



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ CAMPUS CASTANHAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS

AGROALIMENTARES

SANDRO BARBOSA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS SOB DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS NO
IFPA/CAMPUS RURAL DE MARABÁ E EM ÁREA DE AGRICULTOR FAMILIAR**

CASTANHAL

2016

SANDRO BARBOSA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS SOB DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS NO
IFPA/CAMPUS RURAL DE MARABÁ E EM ÁREA DE AGRICULTOR FAMILIAR**

Dissertação apresentada ao Instituto federal de Educação, Ciência e Tecnologia, como parte das exigências do Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Nascimento

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico Biblioteca
IFPA - Campus Castanhal



R484c...Ribeiro, Sandro Barbosa
Caracterização dos solos sob diferentes agroecossistemas no
IFPA/Campus Rural de Marabá e em área de agricultor familiar. /
Sandro Barbosa Ribeiro. — 2016.
65 f.

Impresso por computador (fotocópia).
Orientador: Prof. Dr. João Tavares Nascimento
Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de
Empreendimentos Agroalimentares) — Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2016.

1. Desenvolvimento rural – Marabá (PA). 2. Solos - Manejo. 3. Solo
- Uso. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará.
II. Título.

CDD: 307.1412098115

CASTANHAL

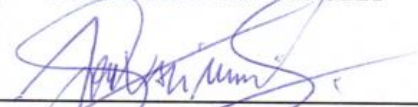
2016

SANDRO BARBOSA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS SOB DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS NO
IFPA/CAMPUS RURAL DE MARABÁ E EM ÁREA DE AGRICULTOR FAMILIAR**

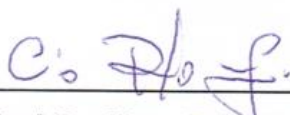
Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. João Tavares Nascimento
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

ORIENTADOR



Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

EXAMINADOR



Dr. Osvaldo Ryohei Kato
EMBRAPA-Amazônia Oriental
EXAMINADOR

Ao nosso Deus pela intimidade de saber que o que está no coração é o que realmente vale, e por nunca ter deixado de fazer aquele vento soprar a meu favor nos momentos mais difíceis;

A Nossa Senhora de Nazaré, por atender a minha devoção e por que pelo seu intermédio muitas coisas boas acontecem na minha vida sem precisar de que eu viva gritando a minha fé e devoção;

A José Boulhosa e Creuza Tavares, *in memoriam*. Que me criaram como neto, e foram os ícones para a formação da minha personalidade, e que estão certamente guiando os meus passos para que nada de mal me aconteça, nem a minha família;

(Sandro Barbosa).

Com amor,

Dedico este trabalho.

DEDICATÓRIA

A minha mãe Raimunda Barbosa pelo grande apoio a minha capacitação, pelo imenso carinho e por sempre estar disposta a ajudar a minha família com a sua proteção e atenção. Foi sempre uma grande incentivadora do meu crescimento profissional.

A minha Esposa Kátia Noronha Barbosa que nesses dois anos teve que se desdobrar para suprir a minha ausência, confiando sempre no meu potencial e mostrando força nas horas em que eu realmente não estava por perto.

A minhas filhas Sophia Noronha Barbosa e Mila Dafne Noronha Barbosa, elas são os combustíveis para eu tenha sempre força para realizar os meus objetivos e conseguir ir sempre até o fim de tudo que é planejado.

A Dora Lúcia Noronha e Kaike Ciro Noronha que em algum momento de suas vidas se mudaram para Marabá me ajudando muito nesse período em que estiveram lá.

A minha irmã Samila Barbosa que me alojou por diversas vezes em sua residência, algumas vezes com a minha família nos períodos de aula do mestrado.

Ao Deus Pai todo Poderoso.

A Nossa Senhora de Nazaré.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta etapa de capacitação da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Pará/Campus Castanhal pela oportunidade do Programa do Curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

Ao meu orientador João Tavares Nascimento pelos ensinamentos e pela paciência.

Ao Campus Rural de Marabá pela oportunidade da realização da pesquisa nas dependências das Unidades.

A Minha Família nas pessoas de Kátia Barbosa, Sophia Barbosa, Mila Dafne Barbosa, Raimunda Barbosa, Samila Barbosa, Dora Lúcia Noronha e Kayke Ciro Noronha que contribuíram durante esses dois anos para que eu pudesse chegar até o final do Curso de Mestrado.

Aos amigos Hélvio Azevêdo, Joari Procópio e Júlio Nascimento que sem dúvida sempre levantaram a estima nos momentos de maiores complicações.

Aos Professores Andréa Hentz, Cícero Paulo Ferreira, Luís Nery, Adebaro Reis, Roberta de Fátima e Suezilde Amaral que contribuíram na produção da Dissertação nos momentos das dúvidas.

Aos Parceiros de trabalho Carlos Batista, Sávio Coelho e Renan Cunha que me ajudaram com realização de minhas atividades profissionais enquanto estive ausente do Campus Rural de Marabá.

Aos Todos os Professores que lecionaram no Curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

Aos meus amigos e irmãos do coração Reginaldo Tavares e João de Deus Vilar Cabral que mesmo na correria do cotidiano, me ajudaram com hospedagem e logística.

A todos os colegas de turma de Mestrado da turma de 2014, pela batalha travada e a certeza do êxito de todos.

“O problema ecológico não terá solução enquanto existir o problema social. A miséria não é problema somente do faminto, mas de todo mundo. O que mais destrói a natureza é a pobreza, pois na tentativa desesperada de encontrar algo comestível nós destruimos os solos, as matas, os rios e os animais muitas vezes já raros”.

Ana Primavesi

RESUMO

As propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos sob agroecossistemas são sensivelmente alteradas pela ação antrópica por cultivos na produção de alimento, agravando-se acentuadamente, pelos agricultores quando do uso de manejos inadequados ou indevidos, isto causando desequilíbrios nas mais diversas propriedades do solo, culminando na perda da sua qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos sob os diferentes agroecossistemas, no Campus Rural de Marabá e em área de um agricultor familiar, propondo, por meio da caracterização dos solos desses agroecossistemas em estudo, subsidiar com conhecimentos e definir alternativas de sistemas sustentáveis através de indicadores de qualidade do solo no sudeste paraense. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 4 x 3, sendo o fator 4 (quatro áreas: área de reflorestamento-FLO, sistema agroflorestal-SAF, sistema de cultivo-SIC, e agroecossistema de pastagem-PAS, e o fator 3 (três profundidades: de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm e de 20 a 40 cm), com 3 repetições, totalizando 36 parcelas. Nos resultados, foram observados na área de Reflorestamento, os maiores valores de referência nos atributos químicos como no Nitrogênio, Potássio, Magnésio, Saturação por Bases e Matéria Orgânica e baixo valor de Alumínio. Para os atributos físicos, os menores valores de Densidade do Solo e maiores de Porosidade Total, além de ter apresentado um maior número de espécies de organismos indicadores da qualidade do solo. O sistema Agroflorestal apresentou os maiores teores dos atributos químicos como o Cálcio e Capacidade de Troca de Cátions nível baixo de Alumínio. Nos agroecossistemas Sistema Intensivo de Cultivos apresentou o maior valor de pH, e mediano valor de Potássio, enquanto o de Pastagem apresentou níveis baixos da maioria de nutrientes e Matéria Orgânica e elevado teor de Alumínio, com tendência à compactação e reduzido número de organismos edáficos em suas áreas.

Palavras Chave: Qualidade do solo, Agroecossistemas, Sustentabilidade, Manejo do solo

ABSTRACT

The physical, chemical and biological properties of soils in agricultural ecosystems are significantly altered by human action by crops in food production, worsening sharply, by farmers when the use of inappropriate or improper handlings, this causing imbalances in several soil properties, culminating in the loss of quality. The objective of this study was to evaluate the physical, chemical and biological properties of soils under different agro-ecosystems, the Campus Rural Marabá and area of a family farmer, proposing, through the characterization of the soils of these agro-ecosystems in study support with knowledge and define alternative sustainable systems through soil quality indicators in southeastern Pará. The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial 4 x 3, and factor 4 (four areas: reforestation-FLO area, agroforestry-SAF system, crop-SIC system and agroecosystem pasture-PAS, and the factor 3 (three depths: 0 to 10 cm, 10 to 20 cm and 20 to 40 cm)., with 3 replications totaling 36 plots Within results were observed in reforestation area, larger reference values in chemical properties as in Nitrogen, Potassium, Magnesium, base saturation and organic matter and low value of aluminum. For the physical attributes, the lower soil density values and higher Porosity Total, and has presented a greater number of species indicators bodies soil quality. The Agroforestry agroecosystem showed the highest levels of the chemical attributes such as Calcium and Cation Exchange Capacity low level of Aluminum. In agroecosystems Crop Intensive System had the highest pH value and median value of Potassium, while the pasture had low levels of the major nutrients and organic matter and high Aluminum content, prone to compaction and reduced number of soil organisms in their areas.

Keywords: Soil quality, Agroecosystems, Sustainability, Soil Management

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa do Campus Rural de Marabá/IFPA.....	27
Figura 2. Área de Reflorestamento (FLO).....	29
Figura 3. Sistema Agroflorestal (SAF).....	29
Figura 4. Sistema de Cultivo (SIC).....	30
Figura 5. Agroecossistema de Pastagem (PAS).....	30
Figura 6. Amostras de Terra Fina Seca ao Ar para análises laboratoriais.....	31
Figura 7. Teor de Matéria Orgânica (MO) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	37
Figura 8. Teores de Nitrogênio (N) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	39
Figura 9. Teores de Potássio (K) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	41
Figura 10. Teores de Cálcio (Ca) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	43
Figura 11. Teores de Magnésio (Mg) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	44
Figura 12. Teores de Alumínio (Al) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	45
Figura 13. Capacidade de Troca de Cátions (CTC) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	46
Figura 14. Saturação por Bases (V%) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	47
Figura 15. Densidade dos Solos (DS) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	49
Figura 16. Porosidade total (PT) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Históricos e Arranjos dos agroecossistemas estudados, manejos e usos das áreas.....	28
Tabela 2. Níveis de pH em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	38
Tabela 3. Teores de fósforo (P) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	40
Tabela 4. Densidade de Partículas (DP) em amostras de solo de diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	50
Tabela 5. Presença de Esporos de FMAs e outros organismos indicadores da qualidade dos solos em diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.....	51

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

CRMB – Campus Rural de Marabá

CTC – Capacidade de Troca de Cátions

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FLO – Área de Reflorestamento

FMA's – Fungos Micorrizas Arbusculares

H⁺ - Íons de Hidrogênio

H+Al⁺³ – Hidrogênio + Alumínio (Acidez Potencial)

IFPA – Instituto Federal do Pará

La – Leitura da Amostra no Aparelho

Lb – Leitura da Amostra em Branco

mL – Mililitros

MOS – Matéria Orgânica do Solo

NaOH – Hidróxido de Sódio

PAS – Agroecossistema de Pastagem

pH – Potencial Hidrogeniônico

ppm – Parte por Milhão

rpm – Rotação por Minuto

SAF – Agroecossistema de Sistema Agroflorestal

SAFs – Sistemas Agroflorestais

SIC – Agroecossistema de Sistema de Cultivo

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

UNIEPEs – Unidades Integradas de Ensino, Pesquisa e Extensão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A QUALIDADE DO SOLO.....	17
2.1.1 Atributos físicos da qualidade do solo.....	18
2.1.2 Atributos químicos da qualidade do solo.....	20
2.1.3 Atributos biológicos de qualidade do solo.....	22
2.1.4 As Micorrizas.....	23
2.2 A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	24
2.3 OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	25
3. MATERIAL E MÉTODO.....	26
3.1 LOCAL DA PESQUISA.....	26
3.2 COLETA E ANÁLISES DOS SOLOS.....	30
3.3 ANÁLISES QUÍMICAS.....	31
3.3.1 Determinação do pH.....	31
3.3.2 Determinação do Nitrogênio Total.....	32
3.3.3 Determinação do Fósforo.....	32
3.3.4 Determinação de Potássio.....	33
3.3.5 Determinação de Cálcio e Magnésio.....	33
3.3.6 Determinação de Alumínio Trocável.....	33
3.3.8 Determinação da Matéria Orgânica.....	34
3.4 ANÁLISES FÍSICAS.....	34
3.4.1 Determinação da densidade dos solos.....	35
3.4.2 Determinação da densidade de partículas.....	35
3.4.3 Determinação da porosidade total.....	35
3.5 ANÁLISES BIOLÓGICAS.....	35

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 MATÉRIA ORGÂNICA.....	36
4.2 ANÁLISES QUÍMICAS.....	38
4.2.1 pH do solo.....	38
4.2.2 Nitrogênio (N).....	39
4.2.3 Fósforo (P).....	40
4.2.4 Potássio (K).....	41
4.2.5 Cálcio (Ca).....	42
4.2.6 Magnésio (Mg).....	43
4.2.7 Alumínio (Al).....	44
4.2.8 Capacidade de Troca de Cátions (CTC).....	46
4.2.9 Saturação por bases (V%).....	46
4.3 ANÁLISES FÍSICAS.....	48
4.3.1 Densidade do solo (DS).....	48
4.3.2 Densidade de partículas (DP).....	49
4.3.3 Porosidade Total (PT).....	50
4.4 ANÁLISES BIOLÓGICAS.....	51
4.4.1 IDENTIFICAÇÃO DE FMAS E OUTROS ORGANISMOS.....	51
5 PRODUTOS GERADOS.....	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
7 REFERÊNCIAS.....	56
8 ANEXO 1.....	65

1. INTRODUÇÃO

As Propriedades físicas, químicas e biológicas de um solo merecem grande importância, pois influenciam desde o desenvolvimento até a produtividade das plantas. Essas propriedades têm sido utilizadas para quantificar as alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo ou até mesmo como indicadores da sua qualidade (PRIMAVESI, 1990).

O Processo de ocupação da Amazônia se deu, através de ações governamentais que não levaram em conta os conhecimentos e as características regionais, e acarretaram consequências quase irreparáveis, com mudanças na paisagem principalmente, em função do avanço da ação antrópica, resultando em perdas da biodiversidade e da qualidade dos solos (HEBETE, 2004).

Após anos em uso a fertilidade dos solos mantém níveis de sustentabilidade que decrescem na medida em que o tempo de descanso da terra é reduzido, em geral pelo aumento da pressão populacional, e redução ou desaparecimento das áreas de florestas, incluindo a renda e benefícios sociais e ambientais que essas oferecem ao longo do tempo. De igual modo, é reduzida a contribuição de nutrientes aos cultivos anuais (KANASHIRO ; DENICH, 1998).

Esta realidade é visualizada no sudeste paraense, com o reconhecimento de que os solos usados para a pecuária com raras exceções, são solos de baixa fertilidade natural com elevada acidez, por serem solos envelhecidos e altamente intemperizados. Assim, o manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que requer muito mais tempo de descanso da terra (MENDES; REIS JUNIOR; PEREIRA NETO, 2002).

Neste sentido, faz-se necessário o monitoramento dos solos manejados com vista à preservação da sua qualidade para que o mesmo possa proporcionar uma produção continuada. E, uma das formas de monitorar esses ambientes é o uso de análises frequentes dos elementos essenciais que são utilizados como ferramentas para monitoramento da qualidade do solo (TÓTOLA ; CHAER, 2002).

Atualmente, o banco de dados dos atributos químicos e físicos permite padronizar faixas de valores ideais, o que não acontece ainda com os indicadores biológicos. Estudos relativos ao monitoramento das propriedades do solo são importantes para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas e suprir a ausência de dados, além de sinalizar o manejo adequado do ambiente visando à sua conservação e produtividade. Segundo Powlson; Brookes; Christensen (1987), alterações introduzidas ao ambiente causam flutuações na biologia do solo, até que seja atingido um novo ponto de equilíbrio.

A implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) pode promover o manejo sustentável do solo, pois quando o solo é compreendido como um sistema vivo e dinâmico, o processo para a sustentabilidade torna-se sistêmico, focalizando na manutenção de um sistema sadio, dinâmico e produtivo. O manejo da fertilidade é baseado nos ciclos de nutrientes, do desenvolvimento de matéria orgânica e do equilíbrio dos sistemas vivos e não vivos do solo, por isso o ecossistema do solo é considerado um conjunto de componentes e processos dinâmicos, complexos e em constante mudança (BRADY ; WEIL, 1996).

Os Agroecossistemas se diferem dos ecossistemas naturais pela manipulação humana, com o propósito de estabelecer uma produção agrícola, porém supõe-se que alguns processos, estruturas e características podem ser mantidas, trabalhando assim na direção de garantia da sustentabilidade (GLIESSMAN, 2001).

No Sudeste Paraense, assim com em grande parte da Amazônia brasileira a agricultura familiar também pratica o sistema de agricultura migratória, alternando o período de cultivo de milho (*Zea mays* L.) e mandioca (*Manihot sculenta*, Crantz) com os de descanso da terra, adotando a técnica da derruba e queima, que vem sendo questionada pela perda de nutrientes, emissões nocivas à atmosfera, além de riscos de incêndio (NEPSTAD; MOREIRA; ALENCAR, 1999).

Na tentativa de buscar o desenvolvimento sustentável, algumas práticas ecológicas como: roça sem queima, adubação verde, cobertura morta e plantio direto são difundidas como manejos e usos da terra. Recentemente várias instituições vêm desenvolvendo ações de pesquisa e extensão com as comunidades locais, que nos últimos anos trabalham na busca de alternativas do uso da biodiversidade de forma mais sustentável nos agroecossistemas, cuja discussão vem sendo implementado no Campus Rural de Marabá (CRMB) junto aos agricultores familiares, organização que vem desenvolvendo ações de sustentabilidade da produção familiar na mesorregião do Sudeste Paraense, constituindo-se num laboratório de estudos sociais, ambientais e culturais.

Esta pesquisa teve grande importância para o CRMB, primeiramente por que, os sujeitos que participam da comunidade institucional (educandos, educadores, agricultores familiares e moradores do assentamento 26 de março) em seus discursos, afirmam que o solo da região é pobre e que é preciso estudá-lo para mudar de vida. Em consequência disso, as áreas escolhidas para a pesquisa foram áreas selecionadas para a implantação das Unidades de Ensino, Pesquisa e Extensão (UNIEPEs). Em consequência disso, os resultados da presente pesquisa servirão de subsídio para outros pesquisadores em estudos posteriores.

Neste sentido, a pesquisa foi planejada e realizada com o objetivo avaliar as características físicas, químicas e biológicas dos solos sob diferentes agroecossistemas no CRMB e em área de um agricultor familiar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A QUALIDADE DO SOLO

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema da terra, balanceando entre fatores físicos, químicos e biológicos a sustentação de outras vidas, os principais componentes dos solos são: minerais, areia, silte, argila, matéria orgânica resultante da decomposição pela biota do solo e organismos vivos como minhocas, insetos, fungos, bactérias e outros. O solo é resultado de mudanças que ocorrem nas rochas, essas mudanças são lentas e chamadas de intemperismo que ocorrem de forma natural ou forçadamente por intermédio dos seres vivos (MORAES et al. 2006).

O conceito de qualidade do solo refere-se à sua capacidade de exercer funções ligadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, bem como à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas sócio-econômicas e de habitação humana, em ecossistemas naturais ou agrícolas (DORAN; PARKIN, 1994).

O estudo feito para tentar conceituar a qualidade do solo vem acontecendo a algum tempo, as primeiras novidades sobre o tema surgiram na década de 1970, mas estiveram basicamente ligados ao que diz respeito a fertilidade através de suas características químicas, pois acreditava-se que se um solo garantisse as culturas boas concentrações dos macronutrientes e micronutrientes, bastaria para que ele tivesse alta qualidade, e assim este solo teria capacidade de sustentar na sua totalidade a produção agrícola (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

Atualmente, o solo é compreendido como a base de toda a vida no globo terrestre, ele influencia nos rios que secam quando perdem sua porosidade superficial, no ar que recebe do solo gás carbônico produzido pelos microorganismos, nas plantas que são alimentadas com seus nutrientes. Assim, a qualidade do solo passou a ter um sentido mais amplo, valorizando os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Para Araújo ; Monteiro (2007) a qualidade do solo é definida como a sua capacidade de manter uma produtividade sustentável, melhorando o ambiente, para a alimentação da planta, do animal e do homem.

Segundo Sposito; Zabel (2003), a qualidade de um solo é um fator que tem influência na capacidade de uso da terra, na sua potencialidade, na produtividade e na sustentabilidade do agroecossistema, assim as condições atuais dos solos devem ser frequentemente analisadas para que

os agricultores e pesquisadores tenham as informações sobre que manejos e usos são mais adequados para aquele momento, ajudando assim na tomada de decisão para uma melhor utilização.

A discussão sobre o uso de indicadores como parâmetros a serem mensurados como qualidade do solo tem ganhado força, porém há dificuldade em se decidir quais parâmetros são capazes de atestar o impacto dos usos agrícolas sobre os solos. Em termos práticos o agricultor tem usado métodos empíricos como a visualização de plantas, insetos e microorganismos, além da constatação de erosão, matéria orgânica e compactação nas propriedades (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

O uso do solo para a agricultura influencia em todos os seus atributos, por isso é necessário que se identifique parâmetros que indiquem o seu real estado, assim poderemos saber o grau de sua resiliência, fazendo com que possamos monitorar essas mudanças temporalmente, pois quantificando esses atributos é possível mensurar a conservação ou a degradação dos solos.

Atualmente na agricultura moderna existe uma grande demanda pela identificação de parâmetros que avaliem em laboratórios, de modo eficaz e antecipadamente às alterações ocorridas no solo, indicando os manejos adequados para preservar ou melhorar sua qualidade (TÓTOLA ; CHAER, 2002).

A qualidade do solo quando indicada para avaliar a sustentabilidade dos sistemas é importante, porém essa avaliação por meio dos atributos do solo é complexa devido a grande diversidade dos usos, e das interações químicas, físicas e biológicas que controlam estes processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço (MENDES; MELLONI; MELONNI, 2006).

Para Vezzani; Mielniczuk (2009), nas pesquisas e discussões sobre a qualidade do solo e da sustentabilidade agrícola, surgiu uma linha de pensamento que visa à indicação de atributos de natureza biológica, química e física dos solos. Esses estudos da qualidade do solo são importantes subsídios para monitorar a sustentabilidade dos agroecossistemas, e são conceituados como a capacidade que um determinado tipo de solo, seja natural ou antropizado, para desempenhar várias funções de sustentação da atividade, da produtividade, da diversidade biológica, da manutenção da qualidade do ambiente, e da promoção de plantas e animais sadios (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

2.1.1 Atributos físicos de qualidade do solo

As práticas de manejo e uso do solo provocam alterações nas propriedades físicas do solo, essas alterações podem ser permanentes ou temporárias. Por este motivo, é importante avaliar a

qualidade física do solo, por considerá-lo um componente fundamental na manutenção da sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção. A qualidade do solo está relacionada à sua resiliência, que se refere à sua habilidade em se recuperar de degradação antropogênica ou natural, e retornar a um novo equilíbrio semelhante à condição ou estado anterior (SEYBOLD; HERRICK; BREDJA, 1998).

A qualidade física dos solos é um estudo em contínua expansão, já que suas propriedades e os seus processos estão envolvidos no suporte do crescimento radicular, na armazenagem e suprimento de água e nutrientes, nas trocas gasosas e na atividade biológica (ARSHAD ; MARTIN, 2002). Agronomicamente, os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxas de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão.

Muitos fenômenos que ocorrem no solo podem ser atribuídos às modificações ocorridas pelas alterações que ocorrem no meio edáfico, como: a quantidade de calor, gases e água transportados, e a resistência mecânica oferecida pelo solo (SANTANA, 2009). A manutenção da produtividade e da qualidade das culturas dos sistemas agrícolas está diretamente ligada a essas alterações físicas, uma vez que os vegetais necessitam de uma boa estruturação para o bom desenvolvimento das raízes, que são responsáveis pela alimentação e sustentação das plantas.

As raízes das plantas que crescem nos solos não podem sofrer barreira física ou qualquer outro tipo de resistência para o seu desenvolvimento, podendo resultar no comprometimento no desenvolvimento deste organismo, e interferir na sua hidratação e nutrição (TAYLOR; BRAR, 1991). A compactação do solo por meio do uso intenso de máquinas agrícolas também é fator limitante para a perda da fertilidade do solo, podendo causar danos a sua textura, estrutura e densidade (SANTOS, 2013)

A compactação dos solos é uma característica física do solo bastante avaliada em trabalhos que envolvem infiltração de água, porosidade, resistência à penetração, este processo de compactação pode alterar a estrutura do solo, aumentando a densidade, diminuindo a porosidade, reduzindo permeabilidade (BATEY ; MCKENZIE, 2006).

A densidade do solo é uma propriedade física bem dinâmica, as condições estruturais do solo, a sua textura, o tipo de cultivo usado, os manejos através do uso de máquinas pesadas, a presença animais em rebanho ou mesmo as condições ambientais como clima e relevo serem fatores preponderantes para a mudança nas suas condições (ARSHAD, MARTIN, 2002).

De acordo com Santana (2009), a densidade do solo, geralmente aumenta conforme se aprofundam as camadas do solo, pois as pressões exercidas pelas camadas superiores reduzem a

porosidade. A densidade do solo depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as partículas do solo, em solos minerais os valores da densidade do solo oscilam de 1,1 a 1,6 g/cm³ e, nos solos orgânicos, a densidade é inferior, achando-se entre 0,6 a 0,8 g/cm³. Já a amplitude de variação situa-se dentro dos limites médios: solos argilosos, de 1,00 a 1,25 g/cm³; solos arenosos de 1,25 a 1,40 g/cm³; solos húmíferos, de 0,75 a 1,00 g/cm³ e solos turfosos, de 0,20 a 0,40 g/cm³.

A porosidade dos solos (macroporosidade e microporosidade) também são aspectos analisados sobre a física dos solos muito importantes para o conhecimento de sua estrutura, a porosidade total é o espaço não ocupado por componentes minerais ou orgânicos, ou seja, constitui o espaço por onde os líquidos e o ar ocupam em relação à massa do solo (SANTANA, 2009). A porosidade depende da classe textural dos solos e está diretamente relacionada com o seu quantitativo de umidade. Os solos arenosos possuem menor porosidade, cerca de 35% a 50 %. Já os argilosos possuem maiores porosidades, variando de 40 a 60 % (RABELO, 2000).

Os microporos são os poros capilares que são responsáveis por reter a água no solo, e os macroporos pela fácil infiltração são responsáveis pela drenagem e aeração. Enfim, a porosidade do solo interagindo com outros aspectos físicos interferem na aeração, condução e retenção de água, assim como na ramificação das raízes, fazendo com que aconteça o bom aproveitamento de água e nutrientes pelas plantas (ROSA, 2010)

A porosidade total e a densidade do solo são parâmetros estudados como atributos da qualidade do solo, por se tratarem de propriedades dinâmicas, suscetíveis ao uso e de fácil determinação, estando relacionadas, à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (ARSHAD & MARTIN, 2002). Neste sentido, são propriedades susceptíveis ao uso, mas estão diretamente ligadas as boas condições para implantação e desenvolvimentos de culturas, devidos estarem relacionadas à compactação.

2.1.2 Atributos químicos de qualidade do solo

O preparo tradicional dos solos da Amazônia envolve derruba e queima da vegetação, e esta prática interrompe a reciclagem e os nutrientes que seriam adicionados gradativamente ao solo, pela decomposição da matéria orgânica, passam a ficar disponíveis de uma só vez, na forma de cinzas sobre a superfície do solo. Esta maior disponibilidade modifica os atributos químicos da camada superficial do solo, diminuindo a saturação por alumínio e aumentando o pH e as bases trocáveis proporcionando dinâmicas espaciais desses atributos da qualidade do solo (SILVA JUNIOR, BOECHAT; CARVALHO, 2012). Porém esses nutrientes são fornecidos de forma instantânea, mas

são perdidos por lixiviação e lavagem da superfície do solo, causando erosão pelo arraste das partículas através da ação dos ventos e das chuvas.

Os atributos químicos do solo são estudados para que se possa diagnosticar a sua capacidade em promover o desenvolvimento das plantas, mantendo a sua produtividade das culturas e a qualidade ambiental do sistema usado. Segundo Doran ; Zeiss (2000), esses atributos são sensíveis às variações do manejo e se relacionam com as funções desempenhadas pelo solo.

Os atributos químicos cujas alterações se dão rapidamente no tempo de acordo com o manejo são: pH, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial, soma de bases e, a capacidade de troca de cátion, e saturação por bases, os quais são os mais utilizados em estudos realizados em curto espaço de tempo, em função de seus reflexos imediatos. A forma de uso do solo e a ferramenta mais utilizada para esse diagnóstico tem sido a análise do solo (MARTINAZZO, 2006).

Umas das principais limitações químicas que os solos dos ecossistemas Amazônicos apresentam é toxidez das plantas através do Alumínio, esta limitação incide na capacidade deste elemento gerar acidez no solo, devido às reações de hidrólise do Alumínio hidratado em solução (MARSCHNER, 1995). A toxidez por Alumínio é mais comum mediante a ocorrência de pH abaixo da faixa de 5, pois nesta faixa o Alumínio é mais solúvel e ele passa a ocupar grande parte do complexo de torça, porém quando o pH do solo se eleva a aproximadamente 5,5 a toxidez por Alumínio se torna nula (FOY, 1974).

Os solos que possuem baixa fertilidade natural e acidez do pH muito elevada afetam na produção de boas colheitas, pois os elementos essenciais não estarão adequados para o suprimento vegetal. As dinâmicas dos atributos químicos agravados pelos manejos incorretos, somando-se as condições edafoclimáticas desfavoráveis causam prejuízos à capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, por causa da perda da fertilidade do solo seja pelos nutrientes exportados pelas culturas, pela lixiviação dos nutrientes superficiais ou mesmo pela erosão pelas chuvas e pelos ventos (LOPES, 2012).

Os nutrientes naturais ou mesmo os adicionados artificialmente, mesmo que estejam disponíveis, em boas condições e dentro da faixa de pH do solo para serem absorvidos, mesmo assim é necessário que eles estejam mineralizados por microrganismos e transformados através das reações químicas na presença de oxigênio. Entretanto, essa situação só acontece se o solo estiver suprido de matéria orgânica (LOPES; ALVES, 2005).

Assim, os nutrientes nativos ou adicionados ao solo, mesmo que estejam em condições propícias de disponibilidade em função da faixa de pH do solo, para serem absorvidos pelas plantas

precisam ser mineralizados por microrganismos e transformados via reações químicas na presença de condições adequadas de oxigênio, e essa situação ocorre apenas se o solo for bem suprido de matéria orgânica (LOPES ; ALVES, 2005).

Neste sentido, as análises dos atributos químicos que condicionam o bem estar agronômico e ambiental são importantes, para se conhecer previamente as formas de manejo e uso do solo a serem adotados nas práticas. Considerando que mesmo que os nutrientes benéficos estejam em bons níveis podem ser neutralizados, e que outros nutrientes prejudiciais excessivos podem ser liberados facilmente inibindo o desenvolvimento das culturas vegetais pela obstrução dos nutrientes, especialmente o Fósforo (CANAL ; MIELNICZUK, 1983 apud MARTINAZZO, 2006).

2.1.3 Atributos biológicos de qualidade do solo

Os estudos relacionados ao trabalho dos microrganismos dos solos em diferentes sistemas de manejo e uso da terra surgiram na década de 1990 e tem aumentado gradativamente no Brasil, fazendo repercutir ainda mais o conceito de qualidade do solo (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2009).

Os microrganismos são a parte viva dos solos, e agem ativamente na matéria orgânica, e de posse de resultados da ação biológica podemos detectar alterações provocadas por influência dos manejos em um solo que anteriormente apresentava algumas características, e sofreram alterações em seus parâmetros químicos e físicos. Todavia, a parte biológica do solo é mais sensível do que as outras, quando se trata da avaliação da mudança de qualidade dos solos em decorrência das práticas de manejo (DICK *et al.*, 1988 apud LOPES, 2012).

Os atributos biológicos trabalham na dinâmica dos agroecossistemas na formação dos solos, na ciclagem de nutrientes, mineralização da matéria orgânica, na formação da estrutura dos solos, mutualismo entre plantas e animais, na retenção de água nas camadas superiores do solo, na produção de hormônios, na solubilização dos nutrientes, afetando a composição da atmosfera, e na inibição do crescimento de plantas invasoras, microrganismos, enzimas e compostos que podem causar variação prejudicial no solo (CHAER, 2001).

Dentre os atributos biológicos mais importantes a serem observados em agroecossistemas estão à verificação da presença de organismos que podem servir como indicadores da qualidade do solo e restauração ambiental dos sistemas. A microbiologia envolve o conhecimento de organismos e suas relações entre solo-planta-ambiente, e este estudo abrange complexidade de organismos que constituem o solo e suas importâncias como transformadores das condições dele, além disso,

reconhecem que a atividade alimentar desses microorganismos promovem a ciclagem de nutrientes e a regulação de processos microbianos.

Os micro-organismos por estarem na base da cadeia trófica são associados aos diversos processos ecológicos do solo, despontando como indicadores da qualidade dos mesmos. Somente a partir da década de 1940 os pedólogos interessaram-se pela fauna edáfica, principalmente pelos animais que contribuíam em diferentes processos químicos, físicos e mecânicos.

Rodrigues; Mata (2015), relataram sobre a importância do conhecimento sobre os atributos biológicos da qualidade dos solos, no trabalho de avaliação desses atributos em diferentes agroecossistemas do campo agropecuário e ecossistema natural do Instituto Federal do Pará no Campus Castanhal, e concluíram sobre a existência de indicadores adequados à qualidade do solo e à sustentabilidade dos agroecossistemas no Nordeste Paraense.

2.1.4 As Micorrizas

A associação entre fungos e as raízes das plantas é conhecida com “micorriza”, o botânico Alemão Albert Bernard Frank assim denominou em 1885, porém antes disso essa interação já teria sido relatada como se fosse parasitária (HENTZ, 2006).

Fungos e plantas desenvolveram a capacidades de se comunicar de forma celular que permitiram a interação célula-célula, e estabeleceram uma relação simbiótica estável como ocorre com as micorrizas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). O processo de evolução das micorrizas não é conhecido, mas sabe-se que é uma das relações mais antigas de autotróficos com heterófitos, contendo estruturas especializadas. Considera-se provável a relação das micorrizas com os líquens, que são associações entre fungos e algas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

As micorrizas tem a capacidade de realizar a fotossíntese, e de associarem-se as raízes das plantas facilitadas por um biotrofismo, e age como parceiro da planta através da habilidade dos simbiontes de atuarem de maneira regulável, controlando assim os benefícios da mútua relação. Em consequência da constatação dessa associação de simbiose, foi despertado grande interesse no estudo sobre as mesmas, pois elas atuam na absorção de nutrientes e como agente de controle biológico de pragas e doenças.

As informações sobre distribuição e frequência das micorrizas ainda são escassas, mas existem informações de que algumas espécies atuam em grande incidência em regiões de cerrado que contém plantas nativas, englobando gramíneas, leguminosas e espécies arbóreas (HENTZ, 2006).

2.2 A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS)

A matéria orgânica do solo é entendida como o maior indicador para a fertilidade e a qualidade dos mesmos, por considerá-la influente nos outros atributos essenciais para que o solo venha desempenhar as suas funções. A diminuição da fertilidade dos solos sobre diferentes manejos se deve, em parte, às perdas de matéria orgânica do solo, a qual é o principal constituinte do solo, por ser responsável pela disponibilidade de nutrientes para as plantas, e estar intimamente ligada aos processos físicos, químicos, biológicos e mineralógicos do solo (MARTINS, 2009).

Doran; Parkin (1994) apontam a matéria orgânica como atributo-chave da qualidade do solo, pois ela é sensível a modificações ocasionadas pelos tipos de manejo do solo. Este atributo influencia na disponibilização de água para as plantas através da infiltração e a retenção, fornece nutrientes primários às plantas, mas tem susceptibilidade a erosão (GREGORICH et al., 1994).

A ação da MOS reflete sobre outros atributos como a estrutura e a ciclagem de nutrientes. Em solos como o da Amazônia que sofrem intensa intemperização a MOS tem efetiva importância na capacidade de troca de cátions (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Segundo Freixo (2000); Bayer et al.,(2002) a avaliação de compartimentos da matéria orgânica do solo em partícula pode ser associada à incrementação da sensibilidade e esta fração desempenha função na ciclagem de nutrientes. Esta fração quando particulada relaciona a sua grandeza com o carbono biomassa microbiana do solo, a MOS é considerada um reservatório de nutrientes, por isso apresenta associação com a fertilidade do solo (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

Outro atributo relacionado com a MOS é a mineralização do carbono da matéria orgânica, este precisa de tempos maiores de descanso sobre o solo para no final do seu ciclo estar na forma de nutriente, que nutrirá a planta futuramente. Neste sentido as alterações positivas ou negativas que indicarão a qualidade do solo podem ser antecipadamente induzidas já na adoção dos sistemas e uso do solo.

Notadamente as situações provocadas pelos manejos e usos do solo adotados para curto prazo, envolvendo utilização intensa de máquinas e defensivos não são eficientes para obtenção de sistemas sustentáveis e a manutenção da qualidade do solo. Em contraposição a este manejo, as práticas agroecológicas, mantêm ou mesmo melhoram as condições para que a MOS possa sofrer a ação dos microorganismos, assim completando a mineralização que porventura irá melhorar os atributos de qualidade do solo.

2.3 OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Em face às crises sucessivas do processo de desenvolvimento rural nas diferentes esferas da sociedade: econômica, social e ambiental, abrem-se possibilidades para se pensar novas alternativas de desenvolvimento rural com base na sustentabilidade da pequena produção familiar.

Neste contexto, a alternativa existente para o uso da terra, que contempla a produção de alimentos e a preservação ambiental, encontra-se o sistema de produção agrícola, conhecidos como sistemas agroflorestais (SAFs). O termo SAFs, se refere a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra, onde espécies florestais são utilizadas em conjunto com as culturas agrícolas e/ou atividades pecuárias numa mesma área, dentro de um arranjo espacial ou sequência temporal (ICRAF, 1998).

Os SAFs indicam ser muito mais eficientes do que uma agricultura convencional, caracterizada por uma expressiva necessidade de adição de produtos industrializados (pesticidas e agrotóxicos) para uma produção de excedentes livre de pragas, sem analisar as condições ecológicas do ambiente e adicionando nutrientes e tóxicos nas plantações, para o posterior consumo humano. Segundo Ahrens,(2006) a agricultura orgânica é um conjunto de processos de produção agrícola que parte do desígnio básico de que a fertilidade é função direta da quantidade de matéria orgânica contida no solo e junto com a ação de micro-organismos presentes nos compostos biodegradáveis, que possibilitam o suprimento de elementos minerais e químicos necessários ao desenvolvimento das culturas.

Essas experiências, possibilitam a implementação de formas de manejo com base na diversificação da produção, e da biodiversidade se fundamentando nos princípios da agroecologia. A introdução organizada de SAFs com diferentes combinações de cultivos, criações e com a presença de espécies florestais, caracterizam-se em modelos que vêm se consolidando de forma sustentável e gradativa em Marabá e outras regiões, em contraste com os sistemas de produção chamados de tradicionais (HOMMA, 1998; BAENA ; FALESI, 1999).

Os SAFs têm sido recomendados para regiões tropicais devido aos seus benefícios sociais, econômicos e ambientais. Tais benefícios estão geralmente relacionados à capacidade de sequestro de carbono da atmosfera, ciclagem adequada de água e nutrientes, e melhoria da qualidade do solo em comparação com monoculturas agrícolas anuais ou perenes.

Considerando a importância dos SAFs para a sustentabilidade dos agroecossistemas, Kato (2007), relatou sobre o desenvolvimento pesquisa no nordeste paraense, apresentando resultados de recuperação de bons níveis de fertilidade dos solos em áreas de agricultores familiares, pois a

implantação de SAFs procedeu na recuperação de boas condições químicas, físicas e biológicas do solo das áreas que estavam degradadas pelo intenso uso do fogo, desmatamento e uso de insumos químicos. Além disso, os novos arranjos permitiram melhor qualidade de vida ao agricultor, pois eles tiveram melhorias em sua vida econômica, social e ambiental.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 LOCAL DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida em áreas situadas no Campus Rural de Marabá (CRMB) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), situado no Projeto de Assentamento 26 de março, na Rodovia BR 155, km 25, no município de Marabá no Pará, conforme mapa da Figura 1. As atividades foram executadas em áreas selecionadas onde foram implantadas as Unidades Integradas de Ensino, Pesquisa e Extensão e no sistema agroflorestal existente no lote de um agricultor familiar na Vila Espírito Santo na zona rural de Marabá, sob as coordenadas 05°34'12" Sul da linha do Equador e 49°06'04" Oeste de Greenwich, e com clima AWi segundo a classificação de Koppen, destacando-se um período chuvoso de 6 meses e outro período seco de 6 meses. Foram selecionadas quatro áreas, conforme distribuição na Tabela 1 e imagens das figuras 2, 3, 4 e 5.

Os arranjos dos sistemas agroflorestais se dispõem conforme da Tabela 1, sendo as áreas FLO, SIC e PAS localizados no CRMB. Enquanto que a área SAF localiza-se na Vila Agrícola Espírito Santo na zona rural de Marabá. A pesquisa realizada nestes locais teve a finalidade pedagógica, sendo a capacitação dos educandos do CRMB envolvidos realizada durante as atividades práticas nas UNIEPEs. Enquanto que a capacitação dos agricultores da Vila Espírito Santo se deu através do curso de Agricultor Agroflorestal ministrado na escola José Freire de Alencar, atingindo um público de 25 educandos matriculados e 25 ouvintes.

O curso de Agricultor Agroflorestal foi ministrado nos meses de janeiro e fevereiro de 2015 totalizou 100 horas, e envolveram atividades práticas com relatos de experiência dos agricultores, aulas expositivas e dialogadas, interação de conteúdos básicos e profissionais, visitas em SAFs da região e viveiros de produção de mudas, implantação de viveiros, sementeiras, e implantação de um Sistema Agroflorestal na comunidade para diversificação do agroecossistema, além de pesquisas bibliográficas atendendo as necessidades dos agricultores familiares, de acordo com a realidade local.

Figura 1: Mapa do Campus Rural de Marabá/ IFPA

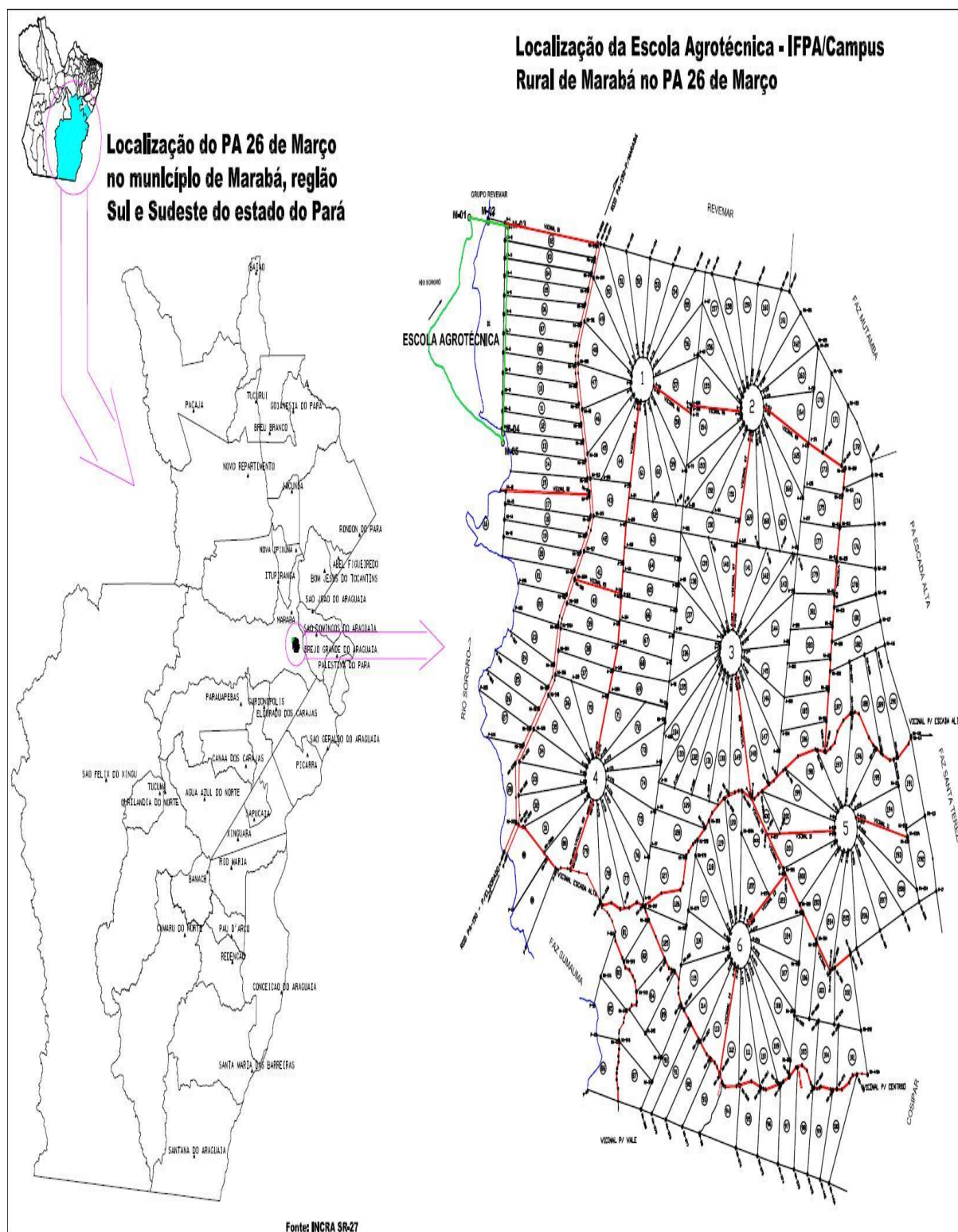


Figura 1: Mapa do Campus Rural de Marabá/ IFPA

Fonte: Acervo do CRMB

Tabela 1: Histórico e Arranjo dos agroecossistemas estudados, manejos e usos das áreas.

Área	Descrição
FLO	Área de quatro hectares em reflorestamento, que apresenta consórcio de castanha-do-Pará (<i>Bertholletia excelsa</i>), seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>) que são plantios adultos e cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>). Esta área vai da divisa com o Assentamento 26 de Março e a fazenda Revemar até o plantio de seringueiras e castanheiras, parece ser a mais velha (entre 18 a 24 anos), apresentando também árvores de babaçu com 10 a 15 m de altura, numa distribuição espacial muito adensada. O plantio de seringueiras e castanheiras dispõem de árvores em plena produção e fragmentos de florestas secundárias de várias idades.
SAF	Área de quatro hectares no lote do agricultor pai de educando do CRMB na Vila Espírito Santo, com presença de árvores como: Castanha do Pará (<i>Bertholletia excelsa</i>), cajá (<i>Spondias lutea</i> , Linn), e cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>) configurando-se de um Sistema agroflorestal, e também leguminosas, como: feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i>), feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>) para enriquecimento da biomassa.
SIC	Área de quatro hectares escolhida para implantar os Sistemas de cultivo do CRMB, que dispõem frutíferas como: cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>), cajá (<i>Spondias lutea</i> , Linn), abacaxi (<i>Ananas comosus</i> , L.Merril) e lavouras como: milho (<i>Zea mays</i>), mandioca (<i>Manihot sculenta</i> , Crantz) e também leguminosas. O manejo da área foi feito através do sistema de cultivo mínimo, trituração da pastagem e incorporação do calcário como forma de correção do solo para a implantação das culturas existentes
PAS	Área de quatro hectares de pastagem, onde foi implantado um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no CRMB, e que foi introduzido mogno brasileiro (<i>Swietenia macrophylla</i> , King), cajá (<i>Spondias lutea</i> , Linn) e cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>) nas bordas, milho (<i>Zea mays</i>) e feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) dentro dos piquetes. Nesta área houve invasão pelo fogo que converteu uma capoeira em pasto no ano de 2011. As pastagens com capim braquiário ocupam aproximadamente 30% da área. No meio destas pastagens observa-se a presença de pontos fortemente “enjuquirados” e até mesmo florestas secundárias já estabelecidas, com menos de um hectare, que se desenvolveram principalmente em locais onde havia um reservatório de água para o gado.
	FLO - Reflorestamento; SAF- Sistema Agroflorestal ; SIC - Sistema de cultivo; PAS - Pastagem



Figura 2: Área de Reflorestamento (FLO).

Fonte: Próprio autor



Figura 3: Sistema Agroflorestal (SAF)

Fonte: Próprio autor



Figura 4: Sistema com cultivo (SIC).

Fonte: Próprio autor



Figura 5: Agroecossistema de Pastagem (PAS).

Fonte: Próprio autor

3.2 COLETA E ANÁLISES DOS SOLOS.

As coletas de amostras de solo foram realizadas nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, foram feitas coletas em vários pontos dos tratamentos para de se obter amostras compostas para a caracterização destes solos, em três repetições por tratamento, em seguida foram armazenadas e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo e Plantas da Universidade Federal do Sul e

Sudeste do Pará e do Laboratório de Solos do IFPA Campus de Castanhal, onde se realizaram as análises.

As amostras foram destorroadas e homogeneizadas retirando-se pedras e fragmentos vegetais visíveis, o que após o peneiramento (malha 2 mm) e transformadas em Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) (Figura 6).



Figura 6: Amostras de terra fina seca ao ar para análises laboratoriais

Acervo: Próprio do autor

3.3 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas conforme a metodologia da EMBRAPA (2011) e as análises realizadas foram: pH, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Acidez potencial, Matéria Orgânica.

3.3.1 Determinação do pH

Foi realizada a medição da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo eletronicamente por meio de eletrodo combinado, imerso em solução solo=água na proporção de 1:2,5. Colocado 10 mL de TFSA com o auxílio do cachimbo em copo plástico, adicionou-se 25 mL de água destilada através da proveta. A amostra foi agitada com o bastão de vidro e deixado em repouso por 60 minutos aproximadamente. Decorrido os 60 minutos de repouso, a mistura solo+água foi agitada novamente com bastão de vidro, e finalmente foi inserido o eletrodo e o sensor de temperatura que procedeu sobre a leitura do pH em água.

3.3.2 Determinação do Nitrogênio Total

Para a determinação do Nitrogênio foi pesado 0,7 gramas de solo e colocado no Balão Kjeldahl de 100 mL e depois pesado com 0,001 g aproximadamente, em seguida foi adicionado 15mL de mistura ácida de sulfato e feito o procedimento de digestão, o conteúdo foi fervido até o momento que a matéria orgânica foi destruída totalmente. Posteriormente o conteúdo foi esfriado e adicionado a 25 mL de água para homogeneizar, adicionando-se duas gotas de xarope de cloreto férrico.

Juntou-se a solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 30% até a coloração ficar de cor castanha, a solução esfriou e depois foi colocada na balança e pesado até atingir o peso do balão mais 60,35 gramas, em seguida a solução foi misturada e adicionado 12 gramas da solução neutralizada (140mg de solo). Depois foi colocado 2,5 mL de ácido bórico e 4 gotas do indicador misto sobre a câmara de difusão, foi adicionado ao líquido contido na câmara mais 2 mL de NaOH a 30% e fechado para evitar perdas de amônia.

A solução foi agitada ligeiramente em movimentos circulares, e deixada em repouso por uma noite, no outro dia foi aberta a câmara, e o recipiente de plástico foi retirado e transferido para o béquer de 100 mL, e lavado com 10 mL de água, em seguida foi feito a titulação da solução com H_2SO_4 0,0005 mol $^{-1}$ até a coloração mudar de roxa para rósea. E Finalmente foi utilizado uma prova em branco para calcular quantidade de N existente na amostra.

3.3.3 Determinação do Fósforo

O fósforo extraído foi determinado no espectroscópio, através da leitura de intensidade da cor do complexo fosfomolibdico produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico. Para a determinação foi pipetado 25 mL do extrato e passado para um recipiente de plástico, em seguida foi pipetado 5mL desse extrato e transferido para o tubo de ensaio de 25 mL, adicionado a 5 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluído, agitado e deixado desenvolver a cor por uma hora.

O espectrofotômetro foi ligado 30 minutos antes, com o objetivo de ajuste do aparelho em tramitância de 0 e 100, usando a cubeta preta e o material obtido na prova em branco na frequência de 660 mn. O aparelho foi ajustado para fornecer diretamente o valor da concentração de fósforo, efetuando as leituras dos padrões 1,2,3 e 4 ppm. Em seguida foi efetuada a leitura das amostras anotando o (La) para se proceder com o cálculo.

O fósforo disponível é dado pela expressão: **mg de P / dm³ de TFSA** = $\frac{(La - b)}{a} \times 10$, onde

La é a leitura da mostra no aparelho, e **a** e **b** são os coeficientes angular e linear da reta,

respectivamente, e são obtidos pelos valores de concentração de fósforo dos padrões do eixo da abscissas e da leitura no eixo das coordenadas.

3.3.4 Determinação de Potássio

A determinação do potássio foi feito através do método direto pelo fotômetro de chama, para isso foi utilizado 20 mL do extrato, e selecionado o filtro próprio para potássio, depois aferido o fotômetro com água destilada para o ponto zero e com a solução padrão de 0,4 mmol de K^+/L para o valor correspondente ao ponto máximo da escala.

Em seguida foram efetuadas as leituras dos demais pontos: 0,1 0,2 e 0,3 mmol de K^+/L . Feitas as leituras das amostras, foi anotado o (La) para fazer o cálculo da concentração de potássio na amostra, que é dado pela seguinte expressão: $\text{mg de P} / \text{dm}^3 \text{ de TFSA} = \frac{(La - b)}{a}$, onde **La** é a leitura da amostra no aparelho, e **a** e **b** são os coeficientes angular e linear da reta, respectivamente, e são obtidos pelos valores de concentração de potássio dos padrões do eixo da abscissas e da leitura no eixo das coordenadas.

3.3.5 Determinação de Cálcio e Magnésio

O procedimento de extração de cálcio e magnésio se deram com KCl eles foram analisados por titulação com o EDTA. Foram transferidos 7,5 gramas de TFSA para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionados 150 mL da solução extratora de KCl -1 mol^{-1} . Posteriormente a extração foram coletadas duas alíquotas de 50mL do extrato e tituladas com a solução EDTA $0,0125 \text{ mol.L}^{-1}$. Sendo que a primeira alíquota foi usada para a quantificação conjunta do cálcio+magnésio, e a segundo alíquota para a quantificação do cálcio. Finalmente os teores de Cálcio + Magnésio foram calculados pela equação: $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}(\text{cmolc.kg}^{-1}) = \text{volume de EDTA na titulação em mL}$. Enquanto que os teor de Cálcio foram calculados Pela equação: $\text{Ca}^{++}(\text{cmolc.kg}^{-1}) = \text{volume de EDTA na titulação em mL}$.

3.3.6 Determinação de Alumínio Trocável

Para a determinação da concentração de Alumínio foi pipetado sem filtrar 25 mL do extrato de solo e depois foi transferido para Erlenmeyer de 125 mL, foi adicionado 3 gotas do indicador fenolftelaína e titulado com solução de NaOH 0,025M até a coloração atingir a cor róseo, depois foi feito a verificação do número de mililitros gastos na titulação e anotado o (La).

Posteriormente foi realizada uma prova em branco utilizando a solução extratora, e verificando e anotando o número de mililitros gastos na titulação (L_b). Em seguida fez-se o cálculo do teor de Alumínio trocável que foi dado pela seguinte expressão: **cmol Al^{3+} / dm ^{3} de TFSA** = $(L_a - L_b) \times M_{(\text{realNaOH})} \times 40$.

3.3.7 Determinação de Matéria Orgânica

O processo se deu através do método volumétrico pelo dicromato de potássio, onde o carbono da matéria orgânica é oxidado a CO_2 e o cromo da solução extratora é reduzido da valência +6 (Cr^{+6}) à valência +3 (Cr^{+3}). Inicialmente foram tomados 20 gramas de TFSA e passado na peneira de 80 mesh, depois pesado 0,5 gramas de TFSA em erlenmeyer de 250 mL, adicionado 10 mL de solução de dicromato de potássio 0,167M e rapidamente 10 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Posteriormente houve esfriamento durante 30 minutos e adicionado 50 mL de água destilada e 3 mL de ácido fosfórico. Em seguida foi adicionado 3 gotas do indicador difenilamina 1% e agitado cuidadosamente. Foi realizada titulação com solução de sulfato ferroso 0,5M até a obtenção da coloração verde, e anotando o volume gasto na titulação (L_a). A prova em branco foi realizada procedendo da mesma forma descrita no procedimento anterior, porém sem a presença dos 0,5 gramas de solo, e anotado o volume gasto na titulação (L_b). Na Sequência, foi feito a titulação do excesso de dicromato de potássio pelo sulfato ferroso amoniacal.

O fator será dado pela seguinte expressão:

$$M_{(\text{real})} = 10 / \text{volume gasto na titulação}$$

A concentração de carbono orgânica do solo será dado pela seguinte expressão:

$$\%C = \frac{(L_b - L_a) \times M_{(\text{real})} \times 0,003 \times 100}{\text{Massa do solo}} \times 0,77$$

O teor de matéria orgânica do solo será dado pela seguinte expressão:

$$\%M.O. = \%C \times 1,724.$$

3.4 ANÁLISES FÍSICAS

As análises físicas foram realizadas sob a metodologia da EMBRAPA (2011) e os atributos analisados foram a Densidade dos solos, Densidade de Partículas e Porosidade Total.

3.4.1 Determinação da Densidade do Solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, onde foi determinado o volume do anel que continha a amostra, depois foi pesado o conjunto anotando-se a massa e colocado na estufa a 105°C e após 24 horas e 48 horas foram retirados e pesados respectivamente. Após a retirada da amostra do anel volumétrico foi verificado e eficiência da amostragem e registrado a presença de raízes ou canais, e o enrugamento na periferia da amostra.

A densidade do solo é caracterizada através do cálculo: $D_s = \frac{a}{b}$; onde **D_s** é a densidade do solo em kg.dm⁻³, **a** é a massa da amostra seca a 105°C em kg e **b** é volume do anel em dm³.

3.4.2 Determinação da Densidade de Partículas

A densidade de partículas foi determinada através do volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, que continha solo seco em estufa. Primeiramente foi pesado 20 gramas de solo, e colocado em uma lata de alumínio de massa conhecida, o solo foi deixado para secagem na estufa a 105°C num período de 12 horas, depois foi pesado com a finalidade de se conhecer a massa da amostra seca. A amostra foi transferida para balão aferido de 50 mL, foi adicionado álcool etílico, e posteriormente o balão foi agitado para eliminação das bolhas de ar e finalmente anotar volume de álcool gasto para completar o espaço do balão volumétrico.

A densidade de partículas se dá pelo cálculo: $D_p = \frac{a}{50 - b}$; sendo que **D_p** é a densidade de partículas em kg.dm⁻³, **a** é a massa da amostra seca a 105°C em kg, e **b** é o volume de álcool gasto em m⁻³.

3.4.3 Determinação da Porosidade Total

A Porosidade total determinou o volume de poros totais do solo ocupado pela água e pelo ar, e foi determinado pelo simples cálculo:

$PT = \frac{(a - b)}{a} \times 100$, onde **PT** é a porosidade Total, **a** é a densidade de partículas, **b** é a densidade do solo.

3.5 ANÁLISES BIOLÓGICAS

Para análise biológica foram coletadas dez amostras de solos de 0 a 10 centímetros, aleatoriamente andando e zigue zague nas áreas pesquisadas. Em seguida as amostras de solos foram misturadas para formar uma amostra composta e enviadas ao laboratório da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará para o procedimento laboratorial realizado através da técnica para extração de

esporos de FMAs e pela técnica de peneiramento úmido de Gerdemann ; Nicolson, (1963) e centrifugação em água e sacarose a 40%, (JENKINS, 1964).

A identificação dos organismos presentes no solo consistiu na extração de 50 gramas de solo pela técnica de peneiramento úmido e centrifugação em água e sacarose a 40%. A amostra de solo foi suspensa em 1 litro de água em um béquer e agitada vigorosamente, seguida de decantação por alguns segundos, o sobrenadante foi passado pelo conjunto de peneiras de malha 710 μm a 45 μm sobrepostas em um béquer, na sequência da malha menor para a maior. Nas peneiras ficaram retidos esporos, solos e material orgânico, os sedimentos no fundo foram suspensos novamente.

O método de decantação e peneiramento úmido foi associado ao método de centrifugação em sacarose que consistiu, em transferir o material retido nas peneiras e transferi-los para os tubos da centrífuga e adicioná-los a água, os tubos são centrifugados por 3 minutos a 2500 rpm. Depois da centrifugação o sobrenadante é descartado, e adiciona-se solução de sacarose a 40%. O material (solo + esporos) sedimentado foi suspenso com auxílio de espátula e centrifugado novamente a 2500 rpm por um minuto. O sobrenadante contendo esporos é vertido em peneiras, lavado em água corrente e recolhido em placa para avaliação e identificação. A avaliação e identificação dos gêneros e espécies encontradas foram feitas através da observação das características morfológicas externas de sua formação com o auxílio de uma lupa estereoscópica.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL (ESTATÍSTICA)

O experimento foi conduzido no Delineamento Inteiramente Casualizado e esquema Fatorial 4x3, correspondendo quatro áreas de estudo (agroecossistemas), três profundidades de solo (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 centímetros), com três repetições, totalizando 36 parcelas. Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Anexo 1 estão apresentados em uma tabela os Quadrados Médios da Análise de variância dos atributos químicos, físicos e matéria orgânica, de caracterização da qualidade dos solos avaliados no presente trabalho.

4.1 MATÉRIA ORGÂNICA

Os dados de Matéria Orgânica obtidos dos fatores estudados agroecossistemas e

profundidades, após submetidos a Análise de Variância, constatou-se efeito significativo na interação entre os fatores. Após a aplicação do teste de média Tuckey ($P < 0,05$) nos resultados para os teores desse componente do solo, expressos na Figura 7, verificou-se maior concentração de MO na camada de 0 a 10 cm nos agroecossistemas FLO (2,73 g.Kg⁻¹) e SAF (2,56 g.Kg⁻¹), seguidos do SIC (2,11 g.Kg⁻¹) e da PAS (0,26 g.Kg⁻¹), respectivamente. Os teores de MO apresentaram redução com o aumento da profundidade nos tratamentos FLO e SAF, no SIC observou-se também essa tendência, o que não ocorreu no tratamento PAS que não apresentou variação. Ressalta-se nesse contexto que os agroecossistemas FLO, SAF e SIC foram considerados eficientes na manutenção de níveis de MO com o aumento da profundidade em baixa variação, embora observada variações significativas, enquanto o do agroecossistemas PAS, observado os menores teores para esse componente, destacando-se com inferior eficiência na conservação de MO nas três profundidades estudadas.

Os resultados de teor de MO do solo dos agroecossistemas estudados são semelhantes aos de Marin (2002), que relatou maiores teores de matéria orgânica em sistema sob manejo agroecológico, quando comparado a sistema sob o manejo convencional, principalmente nas camadas superficiais. Os tratamentos FLO e SAF induzem o aumento dos níveis de carbono orgânico do solo, devido ao maior aporte de resíduos orgânicos no solo que estes sistemas produzem ao longo dos anos de manejo.

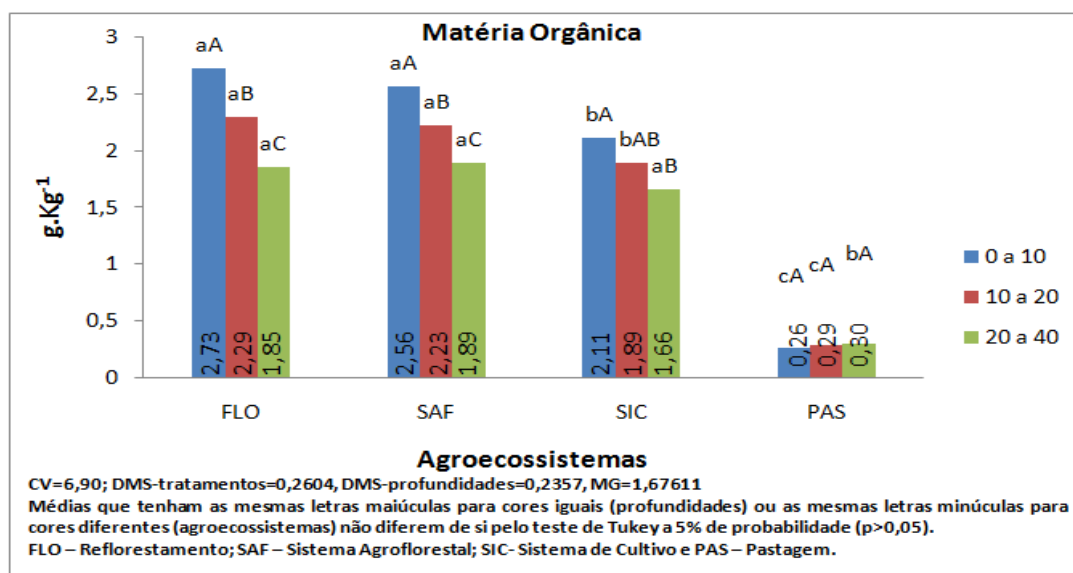


Figura 7. Teor de Matéria Orgânica (MO) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

A camada superficial detém os maiores resultados, por que mantém uma manta espessa onde provavelmente armazena altos teores de carbono e nitrogênio e matéria em decomposição capaz de

abrigar uma infinidade de organismos que compõe a matéria orgânica do solo. É nessa camada espessa abriga a fauna edáfica por que dispõe de maiores ambientes favoráveis (CANTO,1996)

Os resultados de Ferreira (2005), são semelhantes porque relatam que em áreas de reflorestamento e sistemas agroflorestais os maiores teores de matéria orgânica facilitam a ciclagem de nutrientes, auxiliam no aumento da concentração de ácido húmico e nas boas condições de vida para a mesofauna. Além disso, é importante ressaltar papel da matéria orgânica nos processos físicos do solo, promovendo a melhoria da estrutura e influenciando na aeração e na retenção de água nas camadas do solo (STEVENSON, 1994).

4.2 ANÁLISES QUÍMICAS

4.2.1 pH do Solo

Para o indicador pH do solo dos agroecossistemas estudados neste trabalho, confere-se no resultado da Análise de Variância (Anexo 1) que não houve significância estatística na interação entre fatores (Agroecossistemas e Profundidades), apenas foi observado significância isolada entre eles ($P < 0,01$). Aplicando-se o teste de média Tuckey ($P > 0,05$) nos resultados dos fatores isolados Agroecossistemas e Profundidades, constatou-se para os do primeiro fator, expresso na Tabela 2, valor significativamente superior para o SIC (5,53) e FLO (5,46), seguidos dos resultados do SAF (5,28) e PAS (4,88), respectivamente. Em relação aos resultados do fator profundidade, ainda na Tabela 3, observou-se no da camada de 0-10cm, valor significativamente superior (5,37) aos das demais camadas de 10-20cm (5,27) e 20-40cm (5,23) e estes últimos não diferindo entre si.

Tabela 2. Níveis de pH em solo, sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá/PA, 2016.

pH em água		pH em água	
Médias do Fator 1 /Agroecossistemas (cm)		Médias do Fator 2 /Profundidade (cm)	
FLO	5,46667a	0 a 10 cm	5,37500 a
SAF	5,28889 b	10 a 20 cm	5,27500 b
SIC	5,53333 a	20 a 40 cm	5,23333 b
PAS	4,88889 c		
DMS:0,10614		DMS:0,08320	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade($p>0,05$).
FLO –Reflorestamento ; SAF – Sistema Agroflorestal; SIC- Sistema de Cultivo e PAS – Pastagem.

Comparando-se as médias de pH do solo entre os agroecossistemas, observa-se que mesmo considerando valor absoluto superior no tratamento SIC (5,53), ainda é ácido. Esse maior valor de pH, possivelmente pode estar relacionado com os efeitos residuais do uso de calcário e do aporte da adubação orgânica neste agroecossistema. Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho; Goedert; Armando (2004) e Rodrigues; Mata (2015), quando observaram menores níveis de acidez do solo em manejos e condições edáficas semelhantes. A eficiência da calagem em elevar o pH do

solo nas camadas superficiais também foi relatada por Ismail; Blevins; Frye (1994) e Oliveira ; Pavan (1994), constatando a redução da acidez e do Alumínio nas camadas do solo em até trinta e dois meses, depois da aplicação de calcário na superfície de sistemas para áreas cultivadas.

4.2.2 Nitrogênio (N)

Para o indicador N, segundo os resultados da Análise de Variância, constatou-se significância estatística na interação entre fatores os Agroecossistemas e Profundidades ($P < 0,05$). Aplicando-se o teste de média Tuckey ($P < 0,05$) no desdobramento da referida interação, conferiu-se variação significativa nos tratamentos, os quais encontram-se distribuídos na Figura 8. Não se observou diferença significativa nos resultados para N entre os Agroecossistemas, entretanto, foi observado variação significativa entre profundidades, considerada a de 0-10cm com valores médios significativamente superiores em todos os agroecossistemas, à exceção do Agroecossistemas FLO constatado que não houve significância entre profundidades neste tratamento. Analisando os resultados para N, destaca-se o agroecossistema FLO com valores absolutos superiores entre os agroecossistemas e profundidades.

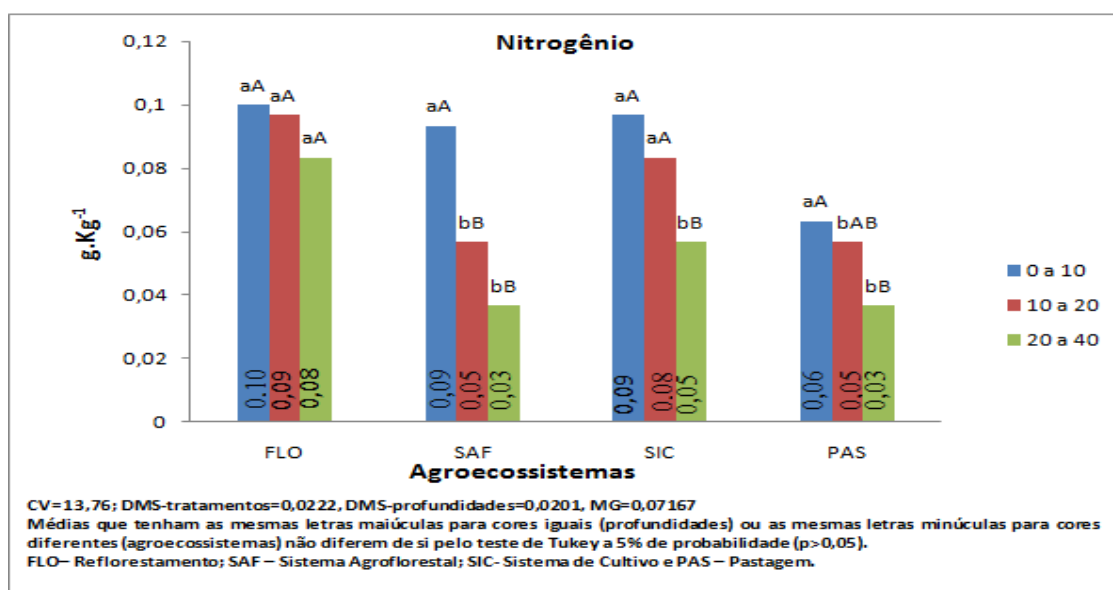


Figura 8. Teores de Nitrogênio (N) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

Quanto à distribuição da concentração de N nas profundidades dos solos dos tratamentos, percebeu-se que os maiores valores absolutos encontram-se na camada superficial do solo, mas no tratamento FLO não diferiu estatisticamente em nenhuma profundidade estudada.

Em relação a concentrações inferiores de N observados nos resultados dos Agroecossistemas SAF e PAS, corroboram com este resultado estudo de Schleinger, (2005); Rodrigues; Mata, (2015)

que relatam a perturbação antrópica como o principal agente causador da perda de nitrogênio, através de ações como a ruptura dos agregados do solo, a oxidação dos compostos orgânicos, além das perdas desse nutriente por erosão e lixiviação dos solos.

Por outro lado, segundo Santos (2010), as concentrações de N no solo estão diretamente ligadas às de matéria orgânica, e isto se constata neste trabalho, conforme certa correlação observada no resultado do Agroecossistema FLO com valores superiores absolutos nas camadas superficiais dos solos. Tal constatação também fora observada por outros autores em estudos na Amazônia Santos et al (1983); Rodrigues; Mata (2015), onde áreas de florestas apresentaram maiores níveis de nitrogênio nas camadas superficiais, se correlacionando com a de maior contração de matéria orgânica nessas áreas, com consequente decréscimos em profundidades.

4.2.3 Fósforo (P)

Para a caracterização do P, na Tabela 3 são observados os resultados para esse nutriente, não se constatando significância estatística na interação entre os fatores (Agroecossistema x Profundidade do solo), entretanto, havendo ocorrência significativa apenas nos fatores isolados. Aplicando-se o teste de média Tuckey nos dados obtidos, se constatou variação significativa de P ($P < 0,05$) no fator Agroecossistemas e Profundidade do Solo, se destacando no primeiro fator os tratamentos SAF (3,86 mg dm⁻³) e SIC (3,56 mg dm⁻³), com valores de P significativamente superior e não diferindo entre si, seguido dos da FLO (3,27 mg dm⁻³) e PAS (2,49 mg dm⁻³), respectivamente.

Tabela 3. Teores de Fósforo (P) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

Fósforo mg.dm ⁻³		Fósforo mg.dm ⁻³	
Médias do Fator 1 /Agroecossistemas (cm)		Médias do Fator 2 /Profundidade (cm)	
FLO	3,27556 b	0 a 10 cm	3,66667 a
SAF	3,86222 a	10 a 20 cm	3,30000 b
SIC	3,56889ab	20 a 40 cm	2,93333 b
PAS	2,49333 c		
DMS:0,10614		DMS:0,08320	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

FLO – Reflorestamento; SAF – Sistema Agroflorestal; SIC- Sistema de Cultivo e PAS – Pastagem

No fator profundidade também com variação significativa de P, foi observado valores significativos superiores na profundidade de 0-10cm (3,66 mg dm⁻³) e 10-20cm (3,30 mg dm⁻³), estes diferindo entre si, enquanto ao da profundidade de 20-40cm (2,93 mg dm⁻³) com valor inferior significativamente e não diferindo ao da profundidade imediatamente superior.

Os valores baixos de P observados em todos os tratamentos são justificados pela característica natural da maioria dos solos da região amazônica com baixa concentração de P (Cravo et al. 2007),

ainda constatando ausência de práticas de manejos adequadas dos solos nessas áreas para garantir a manutenção e reposição do P, como fosfatagem. Valores inferiores de P foram verificados nas camadas mais profundas dos agroecossistemas estudados, cujos resultados corroboram com os de Silva; Silva Junior; Melo (2006), que encontraram baixos teores de P em áreas de vegetação natural, sistema de cultivo e vegetação secundária. Segundo Cravo et al (2007), 90% dos solos amazônicos tem deficiência de P, e essa limitação se explica pela apresentação natural de limitações de caráter químico de forma bastante expressiva.

4.2.4 Potássio (K)

No Anexo 1, encontram-se apresentados os resultados da Análise de Variância dos dados experimental para a caracterização do K, constatando-se efeito significativo ($P < 0,01$) na interação entre os fatores Agroecossistemas e Profundidade do Solo. Aplicando o teste de média Tuckey nos resultados da concentração de K nos tratamentos (Figura 9), verificou-se valor significativamente superior para o tratamento FLO ($67,33 \text{ mg dm}^{-3}$), seguido dos demais agroecossistemas SIC ($62,00 \text{ mg dm}^{-3}$), SAF ($43,00 \text{ mg dm}^{-3}$) e PAS ($30,00 \text{ mg dm}^{-3}$), respectivamente, constatando-se também valores estatisticamente superiores na camada de 0-10 cm desse nutriente em todos os agroecossistemas, reduzindo-se significativa nas camadas inferiores para todos os agroecossistemas, com exceção das da PAS e FLO nas profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

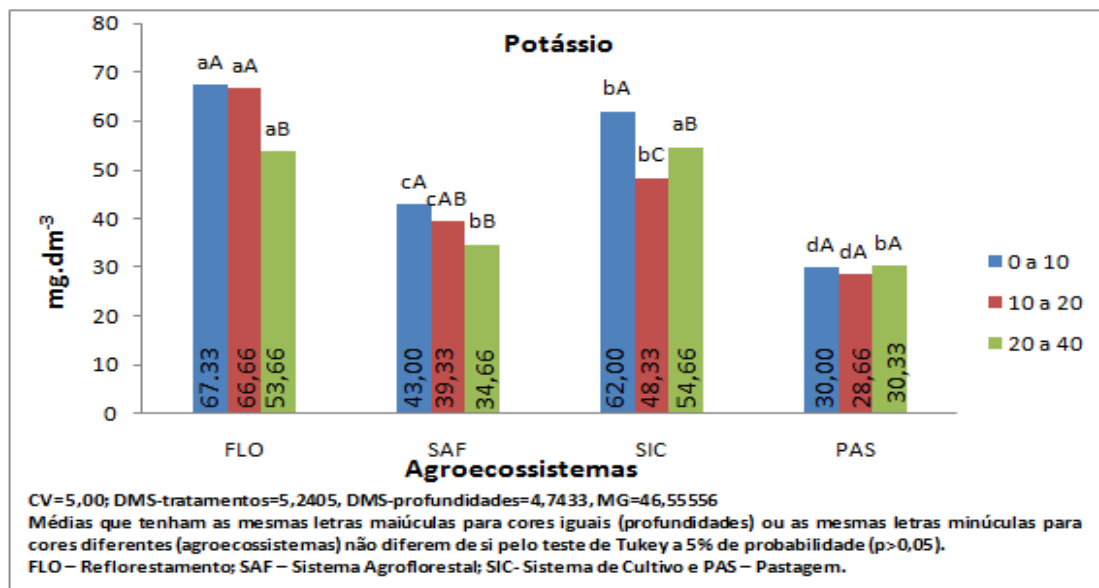


Figura 9. Teores de Potássio (K) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.

Nos resultados para o nutriente K, verificou-se que os teores do agroecossistema FLO, são semelhantes aos dos resultados de Bray; Gorham (1964), que avaliou os agroecossistemas com diversas espécies vegetais que possuem flores, frutos e sementes com massa diferentes e produzidas em épocas distintas do ano, e estas massas podem ser responsáveis pelos maiores teores de potássio no tratamento FLO.

Em relação à variação desse elemento nas camadas de solo dos agroecossistemas, foi observado na sua distribuição comportamentos semelhantes aos relatados por Perin et al (2003) e Araújo (2004), quando afirmam que os teores de K, tendem a ser mais expressivos nas camadas superficiais, decrescendo conforme as profundidades do solo e com o tempo de uso.

Os valores de K nos tratamentos FLO e SIC são considerados médios e nos tratamentos SAF e PAS são considerados baixos segundo Brasil; Cravo; Viégas (2007).

4.2.5 Cálcio (Ca)

Os teores de Ca obtidos dos fatores agroecossistemas e profundidades estudados (Anexo 1), depois de submetidos à Análise de Variância constatou-se efeito significativo ($P < 0,01$) na interação. Conforme apresentando na Figura 10 os resultados do teste de média Tuckey ($P < 0,05$), verificou-se na camada de 0-10cm, concentração de Ca significativamente superior no agroecossistema SAF ($2,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), seguido do da FLO ($1,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e do SIC ($1,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) estes não diferindo entre si, seguidos do da PAS ($0,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) com inferior teor desse elemento, respectivamente, enquanto na camada de 10-20cm, também o do SAF ($2,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) com valor significativamente superior, seguido do da FLO ($1,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), do SIC ($1,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e do da PAS ($1,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo os três últimos não diferindo entre si, com valores significativamente inferiores, respectivamente. Na camada de 20-40cm, se observou ocorrência semelhante, com destaque para o do SAF e do SIC, estes com valores iguais entre si, e superiores aos do da FLO e PAS, respectivamente (Figura 10).

Resultados semelhantes foram relatados por Silva; Anderson; Vale (1999), pesquisando em distintos agroecossistemas, constataram maiores teores de Ca em sistema agroflorestral, enquanto no solo sob manejo de pastagem obtiveram teores inferiores com relação a esse nutriente.

Os tratamentos SAF, FLO e SIC em suas camadas superficiais apresentaram teores de Cálcio dentro dos parâmetros estabelecidos pelos autores Brasil; Cravo; Viégas (2007), onde os valores considerados médios estão entre 1,6 a $4,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

Mesmo com aplicação de calcário o tratamento SIC não obteve os melhores teores de Cálcio, e este nutriente tem papel preponderante no crescimento radicular das plantas (PRADO; NATALE, 2004).

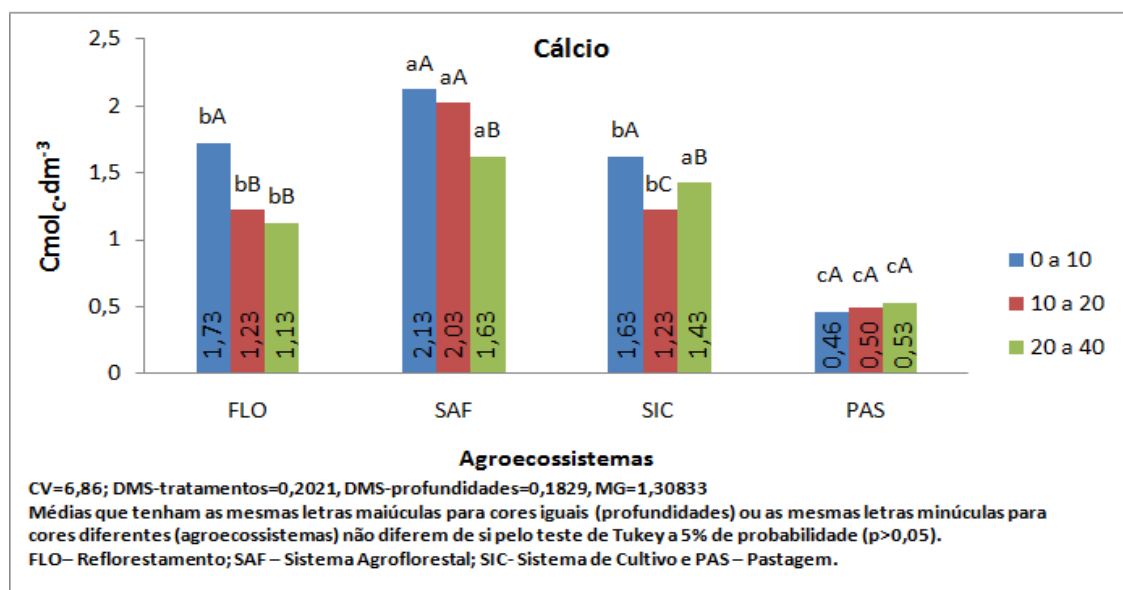


Figura 10. Teores de Cálcio (Ca) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

4.2.6 Magnésio (Mg)

Para o indicador Mg do solo dos tratamentos estudados neste trabalho, encontram-se dispostos os resultados da Análise de Variância no Anexo 1, constatando-se significância estatística ($P < 0,01$) na interação entre Agroecossistemas e Profundidades. Nos resultados obtidos após aplicação do teste média Tuckey, observa-se na variação entre agroecossistemas destaque para o da FLO ($1,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), com valor significativamente superior aos dos demais na camada de 0-10cm, enquanto para a camada de 10-20cm destaque para o do SAF ($1,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), e para a de 20-40cm, o da FLO ($0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e SAF ($0,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) com superioridades significativas, respectivamente, sendo que estes últimos agroecossistemas não diferindo entre si nessa camada de solo. Ressalta-se para o agroecossistema PAS, na Figura 11, valores de Mg significativamente inferiores entre todos os tratamentos agroecossistemas, exceto na profundidade de 20 a 40 cm que não difere do tratamento SIC.

Nos agroecossistemas FLO na camada 0-10cm e SAF na camada de 10-20cm, demonstraram-se mais eficientes na manutenção de níveis adequados de Mg nessas camadas estudadas, em acordo com os autores Brasil; Cravo; Viégas (2007), onde os valores considerados médios estão entre 0,5 a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

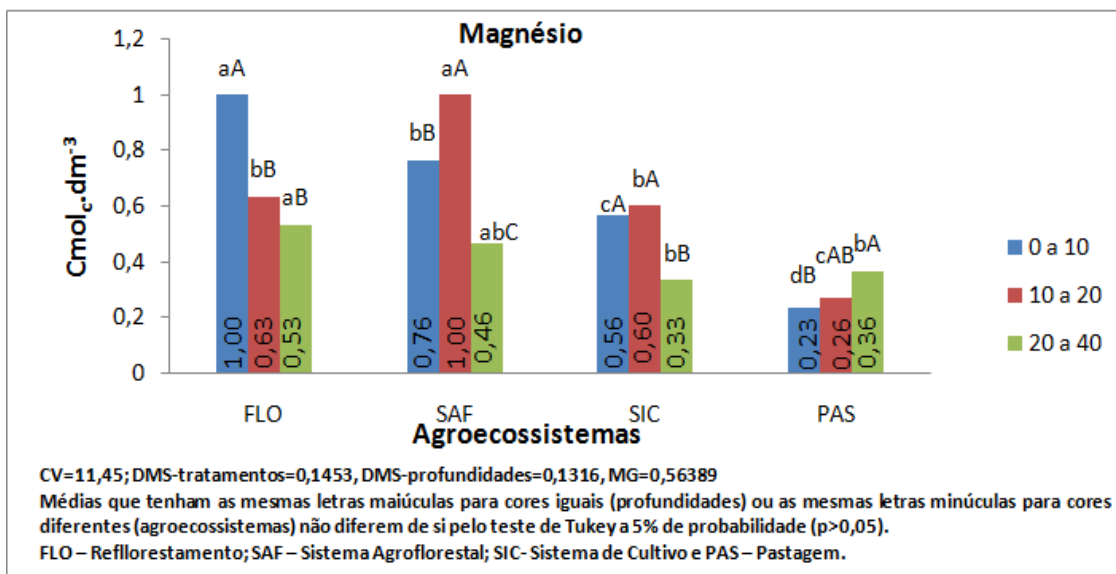


Figura 11. Teores de Magnésio (Mg) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

Segundo Ferraz *et al* (1998), a contínua entrada de liteira que chega à superfície do solo em agroecossistema de floresta tem importância para regular a concentração de Mg e da maioria dos outros nutrientes na solução do solo. Esses autores reforçam ainda que é na camada superficial onde se processam, com maior intensidade, a ciclagem de nutrientes, justificando-se a ocorrência da maior concentração de Mg na camada do solo de 0-10cm do agroecossistema FLO.

Nesse contexto, a conservação da matéria orgânica nesses solos é extremamente importante para a manutenção da sua fertilidade, mas os solos da Amazônia, estão submetidos à enormes índices pluviométricos, assim, o processo de lixiviação das bases trocáveis é intenso, causando perdas de nutrientes como o Mg no solo (COLLIER; ARAÚJO, 2010).

4.2.7 Alumínio (Al)

No Anexo 1 são encontrados os resultados da Análise de Variância para os dados de Al, obtidos dos agroecossistemas e profundidades estudados, constatando-se efeito significativo ($P < 0,01$) na interação entre os fatores. Na Figura 12 estão os resultados do teste de média Tuckey ($P < 0,05$) para esse elemento, destacando-se valores significativamente inferiores crescentes na camada de 0-10cm para os agroecossistemas SAF (0,06 cmolc dm⁻³), SIC (0,13 cmolc dm⁻³), FLO (0,23 cmolc dm⁻³), e PAS (2,33 cmolc dm⁻³), sendo este último com valor superior e neste agroecossistema confere no resultado de Al no solo, valores altíssimos nas três camadas estudadas.

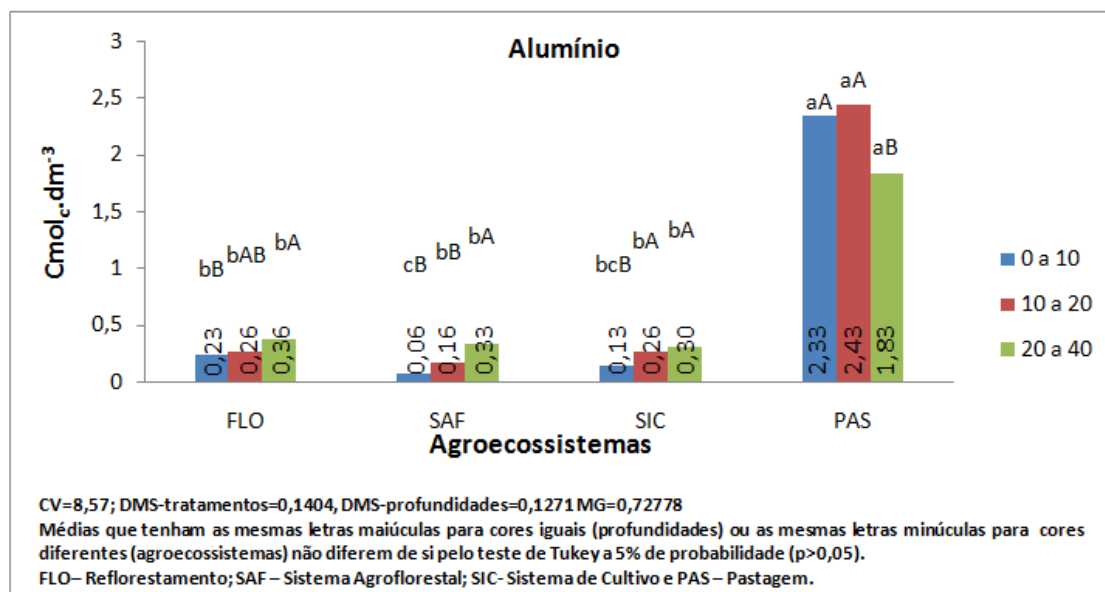


Figura 12. Teores de Alumínio em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

O tratamento PAS apresentou o maior teor de Alumínio, podendo ser atribuído aos menores valores de pH encontrados neste agroecossistema. Assim, pode ocorrer alteração da valência do íon alumínio em solução devido às reações de hidrólise (BERSTCH; PARKER, 1995). O Alumínio é predominante em agroecossistemas com pH muito ácido, deficiente em Ca e Mg. As diferentes formas do alumínio estão relacionadas com o pH e com a composição mineral do sistema (SPOSITO, 1995), e essa alta acidez pode causar toxidez as plantas.

Toledo; Serrão (1982), apresentaram resultados semelhantes a estes, e relataram que em sistema de pastagem, a perda da fertilidade se dá através do tempo de pastejo, pela redução das bases trocáveis e pela consequente elevação do teor de alumínio.

Os menores resultados de teor de Alumínio nas profundidades de 0 a 10 cm nos tratamentos FLO e SAF podem ser devido a deposição de lóss constante nestes agroecossistemas, esta deposição pode ser responsável por alcançar níveis razoáveis de cálcio, em quanto que no tratamento SIC pode estes baixos teores na camada superficial ser explicado pela aplicação do calcário.

Segundo Brasil; Cravo; Viégas (2007) os teores de Alumínio são considerados baixos nas camadas de 0 a 10 ($< 0,3 \text{ cmol}_c. \text{ dm}^{-3}$) e médios em 10 a 20 cm ($0,3$ e $1,0 \text{ cmol}_c. \text{ dm}^{-3}$) nas camadas de 20 a 40 cm nos tratamentos FLO, SAF e SIC, porém no tratamento PAS os valores são considerados alto por estarem acima de $1,0 \text{ cmol}_c. \text{ dm}^{-3}$.

4.2.8 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

No Anexo 1 encontram-se os resultados da Análise de Variância para os dados de CTC do solo obtidos dos agroecossistemas e profundidades estudados, constatando-se efeito significativo ($P < 0,01$) na interação entre os fatores analisados. Na Figura 13 encontram-se apresentados os resultados do teste de média Tuckey ($P < 0,05$) para esse componente, destacando-se o do SAF com valor significativamente superior nas três camadas estudadas, enquanto para o do PAS, o menor valor em todas as camadas analisadas, exceto na profundidade de 20 a 40 cujo valor não diferiu do SIC, com menor resultado.

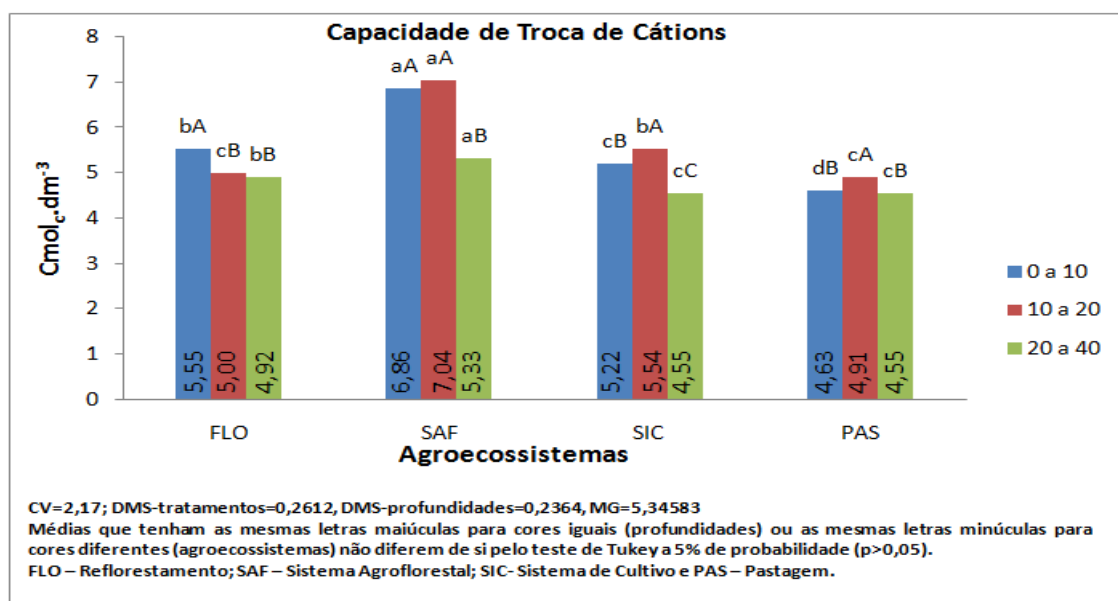


Figura 13. Capacidade de Troca de Cátions (CTC) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

Segundo Rodrigues *et al* (2003), a CTC possui uma relação estreita com o teor de matéria orgânica no solo, o agroecossistema SAF recebeu adubação orgânica e ainda aproveita os resíduos vegetais através da ciclagem de nutrientes. Resultados semelhantes foram observados pelos autores Embrapa (1983); Rodrigues *et al* (1991), que relataram sobre esse parâmetro de qualidade do solo (CTC), em sistemas agroflorestais na região amazônica. Também Theodoro (1999), relatou resultados semelhantes quando encontraram maiores incrementos da CTC em sistemas agroflorestais, e atribuíram esses incrementos na CTC, à prática da adubação orgânica, à cobertura vegetal permanente do solo e ao aproveitamento dos resíduos vegetais provenientes dessa cobertura.

4.2.9 Saturação por Bases (V%)

Nos resultados da Análise de Variância para o Índice de Saturação por Bases (V%) expressos

no Anexo 1, constatou-se efeito significativo ($P < 0,01$) na interação entre os fatores agroecossistemas e profundidades estudados. Nos dados obtidos após a aplicação do teste de média Tuckey ($P < 0,05$), na Figura 14, constata-se na variação desse componente na camada de 0-10cm, destaque para o da FLO (52,38%), com valor significativamente superior, seguido dos agroecossistemas SIC (45,28%) e SAF (43,88%), sendo que estes últimos não diferiram entre si, e seguido do da PAS (16,79%) com valor significativamente inferior, respectivamente. Valores inferiores de V% para todos os agroecossistemas e profundidades foram constatados nas camadas de 10-20cm e de 20-40cm, com baixa variação, demonstrando certa estabilidade no nível de V% com o aumento da profundidade ou com tendência de redução desse valor com a profundidade.

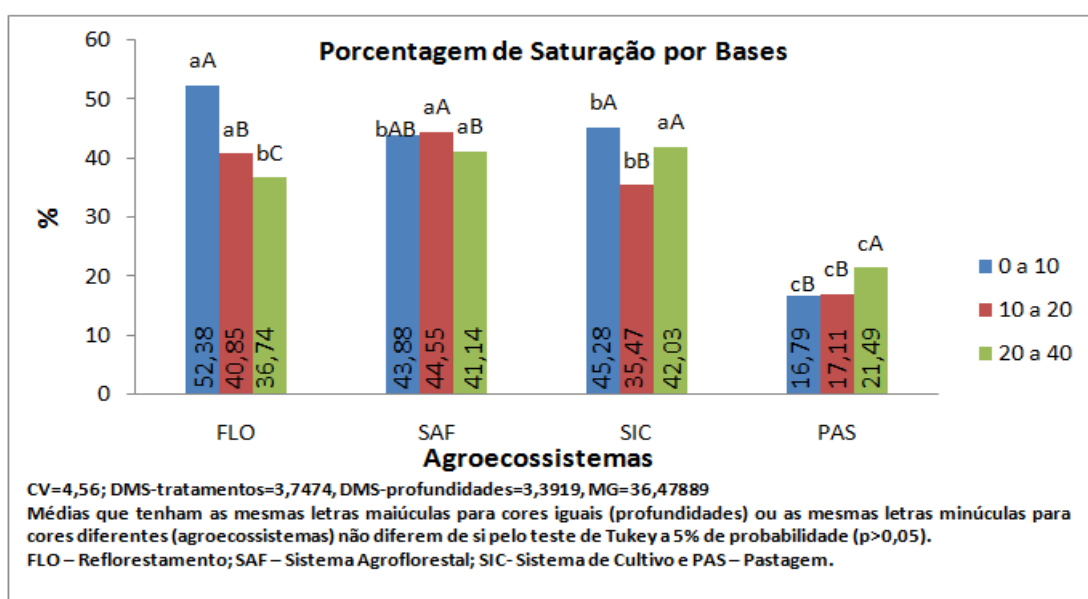


Figura 14. Saturação por Bases (V%) em solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA-Campus Rural de Marabá, 2016.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva, Anderson; Vale (1999), que relataram em suas pesquisas resultados de saturação por bases maiores em áreas de sistemas naturais do que em outros sistemas dependentes da ação antrópica. Esses autores ainda indicam que a nutrição deste agroecossistema é sustentada basicamente pela ciclagem de nutrientes, e por este motivo, os melhores resultados são encontrados nas camadas superficiais, como observado no tratamento FLO.

Marin (2002), também relata resultado semelhante, pois ao estudar sistemas agroecológicos verificou saturação por bases muito superior aos sistemas de usos e manejos convencionais.

Em Pedologia os solos que apresentam V% maior de 50% são considerados solos férteis e classificados como solos eutróficos que armazenam em sua CTC cátions básicos principalmente o Cálcio. Enquanto que os solos que apresentam V% menor que 50% são considerados pouco férteis e classificados como solos distróficos e apresentam pobreza de bases trocáveis e armazenam o

alumínio em sua CTC.

Uma V% baixa pode significar cargas negativas dos colóides do solo, promovidas pela grande adsorção de íons de hidrogênio e alumínio, e pequena adsorção de potássio, magnésio e cálcio. Neste sentido os solos pesquisados caracterizam-se como distróficos por apresentarem em sua grande maioria resultados abaixo de 50% de saturação por bases.

Pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004), onde classificam como: (<45= muito baixo; 45-64= baixo; 64-80=bom e > 80= alto) os tratamentos FLO, SAF, SIC e PAS na maioria das profundidades estão enquadrados na faixa de interpretação de V% “muito baixo”, exceto nas camadas de 0-10 cm dos tratamentos FLO e SIC que apresentam (52,38) e (45,28) respectivamente, enquadrado-se na faixa de interpretação de V% “baixa”.

4.3 ANÁLISES FÍSICAS

4.3.1 Densidade do Solo

Nas análises sobre densidade do solo, observou-se interação entre os fatores e apresentou-se diferenças estatísticas para o fator de agroecossistema, enquanto que no fator profundidade elas não diferiram entre si. O tratamento PAS apresentou maior densidade do solo, diferindo estatisticamente dos demais, e os tratamentos FLO e SAF apresentaram menor densidade dos solos, não diferiram entre si estatisticamente e não apresentaram diferença estatística em nenhuma das profundidades (Figura 15).

Observou-se que os maiores valores de densidade do solo no tratamento PAS, indicam maiores níveis de compactação do solo, isto pode ser explicado pelo manejo intensivo do tráfego do animais bovinos que pastam neste agroecossistema. Esse aumento pode ser resultado da diminuição de macroporos e aumento de microporos no solo, podendo impactar nas condições de retenção e infiltração da água na superfície (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

As menores densidades encontradas em FLO e SAF podem ser relacionadas aos maiores níveis de matéria orgânica apresentados nestas áreas de referências. Resultados semelhantes foram encontrados por Zalameña (2008) em áreas sob vegetação nativa, onde os maiores teores de matéria orgânica foram inversamente proporcionais aos menores valores de densidade do solo.

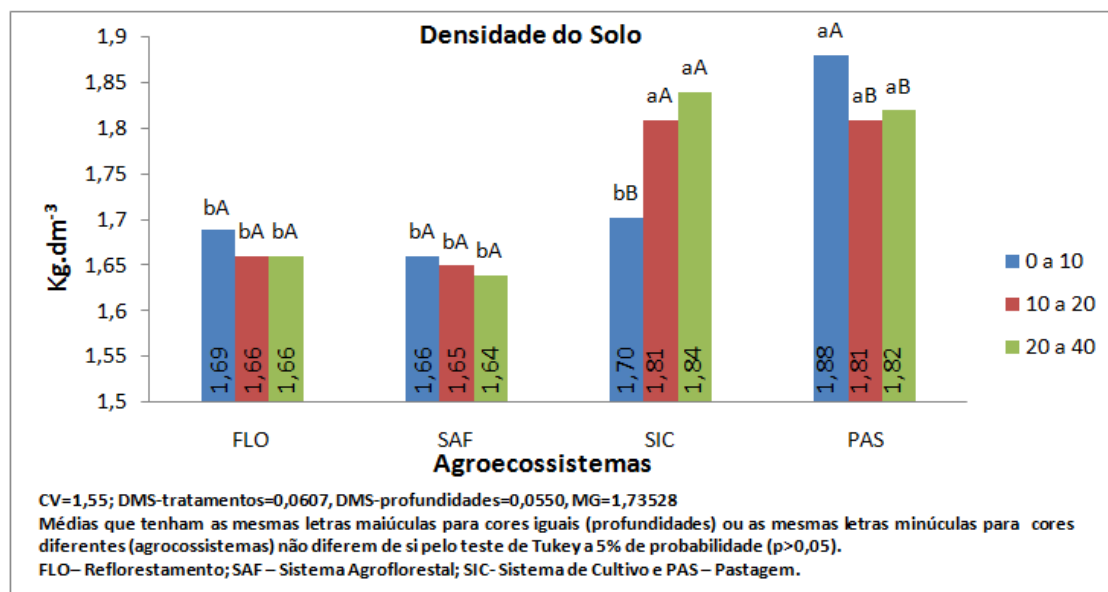


Figura 15. Densidade do solo em amostras de solo de diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.

Com relação a profundidade, os tratamentos PAS, FLO e SAF obtiveram maior densidade do solo nas camadas de 0 a 10 cm, e estes resultados corroboram com o estudo de Marques et al. (2013) que após avaliar fisicamente solos na região do nordeste paraense, também encontraram maiores valores para densidade do solo nas camadas superficiais, sendo que o mesmo encontrava-se em um longo período de descanso da terra. No Tratamento SIC a densidade do solo foi maior nas profundidades de 10 a 20 e 20 a 40 cm, enquanto que na profundidade de 0 a 10 cm apresentou-se menor densidade do solo.

4.3.2 Densidade de Partículas

Os resultados expressos no Anexo 1 demonstram que a interação dentre os fatores não foi significativa, porém na tabela 4 que representa o parâmetro densidade de partículas os tratamentos FLO, SAF, SIC e PAS não diferiram estatisticamente entre si e também não apresentaram diferença entre as profundidades analisadas.

Estes resultados foram semelhantes aos relatados no estudo de Aguiar (2008) que afirmou que as práticas de manejo não afetaram a densidade de partículas, e esta determinação não acusa os espaços porosos do solo. Os valores médios da densidade de partículas variaram de 2,77 a 3,22 Kg.dm⁻³, obtendo-se os seguintes valores para as áreas estudadas: FLO (2,77 Kg.dm⁻³), SAF (2,79 Kg.dm⁻³), SIC (3,33 Kg.dm⁻³), PAS (2,90 Kg.dm⁻³). Em estudo sob diferentes manejos do solo no trabalho de Aguiar (2008) foi constatada uma variação de 2,37 a 2,77 Kg.dm⁻³.

Tabela 4. Densidade de partículas em amostras de solo de diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.

Densidade de Partículas		Densidade de Partículas	
Médias do Fator 1 /Agroecossistemas (cm)		Médias do Fator 2 /Profundidade (cm)	
FLO	2,77677 a	0 a 10 cm	3,17667 a
SAF	2,79333 a	10 a 20 cm	2,82167 a
SIC	3,32222 a	20 a 40 cm	2,85000 a
PAS	2,90556 a		
DMS:1,08709		DMS:0,85213	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p>0,05$).

FLO – Reflorestamento; SAF – Sistema Agroflorestal; SIC- Sistema de Cultivo e PAS – Pastagem.

4.3.3 Porosidade Total

Conforme apresentado na Figura 16, o tratamento PAS apresentou menor porosidade total diferindo assim dos outros tratamentos, os tratamentos FLO e SAF apresentaram maior porosidade total na camada de 0 a 10 cm. Houve interação entre os fatores agroecossistemas e profundidades com destaque aos tratamentos FLO e SAF diferiram estatisticamente em todas as profundidades e apresentaram menor porosidade na camada de 10 a 20 centímetros.

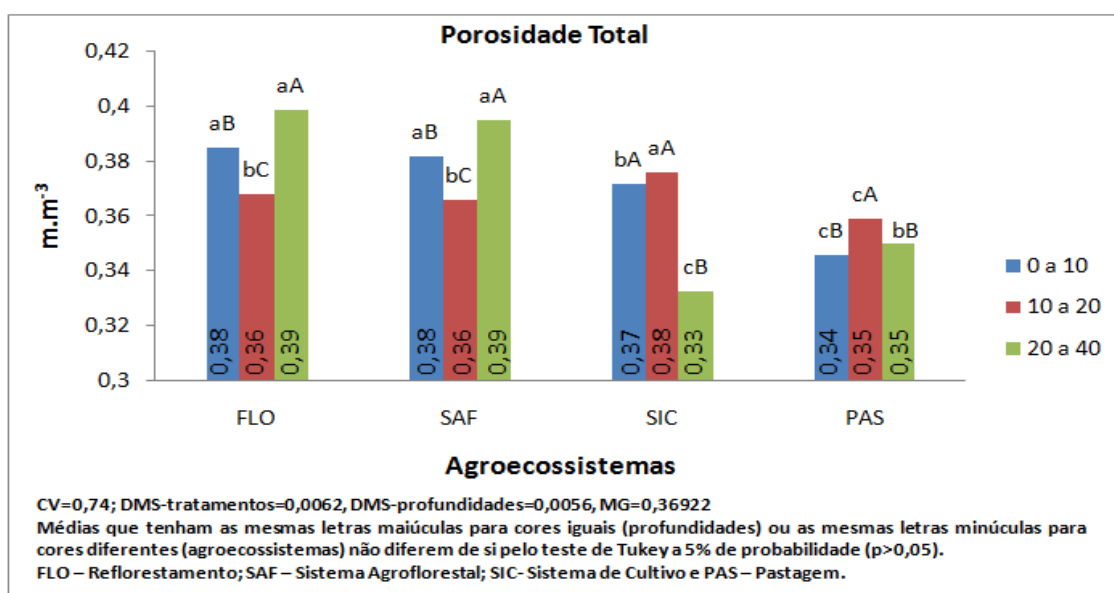


Figura 16. Porosidade Total em amostras de solo sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.

Os resultados de porosidade total estão diretamente ligados com os resultados obtidos para a densidade do solo, onde os maiores valores de PT em FLO e SAF indicam menor densidade do solo, assim como os menores resultados de porosidade total dos tratamentos PAS e SIC indicam maiores resultados da densidade do solo.

Resultados semelhante foram descritos por Trindade et al., (2012), a porosidade do solo em áreas de pastagem significativamente reduzida em virtude do aumento da compactação, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo. Pois esses fatores por eles mencionados causam uma diminuição no tamanho dos agregados do solo. O autor ainda afirma que o preparo do solo é a atividade que mais influi no comportamento das propriedades físicas do mesmo, podendo provocar alterações profundas na estrutura, porosidade e densidade, que dependem, entre outros fatores, da matéria orgânica, afetando diretamente a retenção de água e a resistência mecânica à penetração das raízes das plantas. Dessa forma, a FLO e SAF com suas camadas espessas de matéria orgânica mantêm as propriedades físicas melhores que as do SIC e PAS nas camadas dos solos.

4.4 ANÁLISE BIOLÓGICA

4.4.1 Identificação de FMAs e outros organismos

Na Tabela 5 são apresentados os micro-organismos encontrados nas amostras de solo encaminhadas para a análise laboratorial. No Tratamento FLO e SAF foram perceptíveis maiores quantidades de espécies indicadoras de qualidade do solo como a presença de Esporos de FMAs, colembolos, ácaros e aranhas, com a diferença da presença de nematoides e formigas no tratamento FL. Por outro lado, os tratamentos SIC e PAS apresentaram uma menor diversificação de espécies em sua representatividade de amostras, frisando somente o aparecimento de Esporos de FMAs e ácaros nestes agroecossistemas pesquisados.

Tabela 5. Presença de Esporos de FMAs e outros organismos indicadores da qualidade dos solos em diferentes agroecossistemas e profundidades em área de agricultor familiar e no IFPA/Campus Rural de Marabá, 2016.

AGROECOSSISTEMAS	ORGANISMOS IDENTIFICADOS
FLO	Esporos de FMAs, Collembolos, Ácaros, Aranhas, Nematoides, Formigas
SAF	Esporos de FMAs, Collembolos, Ácaros, Aranhas
SIC	Esporos FMAs, Ácaros.
PAS	Esporos FMAs, Ácaros.

O Levantamento da ocorrência de organismos no solo é importante para o estudo da qualidade do solo e para a recuperação de áreas com potencial para a degradação ambiental, e este estudo pode ser realizado em diferentes agroecossistemas. A diversidade destes microorganismos nos agroecossistemas estudados indicaram a possibilidade da sustentabilidade destes solos em decorrência das atividades microbianas que restauram também a biologia de organismos superiores em áreas degradadas.

No tratamento FLO que obteve a maior quantidade de organismos, nas três amostras analisadas na profundidade de 0 a 10cm, destacaram-se presenças de esporos de FMAs, colêmbolos, ácaros, nematoides e artrópodes como formiga e aranha. O Tratamento SAF aproximou-se mais de FLO, onde foi observado esporos de FMAs, colêmbolos, ácaros e aranhas, e em decorrência dessa diversidade de organismos edáficos em FLO e SAF, pela cobertura vegetal e pelo maior diversidade na comunidade de plantas houve maior capacidade de associação para as Micorrizas.

Estes resultados são semelhantes aos descritos por Rovedder (2004) que encontrou riqueza de espécies de microorganismos em área heterogênea, demonstrando a habilidade destes organismos da fauna edáfica de se desenvolverem em condições favoráveis.

Nos Tratamentos SIC e PAS a ausência da cobertura vegetal e os resultados de baixa fertilidade do solo, podem ter influenciado na ocorrência apenas de Esporos de FMAs e ácaros no agroecossistema, impedindo assim uma ampliação da biodiversidade. A carência de alimentos, aliada a exposição do solo a altas temperaturas podem ser a causa da restrição do desenvolvimento de diversos microorganismos nestes tratamentos. Porém estas limitações não comprometeram o aparecimento dos esporos de FMAs nestes agroecossistemas.

Resultados semelhantes foram descritos no trabalho de Hentz (2006) que relatou que a comunidade de plantas podem alterar a competição de FMAs em determinado local, mas a diversidade de FMAs não altera a de plantas. Neste sentido, a autora concluiu que pode ocorrer grandes ação de FMAs na presença de poucas espécies vegetais ou mesmo pequenas incidências de FMAs numa densa vegetação heterogênea.

5. PRODUTOS GERADOS

As atividades desenvolvidas durante a pesquisa geraram produtos em benefício do Campus Rural de Marabá, da Vila Espírito Santo e de outras comunidades rurais que adquiriram conhecimentos nas áreas de solos, da agricultura, da agroecologia e dos manejos ecológicos. A participação dos educandos durante as práticas nas UNIEPEs e dos agricultores durante a capacitação na comunidade ajudaram na formação de pessoas capazes de restaurar agroecossistemas com solos em estado de empobrecimento com relação aos seus atributos químicos, físicos e biológicos. Dentre esses produtos, destacamos:

- i. Esta dissertação que servirá de subsídios a outros pesquisadores e contemplará a demanda inicial da comunidade do CRMB por conhecer o estado atual da qualidade dos solos nos distintos agroecossistemas do campus e sua divulgação será impressa e digital, fornecida a Biblioteca do IFPA de Castanhal e de Marabá e da UNIFESSPA de Marabá.

- ii. O Caderno Técnico que informará estes resultados, porém em uma linguagem mais simplificada com o intuito de levar este conhecimento aos agricultores familiares da Vila Espírito Santo, do Assentamento 26 de março, de outras comunidades rurais envolvidas com o CRMB e a divulgação será através do fornecimento de versões impressas fornecidas as bibliotecas das escolas do Campo da região referência ao Campus Rural de Marabá.
- iii. O Curso de Agricultor Agroflorestal disponibilizado aos agricultores da Vila Espírito Santo, totalizando 100 horas.
- iv. Artigo Publicado em anais do Congresso Brasileiro de Solos, 2015, intitulado: Indicadores de Fertilidade do Solo em Manejos Capoeira e Sistema Agroflorestal no Município de Marabá, Pará, 2015.
- v. Artigo Publicado em Anais do Congresso Brasileiro de solos, 2015, intitulado: Avaliação das propriedades físico-químicas do solo em sistema de capoeira no município de Marabá, Pará, 2015.
- vi. Artigo Publicado em Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Agronomia, intitulado: Sistema Agroflorestal: Avaliação dos atributos químicos e físicos do solo no município de Marabá, Pará. 2015.
- vii. Artigo Publicado no Seminário de Iniciação Científica, Tecnologia e Inovação (SICTI) do IFPA, intitulado: Caracterização Física dos solos em áreas de pastagem no IFPA/ Campus Rural de Marabá.2015.
- viii. Dias de Campo proporcionado em parceria com Empresa de Assistência Técnica AGROATINS S/A aos agricultores e filhos de Agricultores do Sudeste Paraense.
- ix. Atuação de Estagiários do Campus Rural de Marabá na pesquisa.
- x. Aulas Práticas aos educandos do IFPA/CRMB e aos agricultores da Vila Espírito Santo.
- xi. Visitas Técnicas de Agricultores as UNIEPEs do CRMB.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa originaram esta dissertação que servirá como uma ferramenta metodológica e pedagógica, que subsidiará os estudos de outros pesquisadores e educandos, que ao invés da suposição da pobreza do solo da região, terão em mãos dados concretos da realidade da sustentabilidade do ambiente, e ainda poderão a partir deste conhecimento interferir através de tomada de decisão com aplicações adequadas para a implantação e o estabelecimento sistemas sustentáveis.

A pesquisa contribuiu com resultados que responderam à comunidade do campus: educandos, agricultores familiares e moradores do assentamento e da vila rural Espírito Santo o real potencial

dos solos dos agroecossistemas pesquisados através do conhecimento das suas características físicas, químicas e biológicas.

O manejo nos tratamentos no CRMB e na Vila Espírito Santo possibilitaram a diversificação dos agroecossistemas em questão e a capacitação dos colaboradores foi trabalhada através das atividades práticas realizadas nas UNIEPEs e na comunidade, formando pessoas capazes de promover a recuperação de áreas degradadas através do trabalho nos agroecossistemas descobrindo os fatores da qualidade dos solos e identificando os parâmetros para a conservação e de sustentabilidade nos agroecossistemas.

Desta forma, a pesquisa apresentou resultados apontaram o sistema em reflorestamento como referência de qualidade do solo por apresentar em sua essência os melhores parâmetros químicos em nitrogênio, potássio, magnésio, alumínio, saturação por bases e Matéria Orgânica. Apresentou ainda, melhores condições físicas com relação à densidade do solo e porosidade total, além do diagnóstico de maior presença de espécies de microrganismos indicadores da qualidade do solo e camada superficial de matéria orgânica ativa e sujeita a transformações neste agroecossistema.

Apesar de todos os tratamentos estudados apresentarem uma baixa fertilidade para as características químicas, o sistema agroflorestal apresentou os melhores teores de Cálcio, capacidade de troca de cátions, e obteve resultados mais próximos dos apresentados pelo sistema em reflorestamento. Com relação à física do solo esteve próximo dos resultados do tratamento FLO a ponto de não diferir estatisticamente do tratamento referência, e apresentou uma fauna edáfica mais intensa do que no sistema de cultivo e da pastagem, por manter condições mais favoráveis para a sobrevivência destes organismos.

O tratamento de sistema de cultivo apresentou melhores resultados de pH do solo apesar de apresentar leve acidez, mas isso pode ser explicado pela prática da calcário aplicado no solo antes da implantação dos plantios como efeito corretivo. Porém com relação aos resultados químicos apresentou resultados somente intermediários configurando de carência de vários nutrientes benéficos e altos índices de Alumínio. Além disso, o sistema de cultivo apresentou resultados pouco satisfatórios sobre as características físicas diferindo estatisticamente do tratamento referência FLO, além da identificação somente de FMAs e ácaros na análise biológica do solo.

O Agroecossistema de pastagem apresentou características químicas péssimas, sempre com as piores concentrações dos nutrientes benéficos as plantas, pH com acidez alta, maior teor de alumínio, baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por bases e baixa concentração de matéria orgânica. Com relação à física do solo, apresentou característica de compactação configurada pela maior densidade do solo e menor porosidade total, e ainda se mostrou pobre com relação à ação

de microrganismos indicadores da qualidade do solo apresentando somente a presença de FMAs e ácaros.

Acredita-se então que os manejos feitos nas áreas em reflorestamento e sistema florestal conduzirão esses agroecossistemas ao estado de real de qualidade do solo, prevalecendo a manutenção ou mesmo melhoria dos seus indicadores químicos, físicos e biológicos. Enquanto que os agroecossistemas de sistema de cultivo e pastagem que são dependentes da ação antrópica, deverão ser manejados de forma a estabelecer um ambiente propício a recuperação das propriedades originais através da recomposição da floresta nativa, da recomposição da matéria orgânica na superfície dos solos, do retorno dos microrganismos da biologia dos solos, das boas condições físicas de densidade, porosidade e estrutura dos solos, das condições nutricionais ótimas para implantação das culturas, até que os sistemas sejam reestabelecidos e que eles se tornem autosustentáveis, sem precisarem da manipulação humana para suas produções.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 89 p. 2008.
- AHRENS, D.C. **Rede de propriedades familiares agroecológicas – uma abordagem sistêmica no Centro-sul do Paraná**. Boletim técnico, n. 68, 2006.
- ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, p.66-67, 2007.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.307 – 315 , 2004.
- ARAÚJO, E. A. de; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava – PR. v. 5, n. 1, p. 187 – 206, 2012.
- ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agricultural, Ecosystems and Environment**, Zurich, v.88, n.2, p.153-160, 2002.
- BAENA, A. R. C.; FALES, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na colônia agrícola de Tomé-Açu - Estado do Para**. Belém: Embrapa-CPATU, (Boletim de Pesquisa, 18), 22p.,1999.
- BATEY, T.; MCKENZIE, D. C. Soil compaction: identification directly in the field. **Soil Use and Management**, v. 22, n. 2, p. 123 – 131, 2006.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A.; CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais. **Porto Alegre, Genesis**, p. 9-26.1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, 238:133-140, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; PILLON, C.N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1473-1478, 2001.

BERSTCH, P. M.; PARKER, D. R. Aqueous polynuclear aluminum species. In: SPOSITO, G. (Ed.). **The environmental chemistry of aluminum**. Boca Raton: CRC Press, 2 ed. p. 117-168, 1995.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 11.ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 740 p., 1996.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S. ; VIÉGAS, I.J.M, **Interpretação dos resultados de análises de solo**. p. 43-47, 2007.

BRAY, J. R., GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**. Vol.2, p. 101-157, 1964.

CANAL, I. N.; MIELNICZUK, J. Parâmetros de absorção de potássio em milho (*Zea mays* L.), afetados pela interação alumínio-cálcio. **Ciência e Cultura**, v. 35, p. 336-340, 1983.

CANTO, A .C. **Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia central**. Ver. UA.Série Agrárias, v.4/5, n.1/2, p.79-94.1996.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. **Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, DF, v.39, p. 1153-1155, 2004.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade de solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 90 p. 2001. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, BR/MG, 2001.

COLLIER, L. S.; ARAÚJO, G. P. Fertilidade de solo sob sistemas de produção de subsistência, agrofloresta e vegetação remanescente em Esperantina-Tocantins. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 12-22, 2010.

CRAVO, M, da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. HOMA, A.K.O. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 252p. 2007.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, p. 3-11, 2000.

DORAN, J.W.; PARKING, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. P.3-22. (Publication Number, 35).

EMBRAPA **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq. 2ª edição revista, 230p. 2011.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Pólo Tapajós**. Rio de Janeiro, 284p.1983. (Embrapa – SNLCS, Boletim de pesquisa, 20).

FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N; SAMPAIO, E.V.B; PEREIRA, R.C.A., Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco, **Rev. Bras. Bot**, vol 21, nº1, São Paulo, 1998.

FERREIRA, C. P. **Água matéria orgânica e nutrientes do solo sob diferentes sistemas de manejo no nordeste paraense**.2005(Doutorado em Ciências Agrárias e Sistemas Agroflorestais) Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, 2005.

FOY, C. D. **Effects of aluminum on plant growth**. In: CARSON, E. W. (Ed.). The plant root and its environment. Charlottesville: University Press of Virginia. p. 601 – 642. 1974.

FREIXO, A. A. **Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectrografia de infravermelho**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 86p. 2000. (Dissertação de Mestrado).

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving or decanting. **Trans.Br.Mycol.Soc.**, v.46, p.235-244, 1963.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 653 p. 2001.

GREGORICH, E.G; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Can. J. Soil Sci.**, 367-375, 1994.

HEBETTE, J. **Cruzando a Fronteira: 30 anos de estudo do campesinato na Amazônia** – Belém Ed. UFPA, 2004.

HENTZ, A. M. **Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos em *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii***. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria-RS.2006.136p.

HOMMA, A. K. O. **Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI. Belém: Embrapa-CPATU, 1998.

INTERNATIONAL COUNCIL OF RESEARCH IN AGROFORESTRY (ICRAF). **Resources for agroforestry diagnosis and design**. p.26-40, Nairobi, 1998.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long term no- tillage on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science Society of America journal**, v.58, p.193-198, 1994.

JENKINS, W.R.A Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Pl.Dis.Rep.**, v.48, p.692,1964.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. **Soil quality: why and how?** Geoderma, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 145-156, 2003.

KANASHIRO, M.; DENICH; M. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas adequadas e abandonadas na Amazônia brasileira**. Brasília, MCT/CNPq, 1998, PP.157.

KASCHUK, G. ALBERTON, O. HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2009.

KATO, M.S.A. et. al **Agricultura sem queima: adaptando à realidade de agricultores familiares da comunidade São João – Marapanim, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 49p. (Documentos, 289).

LOPES, A. A. de C. **Interpretação de indicadores microbiológicos em Função da matéria orgânica do solo e dos rendimentos de soja e milho**. 2012. 96 p. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2012.

LOPES, O. M. N.; ALVES, R. N. B. **Adubação verde e plantio direto: alternativas de manejo agroecológico para a produção agrícola familiar sustentável**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 212), p. 34, 2005.

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

MARQUES, D. C. S.; SILVA, D. M. S.; OLIVEIRA, S. S.; REIS, J. S.; COSTA, J. L. P.; SALDANHA, E. C. M. Atributos físicos avaliados em um Latossolo Amarelo em duas épocas do ano no município de Capitão Poço, PA. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, p. 14-19, 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, p. 889. 1995.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, BR/RS, 2006.

MARTINS, T. **Caracterização mineralógica e da matéria orgânica do solo por técnicas espectroscópicas e DRX**. 2009. 177 p. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELONNI, R. **Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG**. *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 3, p. 211-220, jul./set. 2006.

MENDES, L C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos.; PEREIRA NETO, J. V. **Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4.; 2002. Rio de Janeiro. FERTBI02002: Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002. Não paginado.

MORAES, A.R.; CAMPAGNA, A.F.; SANTOS, S.A.M. **Recursos Naturais- solo**. USP.2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras; Editora. UFLA, 2002.626p.

NEPSTAD, D.C., MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A.A. **Flames in the rain Florest: origins, impacts and alternatives to Amazonian Fire**. The pilot program to conserve the Brazilian Rain Florest, Brasília, 161 p, 1999.

OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Redução da acidez do solo pelouso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. **Anais**. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ EMBRAPA-CPATSA, p.178, 1994.

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

PRADO, R. M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n.10, p.1007-1012, 2004.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. **São Paulo: Nobel**,1990. 549p.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.2, p.159- 164,1987.

RABELO, N. A. **Método de Análise** – (Cadernos Didáticos; 12). Goiânia: Ed. UCG, p. 88, 2000.

RODRIGUES, M. L.; MATA, T.C. **Qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e em agroecossistemas do Campus Castanhal do IFPA/PARÁ**. 65 p. 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanha, Pará, 2015.

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; SILVA, J.M.L, VALENTE, M.A.; CAPECHE, C.L. **Caracterização físico hídrica dos principais solos da Amazônia Legal**. I. Estado do Pará. Belém. 1991. 228p. Relatório técnico do acordo Embrapa – SNLCS/.FAO Projeto BRA/89/006.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R.C., SILVA, J.M.L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; GAMA J.R.N.;VALENTE, M.A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas**, Estado do Pará. Belém 49 p. 2003.

ROSA, S. F. da, **Propriedades físicas e químicas de um solo arenoso sob o cultivo de *Eucalyptus* spp.** 94 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2010.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S.F. **Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do RS**. Ciência Agroveterinária. Lages-SC, v.3, n.2, p.87-96, 2004.

SANTANA, S. C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**.2009. 76 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, 2009.

SANTOS, C. V. dos. **Atributos físicos do solo no sistema radicular de bergamoteiras sob diferentes manejos da cobertura de entrelinhas do pomar**. 2013. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, V. B. dos. **Atributos de solos sob cultivo de frutíferas em sistemas de manejo convencional, em transição e orgânico no norte do estado do Piauí**. 2010, 120 p. Tese 62 (Doutorado em produção vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F.; CARDOSO, A. **Os solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**. (Informe Didático, 5), Belém: p. 60, 1983.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK,J.E.; BREDJA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Sci.**, 164:224-233, 1998.

SCHLESINGER, W. H. Carbon sequestration in soils. **Science**, Washington, 284(7): 2005.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos a calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.

SILVA, G. R. da; SILVA JÚNIOR, M. L. da; MELO, V. S. de. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 151 – 158, 2006.

SILVA JUNIOR, C. A. da; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. de. **Atributos químicos do solo sob conversão de floresta Amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil**. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 566-572, Jul/Ago, 2012.

SILVEIRA, A. P. D. das; FREITAS, S. dos S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 312, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ª ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1989. p. 277, 1995.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v.114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1994. 496 p.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil Tillage Research**, v. 19, p. 111-119, 1991.

THEODORO, V. C. A. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional**. 1999. 214 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

TOLEDO, J.M.; SERRÃO, E.A.S. Pasture and animal production in Amazonia. In: HETCH S.B. (Ed.) **Amazon Agriculture an land use and research**. Cali: CIAT, 1982. P. 281- 309.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**.In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Tópicos em ciência do solo, v.2, p.195-276, 2002.

TRINDADE, E. F. da S.; VALENTE, M. A.; MOURÃO JUNIOR, M. **Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo da capoeira no Nordeste Paraense**. Agroecossistemas, v. 4, n. 1, p. 50-67, 2012.

VARGAS. L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:35-42, 2000.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 743-755, 2009.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto – RS**. 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

8. ANEXO 1

Resumo da Análise de variância dos atributos químicos, físicos e matéria orgânica dos solos sob diferentes agroecossistemas e profundidades, em área de agricultor familiar e do Campus Rural de Marabá/IFPA, 2016.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		pH	N	P	K	Ca	Mg	Al
SIST(F1)	3	0,75370**	0,00297**	3,11911**	2008,8888**	3,18917**	0,41213**	8,68481**
PROF(F2)	2	0,06361**	0,00370**	1,61333**	163,52778**	0,31583**	0,17444**	0,02861**
INT(F1xF2)	6	0,00843ns	0,00028*	0,15058ns	69,86111**	0,10917**	0,09963**	0,12454**
TRATAM.	11	0,22172**	0,00163**	1,22613**	615,71717**	0,98674**	0,19846**	2,44172**
RESÍDUOS	24	0,06667	0,00010	0,17209	5,41667	0,00806	0,00417	0,00389
TOTAL	35							
CV%		1,54	13,76	12,57	5,00	11,45	6,86	8,57

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		CTC	V%	M.O.	DS	DP	PT
SIST(F1)	3	4,94947**	1308,79100**	0,41213**	0,07269**	0,58534ns	0,00222**
PROF(F2)	2	2,28306**	89,16852**	0,17444**	0,00020ns	0,46708ns	0,00005**
INT(F1xF2)	6	0,52970**	71,16584**	0,09963**	0,00692**	0,77091ns	0,00104**
TRATAM.	11	2,05389**	411,973197**	0,19846**	0,02364**	0,66506ns	0,00118**
RESÍDUOS	24	0,01346	2,76989	0,00417	0,00073	0,69927	0,00001
TOTAL	35						
CV%		2,17	4,56	6,90	1,55	28,35	0,74

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 = < p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$).