carbono (C) nos sistemas de manejo e a Floresta Natural como área de referência.



AMB: Ambiente; PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

Na avaliação dos estoques de carbono tomaram-se os dados reajustando-os para as camadas de 0-100 cm de forma acumulada (Tabela 8). Com esse procedimento, as diferenças

entre tratamentos destacam, desta vez, a baixa reserva deste elemento no ambiente natural e a baixa reserva nos sistemas de cultivo no Estoque calculado e corrigido.

Tabela 8- Valores médios de Estoques de carbono (C) $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na profundidade de 1 metro nos três sistemas de manejo em relação à Floresta Natural.

| Estoque de Carbono ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) | | | | |
|---|------------------|-------------|------------------|--------------------|
| Profundidade(cm) | Calculado | | Corrigido | Diferença % |
| | | FN | | |
| 0-100 | 86,782 | | 86,783 | -0,003 |
| | | PAST | | |
| 0-100 | 88,142 | | 87,613 | 0,542 |
| | | iLP | | |
| 0-100 | 95,392 | | 91,766 | 3,626 |
| | | iLPF | | |
| 0-100 | 95,45 | | 92,074 | 3,376 |

PAST: pastagem; FN: Floresta Natural; iLP: integração lavoura-pecuária; iLPF: integração lavoura-pecuária floresta.

7 CONCLUSÕES

1. Os resultados mostraram dados baixos em todos os atributos químicos analisados, associados as condições de elevadas precipitações e temperatura regional, bem como ao relevo local plano.
2. De maneira geral, observou-se aumento no atributos químicos e das frações lábeis (F1e F2) e estáveis (F3 e F4) da MOS em função do tempo de implantação do iLP, iLPF e Pastagem. Já que apresentam teores de C dentre as frações semelhantes e/ou superiores respectivamente a área de FN. Independentemente da área avaliada, observa-se que há predomínio das frações mais estáveis da MOS (F3) e (F4) as quais ajudam a determinar a qualidade da MOS.
3. A humina (HUM) foi a que se apresentou os maiores teores e estoques independente da área estudada. Esse resultado está relacionado a dimensão das moléculas e ao maior grau de estabilidade desta fração.
4. Embora não existiu diferencia significativa, os sistemas de manejo estudados aumentaram os estoques de carbono em relação a Floresta Natural, revelando que ao longo do tempo estes sistemas tem potencial de sequestro do carbono, surgindo como boa opção para o desenvolvimento sustentável na Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´ABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil-Geomorfologia, 20, USP-IG. São Paulo, 1970.

AB´ABER, A.N. A. organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras In: Simpósio sobre o Cerrado, 1971, 3, São Paulo, Anais: São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971, p. 1-14.

AB´ABER, A.N. Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo. Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA dados 2009.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 24 nov 2015.

AGUIAR, DAS F. C. A.; AMORIM, P. A.; COÊLHO, P. K.; DE MOURA, G. E. environmental and agricultural benefits of a management system designed for sandy loam soils of the humid tropics **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 33 p. 1473-1480, 2009.

AIDAR, H; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos cerrados. In: AIDAR, H.; STONE, L.F.; KLUTHCOUSKI, J., eds. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA. 2003. p.23-58.

ALMEIDA, J. A. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLTAN JUNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 437-445, 2005.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, v. 41: p103-114. 2011.

ARAÚJO, E.A., LANI, J.L. **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Rio Branco, Brasil. 2012. 148p.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.26 p.241-248, 2002.

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

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, M. L. A.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, P. H.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração

lavoura-pecuária-floresta no Brasil Balbino **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.46, n.10, p.1-12, out. 2011.

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. de O.; BALDOTTO L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 301-309, jun. 2015.

BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA. R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G., eds. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, 1997. p.325-335.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; FONTES, A. G.; POLIDORO, J. C.; MOÇO, M. K.; REBOUCA, R. C.; BALIGAR, V. C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.81, p.213-220, 2011.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, p.1-26 1999.

BEHLING, H.; PILLAR, V.P. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazil highland and their implication for conservation and management of modern araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v 362 p.243-251, 2007.

BENEDETTI, U. **Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista-Roraima**, 2007. 91p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Boa Vista, 2007.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: Um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003a. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

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

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pre-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.379-386, 2005.

BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M.C. Influence du semis direct avec couverture végétale sur la séquestration du carbone et l'érosion au Brésil. **Bulletin Du Réseau Érosion**, v.23, p.323-337, 2004.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46, p.1459-1466, 1995.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BRANCALIÃO, S.R.; MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.393-404, 2008.

BRAUX, A. S.; JACQUES MINET, J.; SHACOORI, T. Z.; RIOU, G; CORNIER. M. Direct enumeration of injured *Escherichia coli* cells harvested onto membrane filters. **Journal of Microbiological Methods** v.31 p. 1-8, 1997.

BRASIL. Ministério das Minas Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20. Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB.21. Rio de Janeiro, 1975. 428p.

BREMNER, J.M., MULVANEY, C.S. **Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties**, 1982 p. 595-624.

BUSTAMANTE, M.M.C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R Soil carbon and sequestration potential in the Cerrado Region of Brazil. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C.E.P., eds. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. New York: Haworth, 2006. p.285-304.

BUYANOVSKY, G.A.; ASLAM, M.; WAGNER, G.H. Carbon turnover in soil physical fractions. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1167-1173, 1994.

CAETANO, J.O.; BENITES, de M.V.; SILVA, P. G.; SILVA, R. I.; ASSIS L. R.; CARGNELUTTI, F. A. Dinâmica da matéria orgânica de um Neossolo quartzarenico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.37, (s.n), p.1245-1255, 2013.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal** v.56, p.777-783, 1992.

CAMPOS, P.L.; LEITE, C.L.F.; MACIE, A.G.; IWATA de F.B.; NOBREGA, A.J.C. Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.46, n.12, p.1681-1689, dez. 2011.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; GURIDI, F.; OLIVARES, F. L.; SANTOS, G. A.; BRAZ-FILHO, R. Distribution of the humified fractions and characteristics of the humic acids of an ultisol under cultivation of Eucalyptus and sugar cane. **Terra**, v.20, p.371-381, 2002.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, F. G. P; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; G. A. SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.27, (s.n), p.935-944, 2003.

CARTA GEOLÓGICA FOLHA RORAIMA CENTRAL NA.20-X/NA.21-V (PARTE) ESCALA 1:500.000-CPRM,1998

CARTER, M. R. Organic Matter and Sustainability. In: REFES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. CD.; WATSON, C. A. (Ed). Sustainable management of soil organic matter. New York: CABI Publishing, p.9-22, 2011.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A.; RESCK, I.S.; LEMOS, S.S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil Tillage Research**. v.102 p.144- 150, 2009.

CARVALHO, F.T. **Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho**. 2000. 93p. (Dissertação de Mestrado) Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, P. C. E. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.34, (s.n), p.277- 289, 2010.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Sistema de plantio direto aumenta o sequestro de carbono pelo solo. **Visão agrícola**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 32-35, 2010.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.163-171, 2002.

CERRI, C. C, BERNOUX, M.; MAIA, M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. de C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**. Piracicaba, Brazil. Piracicaba v. 67, n. 1, p. 102-116, Feb. 2010.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, v.166, p.61-67, 2001.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, nov-dez, 2003.

COMPTON, J. E.; BOONE, R. D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry** v.34, n.7 p. 933-943, 2002.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

COSTA JUNIOR, C.; PICCOLLO, de C. M.; NETO, S. M.; CAMARGO, B. P.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.36, (s.n), p.1311-1321, Jun. 2012.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:323-332, 2008.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, B. R.; FONTES, F. L. E.; DA COSTA, L. M.; NACIF, S. P. G.; FARIA, J. C. estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia, *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 33 p.1137-1145, 2009.

CUNHA, G.D.M.; RODRIGUES, G. C.; RODRIGUES, G. F. E.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.33, (s.n), p.1175-1185, Sept. /Oct.2009.

DESJARDINS T.; BARROS E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 103, n. 2, p. 365-373, 2004.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., HV; SCHAEFER, C.E.G.R. **Trópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de ciência do Solo, v.1, 2000. p.55-94.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. 2006. Pastagens no trópico úmido. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241)

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

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

EBELING, A. G.; ESPINDULA Jr, A.; VALLADARES, G. S.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Propriedades químicas como indicadores ambientais em organossolos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v.24, p.1-6, 2004.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of Organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.529-538, 1995.

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997, 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 312p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 6. ed .rev.ampl. Viçosa- 2013

FAO. **SPECIAL EVENT ON IMPACT OF CLIMATE CHANGE, PESTS AND DISEASES ON FOOD SECURITY AND POVERTY REDUCTION**. 31st Session of the Committee on World Food Security. Rome, 2005.

FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazônia. **Forest Ecology Management** v108: 147-166, 1998.

FEARNSIDE, P.M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**. v. 16: p.99-123. 2002.

FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. Alterações na matéria orgânica de um Podzol Hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34 p.1943-1951, 1999.

FERREIRA, E.A.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. & RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v.31 p.1625-1635, 2007.

FIGUEIREDO, C. C. de; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, p.907-916, 2010.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F. Fósforo remanescente e correlação com as substâncias húmicas em um Latossolo Vermelho sob diferentes sucessões de cultura em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, p.1-6, 2008.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.847-853, 2006.

FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A. de; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 627-646, Sept. 2001.

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

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F.J.; SKORUPA, L.A.; WINK, N.N.; GUIZOLPHI, I.J.; CAUMO, A.L.; HATORI, T. **Integração lavoura-pecuária: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu**. Londrina: EMBRAPA, 2010. 20p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 77).

FRAZÃO, L.A.; SANTANA, I.K.S.; CAMPOS, D.V.B.; FEIGL, B.J. & CERRI, C.C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45 p.1198-1204, 2010b.

FUJISAKA, S.; CASTILLA, C.; ESCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLAAS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 69, n. 1, p. 17-26, 1998.

GARCÍA-OLIVA, F.; CASAR, I.; MORALES, P.; MAASS, J. M. Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. **Oecologia**, v. 99 p.392-396. 1994.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, p.42-48, 2008.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSTAD, J. O.; CLARKE, P. Soil-structure and carbon cycling. **Australian Journal of Soil Research**. v. 32, p.1043-1068, 1994.

GUARESCHI, R; PEREIRA M.G; PERIN, A.R. Deposição de Resíduos Vegetais, Matéria Orgânica Leve, Estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo Remanescente Sob Diferentes Sistemas de Manejo no Cerrado Goiano. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.36, (s.n), p.909-920, 2012.

HERINGER, I. JACQUES, A.V.A. Acumulação de forragem e material morto em pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo em relação às queimadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31:599-604, 2002.

HILLEL, D. **Out of the Earth: civilization and the life of soil**. New York: Berkeley: University of California Press, 1991. 321 p.

JANZEN HH, CAMPBELL CA, BRANDT SA, LAFOND GP, TOWNLEY-SMITH L (1992) Light fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of American Journal**. v.56 p.1799–180, 1992.

JENNY, H.; RAYCHAUDHURI, S.P. **Effect of climate and cultivation on nitrogen and organic matter reserves in Indian soils**. New Delhi, India: ICAR, 1960. 126 p.

KEULEN, H. V. (Tropical) soil organic matter modelling: problems and prospects. **Nutrients Cycling in Agroecosystems**. Wageningen, Netherlands. v.61: p. 33-39, 2001.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. Benefícios da ILP para a pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas ILPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. In: SANTOS, L.F.T.; MENDES, L.R.; DUARTE, E.R.; GLÓRIA, J.R.; ANDRADE, J.M.; CARVALHO, L.R. & SALES, N.L.P., eds. **Integração lavoura-pecuária floresta: Potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p. 21-35.

KONONOVA, M. M. **Materia orgánica del suelo**: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-tau, 1982. 364p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.27, (s.n), p.821-832, 2003.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; KER, J.C. 2005. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazonica**, 35: 317-330.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; EDILENE PEREIRA FERREIRA, E. P.; DOS SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; JUNIOR, A. S. L. F. Frações oxidáveis do carbono orgânico em argissolo vermelho-amarelo sob sistema de aleias. **Revista Brasileira da Ciência do Solo** v. 33 p.867-874, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; GIACOMO, S.G.; PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 4, n. 8, p. 96-105, 2012.

MACEDO, M. C. M. Asociación Latinoamericana de Produccion Animal, 2000 CONGRESO URUGUAYO DE PRODUCCION ANIMAL, REUNIÃO LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16, 2000, Montevideú. Anais... Montevideo, 2000. (CD-ROM).

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM - PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 18, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.257-283. 2001.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas integrados de lavoura-pecuária na região dos Cerrados do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, UFRGS, Ohio State University, 2007. 24p. (CD-ROM).

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; SENNA, O. T.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.71, p.127-138, 2007.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E. & FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v. 36 p.1568-1582, 2012.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, 14: S177-S199. 2004.

MARTINS, de L. E.; CORINGA, E.S. de J.; WEBER, S. L.O. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVA sob diferentes Agrossistemas. **Acta Amazônica**. (s.l) vol. 39(3) p.655 – 660, 2009.

MARTINEZ, L.L.; FIEDLER, N.C.; LUCATELLI JUNIOR, G.J. Análise das relações entre desflorestamentos e focos de calor. Estudo de caso nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu, no Estado do Pará. **Revista Árvore** 31: 695- 702. 2007.

MARTIUS, C.; TIESSEN, H.; VLEK, PLG. The management of organic matter in tropical soils: what are the priorities? Germany **Nutrients Cycling in Agroecosystems**. Bonn, Germany v.61, (s.n), p. 1-6, set. 2001.

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. 78f. - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2003.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO, I.M.; LIMA, P.C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v.35 p.141-149, 2011.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; J. B. L.; ANDRADE, R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1039-1050, Dec. 2006.

MELO, V. F.; FRANCELINO, M. R.; FILHO, E. I. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; **Unidades Geoambientais da Região de Apiaú, Roraima**. Boletim do Museo Paraense Emilio Goeldi. Série Ciências Naturais. Belém, v.1 n.2, p. 127-138 Maio-Agosto, 2005.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S.C.P. **Características edafológicas dos solos do Estado de Roraima**. Boa Vista, DSI/UFRR, 2004. 46p.

MELLO, E.L. **Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada**. 2002. 88p. (Tese de Mestrado) - Universidade do estado de Santa Catarina, Lages, 2002.

MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.25-30, 1995.

MORAES, A.G.L.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BERNINI, T.A.; ANJOS, L.H.C.; SANTOS, L.L.; WADT, P.G. Frações oxidáveis de carbono orgânico de horizontes superficiais em topossequência sob floresta no Acre. In: FERTBIO, 2008. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental. Londrina, 2008. Anais. Londrina, 2008. CD-ROM.

MOREIRA, A.; COSTA, D.G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39 p.1013-1019. 2004.

MOREIRA, M. M. **Qualidade do Solo em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta em SINOP-MT**. 81p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa do Programa de Pós- graduação em Solos e Nutrição de Plantas-Viçosa, 2014.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

MORETI, D.; ALVES, M.C.; VALÉRIO FILHO, W.V.; CARVALHO, M. de P. e. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.167-175, 2007.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, de S. E.;(3), Hugo José de Oliveira ZOFFOLI, de O. H. J.; PEIXOTO, M. T. H. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.34, p. 339-348, 2010.

OLENDZKI, R.N.; IGNACIO A.C.; MANGRICH, A.S. The use of total luminescence spectroscopy in the investigation of the effect of different rice management practices on humic substances of a Planosol. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.33, (s.n) p.1147-1152, 2009.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de Brachiaria brizantha cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34. p. 1121-1129, 2005.

PACIULLO, C. D. S.; DE CASTRO, T. C. R.; GOMIDE, DE M. C. A.; FERNANDES, B. P.; DA ROCHA, D. W. S.; MÜLLER, D. M.; ROSSIELLO, P. R. O. Soil bulk density and biomass partitioning of Brachiaria decumbens in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Brazil. v.67, n.5, p.598-603, set/out, 2010.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA DE S. E.; CANTARU, R. B.; ADAILSON PEREIRA DE SOUZA, P. A. substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v31 p. 1119-1129, 2007.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO; C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v.57: p.531-537. 2000.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.508-514, 2010

PIGNATARO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT. W.J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.33, (s.n), p.1441-1448, 2009.

PORTUGAL, A.F.; FONTES, L.E.F.; LANI, J.L.; SCHAEFER, C.E.R.G. Condição química, carbono e nitrogênio do solo e seus compartimentos em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagens na região ocidental do Acre. In: Araújo, E.A., Ker, J.C., Neves, J.C.L

(Org.). *Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas. Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas*. SEMA, Rio Branco, Brasil. p. 87-99, 2012.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. D.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 33 n.3, p. 1125-1136, 2009.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. (Circular, 63).

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciência e agrotecnologia*, v.32, p. 429-437, 2008.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L.; **Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado**, In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole. p. 329-417, 2008.

RIBEIRO, C. F. A.; ALMEIDA, O.; AMARAL RIBEIRO, S.; TONELLO, K.; LIMA, K. Expansão da Pecuária de Bovinos e Desafios de Sustentabilidade da Atividade na Amazônia Legal. In: **Workshop Brasil-Japão em energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável**. (s.l), 2, 06. Disponível em: <<http://www.cori.rei.unicamp.br>>. Acesso em: 24 mai. 2015.

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

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v.27 p.355-362, 2003.

ROSSI, C.Q. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 72p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.38-46, 2012.

RUIVO, M. L. P., AMARAL, I. G., FARO, M. P. S., RIBEIRO, E. L. C., GUEDES, A. L. S., & SANTOS, M. M. L. S. **Caracterização química da manta orgânica e da matéria orgânica leve em diferentes tipos de solo em uma toposeqüência na ilha de Algodal/Maiandua, PA**. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais*, 1(1), 227-234. 2005.

SALIMON, C. I.; WADT, P.G.S.; MELO, A.W.F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7 p.29-38. 2007.

SALES, L.E.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C. & FERREIRA, M.M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciência e Agrotecnologia*. 34:667-674, 2010.

SANTANA, D.P. **A agricultura e o desafio do desenvolvimento sustentável**. Sete Lagoas, 2005. 132 p. (Comunicado Técnico).

SANTOS, F.C.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SEDIYAMA, C.S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*. v.32 p.1661-1674, 2008.

SANTOS, A.M; MITJA, D. Pastagens arborizadas no projeto de assentamento Benfica, município de Itupiranga, Pará, Brasil. *Revista Arvore*, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.919-930. 2011.

SANTOS, F. C.; FILHO, A. M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macro nutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, Dec. 2014 .

SHAEFER, C. E. R.; DALRYMPLE, J. Landscape evolution in Roraima, North Amazonia: plantation paleosols and paleoclimates. *Zeitschrift für Geomorphologie*. v.39 p.1-28.1995.

SHAEFER, C. E. R, ambientes no nordeste de Roraima: **Solos, Palinologia e implicações Paleoclimáticas**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária (Tese Mestrado). 108p Viçosa, 1991.

SHAEFER, C. E. R. Ecogeography and human scenario in North Roraima. *Ciencia e Cultura, Journal of the Brazilian Association for the advancement of Science*. v.4 p. 241-252, 1997.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.541-547, 1994.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; R. D. SHARMA, R. D. alternativa agronômica para o bio-sólido produzido no distrito federal. II – aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v.26 p. 497-503, 2002.

SILVA, V. J.; CAMARGO, R.; BENO WENDLING, B.; PIRES, S. C. Integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto no Cerrado brasileiro. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, p.1-12, 2011.

SILVEIRA, A.O.; PLATTE, E.B.; ROESCH, L.F.W.; D'AGOSTINI, R.; SÁ, E.L.S.; CASALINHO, H.; CAMARGO, F.A.O. Processos biológicos como indicadores de qualidade ambiental. *B. Inf. Sociedade Brasileira Ciencia do Solo*, 32:15-16, 2009.

- SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHAN, R.; ALBES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODEY, R.M.. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p.1367- 1377, 1998.
- SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, M.S.; MORAES, J.C.; ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. **Agronomy**, v.22, (s.n), p.755-775, 2002.
- SMITH, J.L.; MYUNG, H.U. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for ¹⁵N analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.2273-2279, 1990.
- SOARES, W.V.; LOBATO, E.; SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35 p. 819-825, 2000.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.H.M.; FERRARI NETO, J. & CASTRO, G.S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47 p.1462-1470, 2012.
- SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1113-1122, 2003.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p.589-596, 2008.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.28, (s.n), p. 533-542, 2004.
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2 ed. New York: J. Wiley, 1999. 427 p.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L., ed. **Methods of soil Analysis. Part 3. Chemical Methods SSSA**. Madison, SSSA, 1996. p. 1001-1069.
- TIRLONI, C.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; TIRLONI, D.; COIMBRA, D.S. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.977-984, 2009.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.421-428, 2008.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; CAMPOS, D.V.; BODDEY, R.M. Aplicação de técnicas de ^{13}C em estudos de seqüestro de C em solos agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: impactos no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 13-33.

VALE JÚNIOR, J.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Solos sob Savanas de Roraima: Gênese, classificação e relação e relações ambientais**. Boa Vista, Gráfica Ioris, 2010. 219p.

VALE JÚNIOR, J. F. Pedogênese e alterações dos Solos sob Manejo Itinerante em áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

VALE JÚNIOR, J. F.; LEITÃO SOUSA, M. I. **Caracterização e Distribuição dos solos das savanas de Roraima**. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; SOUZA, J. M. C. SAVANAS DE RORAIMA-Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrosivipastoris, FERMACT. Boa Vista- Roraima, 2005. 201p.

VALE JÚNIOR, J. F.; LEITÃO SOUSA M. I. **Levantamento de Reconhecimento de solos**. In: BRANCOCEL Ltda. Estudos de Impactos Ambientais. (EIA/RIMA) da área de implantação da fábrica de celulose (300ha). Boa Vista- Roraima. 2003

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Solo, 35:213-223, 2011.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; ROSA JUNIOR, E. J. Renovação de Pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p.131-138, 2008.

WALKLEY, A.; BLACK, A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Scienc. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Agronomy Journal**, v.28 n.5, p. 337-351. 1936.

ZECH, W.; HAUMAIER, L.; HEMPFLING, R. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: McCARATHY, P.; CLAPP, C. E.; MALCOM, R. L.; BLOOM, P. R. (Eds.). *Humic substances in soil and crop sciences: selecting readings*. Madison: ASA/SSSA, 1990. p.187-220.

