

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE – IEAA
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA – CVRM
COLEGIADO DE AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO EM PROPRIEDADES RURAIS NA
REGIÃO DE HUMAITÁ, AM**

Discente: José Carlos Marques Pantoja

Humaitá-AM

Junho de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE – IEAA
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA – CVRM
COLEGIADO DE AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO EM PROPRIEDADES RURAIS NA
REGIÃO DE HUMAITÁ, AM**

Discente: José Carlos Marques Pantoja
Orientador: Dr. Milton César Costa Campos

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal do Amazonas, no Instituto de Educação Agricultura e Ambiente, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Humaitá-AM

Junho de 2017

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P198a Pantoja, José Carlos Marques
Avaliação dos atributos do solo em propriedades rurais na região de Humaitá, AM / José Carlos Marques Pantoja. 2017
44 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Milton César Costa Campos
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Atributos do solo. 2. Multivariada. 3. Solos Amazônicos. 4. Componentes do solo. I. Campos, Milton César Costa II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

JOSÉ CARLOSMARQUES PANTOJA

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO EM PROPRIEDADES RURAIS NA
REGIÃO DE HUMAITÁ, AM**

Trabalho de Conclusão de Curso da
Universidade Federal do Amazonas, no Instituto
de Educação Agricultura e Ambiente, em
cumprimento às exigências legais como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado em 04 de julho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Milton César Costa Campos

Milton César Costa Campos
Instituto de Educação Agricultura e Ambiente-IEAA/UFAM

Eduardo Antônio Neves dos Santos
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Half Weinberg Corrêa Jordão

Half Weinberg Corrêa Jordão
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

“Eu chamo de bravo aquele que ultrapassou seus desejos, e não aquele que venceu seus inimigos; pois a mais dura das vitórias é a vitória sobre si mesmo.”

(Aristóteles)

Dedico

Aos meus pais, *Maria de Fátima Marques e José Raimundo Pantoja*, meu alicerce, pela criação que me destes, pelo amor incondicional e dedicação o qual tem por mim, e por sempre estar comigo, apoiando e incentivando minha caminhada.

Ofereço

As minhas Mães Socorro Pantoja e Cláudia Pantoja, meus Tios Carlos Pantoja, Toinho, Belarmino, Zeca, e a minha tia-Irmã Maria do Rosário (caçula), pelo apoio e companheirismo e por fazerem parte desta grande conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, força e discernimento para chegar onde cheguei.

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, a Pró Reitoria de Extensão (PROEXT), por todo incentivo dado para as atividades acadêmicas de extensão e pesquisa e fomento dos projetos realizados na instituição.

Ao meu orientador professor Milton César Costa Campos, pela oportunidade, paciência e compreensão, por acreditar em mim e por sua simplicidade e humildade a qual sempre teve por todos os alunos e orientados.

Aos amigos e colaboradores deste trabalho, Allan Leite, Emily Lira e Péricles Leão, que fizeram a coleta dos dados da primeira etapa deste trabalho.

A todos os professores do Colegiado de Agronomia que acompanharam meu crescimento, me auxiliaram e orientaram nas dificuldades.

Aos meus irmãos Andrielle, Arilson, Eduardo, Paulo Henrique, Rennie Neto, Meguie, Messie, Paulo e Kenedy pelas palavras de apoio e incentivo nos momentos de fraqueza, pela lealdade e amor depositado em mim.

Aos meus amigos, Adriana Miguel, Lucas Oliveira, Thiago Abraão, Willian Maciel, Wildson Benedito, Sheury Celante, Asafe Pantoja (primo e irmão do coração), Felipe Weckner (Boto), Vagner Pandolfo, Anderson Pantoja, Roberto de Paula, Jéssica Cristian, Leidi Oliveira, Rita de Cásia, pelo apoio, apreço, amizade e companheirismo que me tiveram durante a graduação. Em especial aos meus amigos cobras p*** das galáxias Adriana Miguel, Lucas Oliveira, Thiago Abrão, Willian Maciel, Wildson Benedito, Sheury Celante.

Ao tio Luciano Abba e sua família, por terem dividido comigo momentos inesquecíveis, onde sua amizade foi fundamental em muitos momentos em minha vida que jamais serão esquecidos.

A família Azevedo, pelo amor, acolhimento, apoio e incentivo que todos da família tiveram comigo nesta jornada. Em especial a tia Keia e o tio Rob por sempre me tratarem como membro da família, fica aqui minha humilde homenagem.

Aos meus colegas do Curso de Agronomia que contribuíram positivamente de alguma forma na realização deste sonho.

Ao meu tio Pantoja que foi sem dúvida uma das pessoas que me influenciou na escolha das ciências agrárias e foi o meu tutor e grande amigo na qual me proporcionou momentos que jamais serão esquecidos. Agradeço pela paciência, carinho e consideração que tem por mim.

A dona Leoda Maria e família, por toda ajuda, apreço e acolhimento quando deles precisei.

Ao Grupo de Pesquisa Solos e Ambientes Amazônicos, que me proporcionaram momentos de alegrias e descontração e grandes conhecimentos durante quatro anos gloriosos.

A todas as pessoas que participaram positivamente, diretamente ou indiretamente, para que finalizasse esta etapa da minha vida.

RESUMO

A produção agrícola é de extrema importância para a sobrevivência humana, e esta depende de uma série de fatores bióticos e abióticos. Dentre os principais, o solo é fundamental para abrigar e fixar as plantas, armazenar água e fornecer os nutrientes essenciais à vida vegetal. Desta forma, avaliação dos atributos do solo é essencial para identificação de fatores limitantes que possam interferir no ótimo crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho é avaliar os atributos do solo em propriedades rurais na região de Humaitá, Amazonas. Foram selecionadas 8 (oito) propriedades produtoras de diferentes culturas na região. Em seguida, foram coletadas amostras de solos em 4 (quatro) pontos e realizadas as análises físicas: densidade do solo, porosidade total, macro porosidade e micro porosidade do solo, resistência a penetração, agregados do solo e textura; e análises químicas: pH em água, carbono orgânico, estoque de carbono, Al^{3+} , H+Al e K e P disponível. Em seguida foram realizadas análises estatísticas uni e multivariada utilizando o software R versão 3.3.3. Nos resultados observou-se que, cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de Altura entre os acessos, para o conjunto de variáveis consideradas, é possível fazer uma divisão de grupos. Houve uma separação maior entre as áreas, o que demonstra que à medida que diminui o nível de fusão, a similaridade das áreas aumenta. Desta forma a ACP mostrou ser uma ferramenta estatística de extrema importância em estudos tributos do solo, pois possibilita uma investigação conjunta das variáveis consideradas; permite também inferir sobre a ação das variáveis na ordenação e discriminação dos atributos e suas características associadas.

Palavras chaves: atributos do solo, multivariada, solos amazônicos, Componentes do solo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Atributos físicos.....	16
2.1.1 Agregados do solo.....	16
2.1.2 Textura do solo.....	17
2.1.3 Porosidade do solo.....	17
2.1.4 Densidade e resistência do solo a penetração.....	18
2.2 Atributos químicos.....	19
2.2.1 Acidez do solo.....	19
2.2.2 Carbono Orgânico.....	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1. Descrição da Área de Estudo.....	22
3.2 Análises laboratoriais.....	23
3.3 Análises Estatística.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de destaque do município de Humaitá, AM.22
- Figura 2.** Dendograma das inter-relações referentes aos atributos físicos e químicos pela distância euclidiana média. A= profundidade de 00,0-0,10 m e B= 00,10-00,20 m. 1=banana, 2=pastagem, 3=milho, 4=café, 5=mandioca, 6=floresta, 7=SAF e 8=hortaliças.33
- Figura 3.** Dispersão (gráfico ACP) dos atributos do solo em áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.....35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tabela 1. Atributos físicos do solo das áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e Hortaliças.....	27
TABELA 2. Atributos químicos do solo das áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.....	30
Tabela 3. Fatores extraídos por componentes principais dos atributos físicos e químicos, das áreas de banana, pastagem, milho café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.....	33

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola é de extrema importância para a sobrevivência humana, e esta depende de uma série de fatores bióticos e abióticos. Dentre os principais, o solo é fundamental para abrigar e fixar as plantas, armazenar água e fornecer os nutrientes essenciais à vida vegetal (ALCARDE et al., 1998).

A ocupação e substituição de áreas antes florestadas por áreas agrícolas sem o devido critério técnico é sem dúvida um dos principais problemas causados pela ação antrópica na região Amazônica. Problemas estes que afetam diretamente a preservação dos recursos naturais e conseqüentemente os atributos do solo (WENDLING et al., 2012; CAMPOS et al., 2013).

A desestruturação e compactação do solo estão entre os fatores que mais limitam a produção agrícola, e normalmente é causada por aplicação excessiva de pressões sobre o solo, sendo influenciada pela textura, ciclos de umedecimento e secagem e densidade do solo (CARNEIRO et al., 2009). Segundo Oliveira (2013), à medida que o solo sofre intervenções no uso, ocorrem modificações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Neves et al. (2002) afirmam que, a avaliação das alterações dos atributos do solo, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, pode fornecer subsídios importantes para a definição de sistemas racionais de manejo, contribuindo, assim, para tornar o solo menos suscetível à perda de capacidade produtiva.

A degradação das características físicas é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural do solo (FERREIRA et al., 2010) e a degradação das características químicas responsáveis pela perda da fertilidade e conseqüentemente perda de produtividade das culturas.

Segundo Lima et al. (2007), as propriedades do solo podem ser utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo. Desta forma, o manejo provoca alterações nas propriedades do solo que podem não suportar, enfim, a prática agrícola (SILVA et al., 2008). Além disso, o uso e o tempo de utilização são fatores que também promovem alterações nas propriedades do solo.

A análise simultânea de muitas informações, a estatística multivariada torna-se a melhor ferramenta, possibilitando obter informações e interpretações

que poderiam não ser perceptíveis com o uso da análise estatística univariada (CRUZ e REGAZZI, 2001). Estudos na ciência do solo, nos quais muitas informações necessitam ser interpretadas, adotaram a estatística multivariada e a integraram com a estatística espacial (FACCHINELLI et al., 2001; BORŮVKA et al., 2007).

O manejo provoca alterações nas propriedades do solo que podem não suportar a prática agrícola, onde o uso e o tempo de utilização são os principais fatores que promovem alterações nas propriedades do solo. Assim, objetivou-se avaliar os atributos físicos e químicos do solo, em diferentes propriedades rurais na região de Humaitá, Amazonas. Onde, buscou-se analisar e comparar o comportamento dos atributos físicos e químicos entre as diferentes profundidades e áreas, identificar as variáveis que possuem maior influência nas variabilidades dos dados e determinar os componentes principais dos atributos estudado nas diferentes áreas de cultivo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Atributos físicos

2.1.1 Agregados do solo

O entendimento dos mecanismos que governam a funcionalidade do solo e seu relevante papel para a biosfera, atmosfera e hidrosfera, passa pelo adequado conhecimento dos processos que governam o arranjo das suas partículas em agregados, ou seja, da estrutura desse recurso natural. Um dos principais atributos do solo relacionados a sua qualidade do solo é a formação de macro agregados estáveis, os quais são responsáveis pela estrutura do solo, entre outras propriedades emergentes (MIELNICZUK et al., 2003).

De acordo com Azevedo e Dalmolin (2004), a formação dos agregados do solo depende dos fatores que promovem a aproximação das partículas primárias, e dos fatores que mantêm as partículas unidas contra as forças que tendem a separá-las. A contínua interação entre os componentes minerais e orgânicos determina a organização e o arranjo das partículas e define, num dado momento, a estrutura do solo, a qual pode sintetizar sua qualidade física (SALTON et al., 2012).

Para Salton et al. (2008), as relações entre os agregados do solo e a matéria orgânica do solo (MOS) já foram alvo de muitos estudos, que identificaram, além da fração mineral, a fauna do solo, microrganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo. A estabilidade de uma estrutura significa a resistência que os agregados do solo apresentam às influências da desintegração proporcionada pela água e da manipulação mecânica, demonstrando a importância para a formação e manutenção das boas relações estruturais do solo (BAVER et al., 1973 e OLIVEIRA et al., 1996).

Segundo a teoria da hierarquização proposta por Tisdall e Oades (1982), os agregados podem ser classificados, de acordo com o seu tamanho em cinco grupos (< 2 µm; de 2 a 20 µm; de 20 a 250 µm; de 250 µm a 2 mm; e > 2 mm). Os menores que 250 µm são denominados micro agregados e os maiores, macro agregados, sendo cada agregado formado pela união dos agregados da classe que vem logo abaixo, seguindo, assim, uma ordem hierárquica.

2.1.2 Textura do solo

A textura é uma característica importante no manejo dos solos, pois determina, em grande parte, o grau de coesão e adesão entre as partículas do solo. Os teores relativos das partículas do solo influenciam na taxa de infiltração e retenção de água, na aeração e na disponibilidade de nutrientes (FORSYTHE, 1975). Além disso, a sua determinação no solo permite fazer uso mais racional e eficiente dos fertilizantes (SANTOS et al., 2010).

Em trabalhos de avaliação dos atributos físicos na região sul do Amazonas, Campos et al. (2012), constatou solos com teores de siltes elevados, na qual, segundo as características encontradas esses solos foram classificados como cambissolos. Ainda segundo o autor, a região possui predominância de solos classificados como argissolos e cambissolos, possuindo pequenas áreas em que as características sofreram modificações antrópicas, na qual o autor classificou essas áreas como terra preta.

Conhecer a textura do solo é importante para sua classificação taxonômica, bem como para entender os processos pedogenéticos que atuam no terreno, considerando que as geformas da paisagem afetam o controle do movimento de água (divergência e convergência) e atributos do solo, influenciando e condicionando ambientes erosionais e depressionais (CAMPOS et al., 2007)

O tamanho das partículas de um solo mineral não está sujeito a mudanças rápidas. Portanto, a composição textural do solo é considerada uma característica intrínseca do próprio material e é pouco alterada por variáveis externas. Por isso, a textura é considerada de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo; mais recentemente, os componentes da textura do solo têm sido utilizados como variável independente em modelos de pedotransferência (OLIVEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2008). Segundo Correia et al. (2004), a textura é utilizada nas recomendações de calagem, gessagem, fosfatagem e adubações e no estabelecimento de práticas conservacionistas, visando à utilização de boas práticas de manejo dos solos.

2.1.3 Porosidade do solo

Por ser o solo um sistema trifásico, a caracterização de sua porosidade total é de grande importância para adoção de um manejo adequado, pois este atributo está estreitamente ligado a dinâmica do armazenamento e do

movimento de solutos e de circulação de gases no seu interior, essenciais aos processos bioquímicos das plantas, sobretudo aqueles relacionados com a produtividade vegetal (KIEHL, 1979). Segundo Streck et al. (2004), além de fatores intrínsecos ao solo, como matéria orgânica, mineralogia e textura, o manejo dado ao solo pode influenciar na quantidade e distribuição do tamanho de poros.

De acordo com Souza e Alves (2003), o preparo do solo é uma das principais operações de seu manejo, onde objetiva-se, entre outros, criar condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas, aumentando a porosidade total na camada preparada. A porosidade reflete o efeito do manejo do solo, podendo sofrer alteração na referida relação macro e micro porosidade, tendo em vista a frequente redução dos poros de maior diâmetro verificada com o uso do solo, que ocorre devido à quebra de agregados e conseqüente entupimento de poros (AGUIAR, 2008).

De acordo com Lima et al. (2007) a porosidade do solo é referida como ideal quando se apresentar com $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ do seu volume total, no qual a micro porosidade variaria entre $0,25$ e $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, e a ficaria entre $0,17$ e $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Contudo, o manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas leva à formação de camadas sub superficiais compactadas (LOURENTE et al., 2011), que afetam diretamente o volume de poros.

2.1.4 Densidade e resistência do solo a penetração

Os atributos físicos dos solos são utilizados na sua classificação (EMBRAPA, 2013), e também na avaliação da sua capacidade produtiva, uma vez que funcionam como indicadores de possíveis restrições ao crescimento radicular das culturas e disponibilidade de nutrição às plantas, além do fornecimento de água (TORMENA et al. 2002).

A densidade do solo por possuir estreita relação com outros atributos do solo é amplamente usada como indicador de qualidade do solo na maioria das pesquisas e converge para o fato de que, com o aumento da densidade do solo, ocorre diminuição da porosidade total, macro porosidade, condutividade hidráulica, absorção iônica, assim como o conseqüente aumento da micro porosidade e da resistência mecânica à penetração de raízes (LIMA et al., 2007).

Segundo Reichardt e Timm (2008), sendo o solo constituído por poros, a densidade do solo (D_s) pode ser usada como um índice do grau de compactação, pois a mesma massa pode ocupar um volume menor quando aplicada uma força de compressão. Dessa forma, ocorre o rearranjo dos poros, afetando a sua estrutura, e conseqüentemente as características de retenção de água.

A resistência à penetração é um dos atributos físicos também utilizados na avaliação do grau de compactação do solo, estando relacionada com a facilidade com que as raízes penetram o solo. De acordo com Rosolem et al. (1999), entre as características do solo que influenciam a resistência à penetração estão a textura, porosidade, estrutura, umidade e densidade.

Muitos trabalhos têm estabelecido faixas de resistência à penetração que seriam responsáveis por restrições ao desenvolvimento radicial. Valores críticos de resistência à penetração dependem da espécie. Threadgill (1982), fixa valores entre 1,5 MPa e 2,5 MPa como críticos de resistência à penetração resultando em desenvolvimento anormal e impedimento do desenvolvimento radical em árvores frutíferas. Da mesma forma, Dexter (1987) verificou que em baixos conteúdos de água no solo, valores de resistência à penetração de 1,0 MPa podem restringir o crescimento radical e que em solos mais úmidos pode haver crescimento radical em valores de resistência à penetração superiores a 4,0 MPa.

2.2 Atributos químicos

2.2.1 Acidez do solo

A qualidade química do solo é um dos fatores mais rapidamente afetado pelos processos de degradação. Spagnollo (2004) em seu trabalho afirma que mudança no uso da terra diminui a qualidade do solo, principalmente o cultivo em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa. O pH, capacidade de troca catiônica (CTC), condutividade elétrica do solo (CE), teores de macro e micronutrientes, e os estoques de matéria orgânica do solo (MOS) estão entre as propriedades químicas do solo que são influenciadas pelo tipo de uso da terra e utilizadas como indicadores de qualidade do solo (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Em função da pobreza em bases do material de origem, existem solos que são naturalmente ácidos. Segundo Mantovanelli et al. (2016), os solos

amazônicos por natureza são altamente intemperizados, tendo como característica a acidez e a saturação por alumínio elevadas, e baixa concentração de nutrientes, proveniente das elevadas taxas de lixiviação. A baixa fertilidade encontrada nos solos ácidos está associada, em grande parte, à pobreza em bases trocáveis e ao excesso de alumínio (MALAVOLTA, 2006). Além disso, o uso constante de fertilizantes de forma inadequada o problema, causados danos irreparáveis ao solo.

De acordo com Sanches e Salinas (1983), dentre os fatores ambientais do solo, os ligados à acidez (pH, saturação por bases, acidez potencial e solubilidade de nutrientes) são os que mais interferem na produtividade agrícola, especialmente nas regiões tropicais. Segundo Fragoso et al. (1999) a capacidade produtiva dos solos não depende somente da fertilidade, mas também da comunidade microbiológica desses solos. Uma vez que a atividade dos microrganismos decompositores depende do pH, este influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica. Assim, em valores de pH próximo da neutralidade, a maioria dos microrganismos do solo trabalha mais eficientemente. Dessa maneira, as alterações do pH podem influenciar o acúmulo de carbono orgânico no solo pelos microrganismos, ou de maneira direta, afetando os processos microbianos, ou indiretamente, por meio da disponibilidade dos nutrientes (MELLO et al., 1985).

2.2.2 Carbono Orgânico

Qualquer modificação no solo pode alterar diretamente sua estrutura e sua atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos nos agros ecossistemas (BROOKES, 1995) podendo promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas (CARNEIRO et al., 2009).

De acordo com Novais e Smith (1999), a MOS é essencial para manter as propriedades físicas, químicas e biológicas, especialmente sob condições tropicais úmidas, onde os solos são pobres em bases, fósforo (P) e nitrogênio (N) e com altos valores de acidez trocável. Adicionalmente, a MOS desempenha importante papel no ciclo global de C, devido ser estimada conter mais de quatro vezes o C da biomassa e três vezes o C da atmosfera (LAL, 2004). Segundo Nelson & Sommers (1996), na constituição da matéria orgânica, o carbono

apresenta predominância (cerca de 58%), e portanto, a determinação do carbono orgânico total tem sido utilizada para estimar quantitativamente a fração orgânica do solo.

Dessa forma, a matéria orgânica do solo não somente é uma reserva de carbono, mas também, é a principal responsável pelos níveis de fertilidade da maioria dos solos tropicais (MUÑOZ et al., 2007; NOVAIS et al., 2007). A variação no acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS) pode ser usado como um indicador de qualidade, em virtude da sua sensibilidade ao sistema de manejo adotado e por se correlacionar com a maioria dos atributos físicos e químicos do solo. O estoque de carbono de um solo é representado pelo balanço dinâmico entre a adição de material vegetal e a perda pela decomposição ou mineralização (MACHADO, 2005). Consequentemente, o fracionamento físico e químico da MOS constitui importante estratégia para detectar mudanças nos estoques de C do solo (CHRISTENSEN, 2001).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área de Estudo

A coleta foi realizada em duas comunidades na zona rural de Humaitá – AM, onde foram coletadas amostras de solo em cinco propriedade com áreas manejadas com banana, pastagem, milho, café e mandioca na comunidade de Realidade na BR – 319, Km 100, sentido Humaitá – Manaus, e em três propriedades em áreas de floresta, SAF e hortaliças na comunidade do Alto Crato na BR – 230. O material coletado, foi devidamente identificado e encaminhado para análises no laboratório de Solo e Nutrição de Plantas do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente, situado no Município de Humaitá-AM, onde foram analisados os atributos físicos e químicos do solo (Figura 1).

As amostras foram coletadas em quatro pontos aleatórios nas devidas áreas, onde foram abertas minis trincheiras com tamanho de 40 cm x 40 cm, nas quais foram coletadas amostras em anéis volumétricos de Kopeck nas profundidades de 00,00-00,10 e 00,10-00,20 m, além de amostras com estrutura preservada em forma de torrão para determinação da estabilidade dos agregados do solo, textura e as análises químicas.

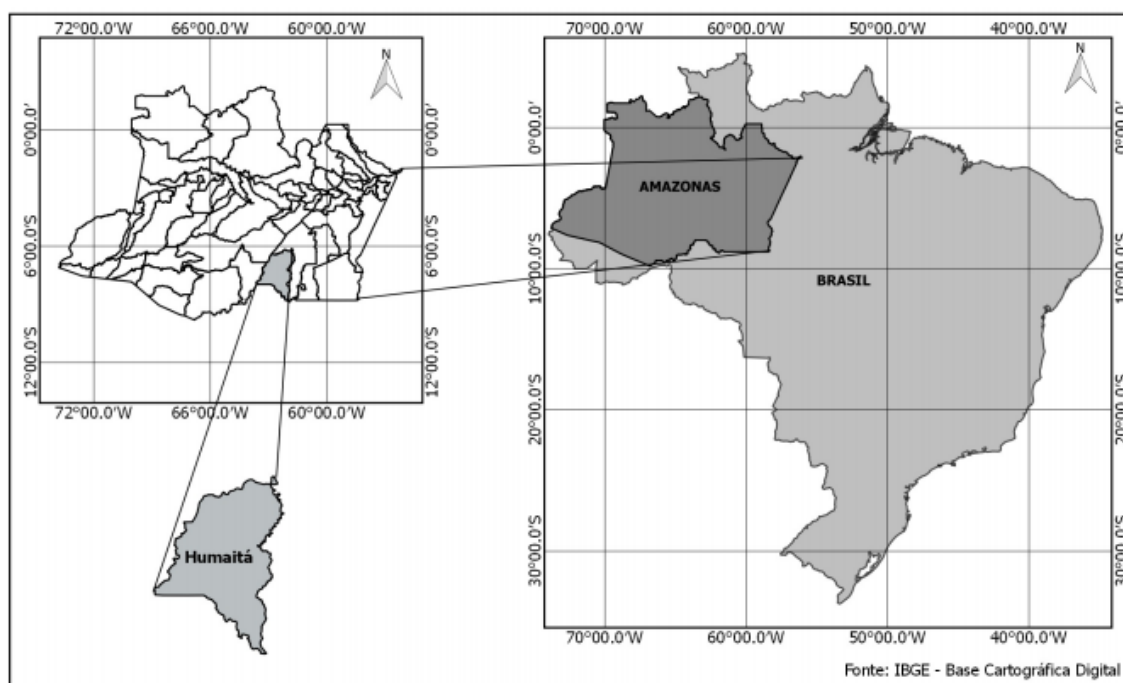


Figura 1. Mapa de destaque do município de Humaitá, AM.

As áreas de banana, milho e mandioca localizada na comunidade de Realidade, são manejadas anualmente com uso de grade pesada para

revolvimento do solo, onde houve o uso de 1 t/há de calcário dolomítico. Nas áreas de pastagem, os produtores não relataram o uso de adubação químicas nas áreas. Na comunidade de Alto Crato, as áreas de floresta nativa, nunca sofreram ação antrópica, as áreas de hortaliças apresentam diversas culturas como cebolinha, coentro, pepino, couve e outros, sendo utilizada a adubação orgânica, com o uso de restos vegetais e esterco bovino.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical chuvoso, temperaturas variando entre 25 e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho, apresentando umidade relativa do ar entre 85 e 90%.

3.2 Análises laboratoriais

No laboratório, foi realizada a assepsia das amostras em anel volumétrico, logo em seguida foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de dois terços da altura para a determinação da macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e volume total de poros utilizando-se anéis volumétricos (EMBRAPA, 2011).

Para a determinação da resistência do solo a penetração (RP) foram utilizadas as mesmas amostras coletadas para avaliação de densidade do solo (DS) e de porosidade do solo, as mesmas foram determinadas em laboratório utilizando um penetrômetro eletrônico com velocidade constante de 3 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm de diâmetro de base e semiângulo de 30°, receptor e interface acoplado a um microcomputador, para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento. As determinações foram realizadas em amostra com estrutura preservada com tensão de água no solo próximo a capacidade de campo (DALCHIAVON et al, 2011). Para cada amostra foram obtidos 290 valores, eliminando os 30 valores iniciais e 30 finais.

Para a determinação da estabilidade dos agregados do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas segundo Kemper & Chepil (1965), que foi realizada colocando as amostras sobre um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; e 0,063 mm e submetendo-as a oscilações verticais durante 15

minutos. Foi adotado como índice de estabilidade o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP).

A textura do solo foi determinada utilizando-se o método da pipeta, com solução de NaOH 1 mol como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 minutos conforme métodos da (EMBRAPA, 2011).

A determinação da acidez ativa do solo foi determinado potenciométricamente utilizando-se água, com relação solo: solução 1:2,5. Em análises de fertilidade do solo no Brasil, de modo geral, o valor do pH determinado em água na relação 1:2,5 (solo: solução) é o mais comum (EMBRAPA, 2011).

O carbono total foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado por Yeomans e Bremner (1988), a matéria orgânico por sua vez, estimado com base no carbono orgânico (EMBRAPA, 2011).

O estoque de Carbono no solo (ECS) foi calculado de acordo com a área. Foram quantificados os estoques de C orgânico dos perfis do solo, por camada, até 20 cm de profundidade. No cálculo do ECS adotou-se um sistema de interpolação dos horizontes dos solos em camadas, para facilitar a interpretação e comparação dos resultados. O ECS foi obtido pela soma dos estoques em cada camada de solo, com valores médios do teor de C orgânico e densidade do solo da respectiva camada em todas as áreas. O estoque de C orgânico de cada camada correspondeu ao produto do teor de C do solo (C, g kg⁻¹) pela densidade do solo (DS, g cm⁻³) e pela profundidade da camada, empregandose a fórmula:

$$\text{ECS} = (\text{C} \times \text{DS} \times \text{p})/10$$

em que ECS = estoque de carbono do solo (t ha⁻¹); C = teor de carbono do solo (g kg⁻¹); DS = densidade do solo (g cm⁻³); e p = profundidade da camada do solo (cm) (ALCIDES GATTO et al, 2010).

O extrator químico utilizado para a realização das análises do fósforo (P) e do potássio (K) é o chamado *Mehlich*⁻¹, também conhecido par duplo-ácido ou Carolina do Norte. É formado pelos ácidos clorídrico (0,05 mol/L) e sulfúrico (0,0125 mol/L), (EMBRAPA, 2011).

O alumínio trocável foi extraído a partir de uma solução concentrada de cloreto do potássio (1 mol/L) é usada para deslocar, e manter em solução, os

íons alumínio adsorvidos ao complexo de troca. Posteriormente o alumínio é determinado por titulação na presença do indicador azul de bromotimol (EMBRAPA, 2011).

Extração da acidez potencial (H+Al) do solo foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio e determinação volumétrica com hidróxido de sódio em presença de fenolftaleína como indicador. Essa extração baseia-se na capacidade tampão dos ânions acetatos presentes no sal, que extraem grande parte dos cátions H⁺ Al³⁺ até o valor de pH 7,0 (EMBRAPA, 2011).

3.3 Análises Estatística

Através do teste de F é avaliado as variáveis para análises dos dados, verificando se ocorre ou não diferenças significativas entre os dados. Para avaliação da magnitude dessas diferenças utilizamos o teste de comparação múltiplas. O teste de Tukey permite testar qualquer contraste, sempre, entre duas médias de tratamentos, ou seja, não permite comparar grupos entre si. O teste baseia-se na Diferença Mínima Significativa (DMS) Δ . A estatística do teste é dada da seguinte forma:

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMRes}{r}}$$

em que, q é a amplitude total t utilizada, tabelada (tabela 5) , $QMRes$ é o quadrado médio do resíduo, e r é o número de repetições. O valor de q depende do número de tratamentos e do número de graus de liberdade do resíduo. Também, em um teste de comparações de médias, deve-se determinar um nível de significância α para o teste. Normalmente, neste trabalho foi utilizado o nível de 5% ou 1 % de significância.

Foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), utilizando a matriz de correlações, sendo tal procedimento conhecido como modo “R”. O primeiro autovalor a ser determinado corresponderá à maior porcentagem da variabilidade total presente e assim sucessivamente. Os autovetores correspondem às componentes principal sendo o resultado do carregamento das variáveis originais em cada um deles. Tais carregamentos podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável em relação às componentes principais e os respectivos sinais, se positivos ou negativos, indicam relações direta e inversamente proporcionais.

A matriz de carregamentos de cada variável nas componentes principais ao ser multiplicada pela matriz original de dados fornecerá a matriz de contagens (scores) de cada caso em relação às componentes principais. Esses valores poderão ser dispostos num diagrama de dispersão, onde os eixos são as duas componentes mais importantes e assim mostrar o relacionamento entre os casos condicionados pelas variáveis medidas (Bernardi et al., 2001). Na execução dessas análises foi utilizado os softwares ASSISTAT e R versão 3.3.3. e Past 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do teste tukey dos atributos físicos do solo das áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças. Para as variáveis microporosidade (MiP), umidade volumétrica (UvS), diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado e silte, na profundidade de 00,00-00,10 m, não houve diferença entre si ao nível de 5% de significância. O mesmo acontece, na Profundidade de 0010-00,20 m com as variáveis MiP e DMG. Esses resultados permitem, supor que essas áreas são pertencentes a uma mesma classe de solos, pois as mesmas apresentam características semelhantes entre si, havendo algumas de suas características alteradas devido ao manejo aplicados a elas (EMBRAPA, 2013).

Observou-se que na maioria das áreas estudadas, a resistência do solo a penetração (RP) apresentou estimatórias inferior a 2,00 MPa, o que não ocorreu nas áreas de pastagem e floresta na profundidade de 00,00-00,10 m. A RP, é um parâmetro que avalia a capacidade do solo de resistir à penetração mecânica, a qual faz inferência à penetração de raízes e tem estreita relação com alguns atributos do solo, como Ds, textura e umidade do solo. Valores de resistência do solo à penetração de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Tavares Filho & Tessier (2010), podem restringir ou mesmo impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Contudo, em áreas de vegetação nativa são toleráveis valores de RP até 4 MPa devido à permanência e continuidade dos poros, atividade biológica mais ativa e maior estabilidade dos agregados quando comparados com áreas manejadas.

Os valores de macroporosidade do solo (MaP) nas áreas de banana, pastagem, milho, café e mandioca, apresentaram decréscimo dos seus valores com o aumento da profundidade, sendo a área de banana na profundidade de 00,00-00,10 m, e a de floresta na profundidade de 00,10-00,20 m as que apresentaram maior valor (Tabela 1). Para Alvarenga et al. (1996) e Assis & Lanças (2005), valores de MaP menores que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, imprimem inadequada aeração para atender a necessidade do sistema radicular e as atividades dos microrganismos do solo. Sobre este assunto, Araújo et al. (2007) afirmaram que valores baixos de macro porosidade refletem na baixa taxa de infiltração do solo

Tabela 2. Tabela 1. Atributos físicos do solo das áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e Hortaliças.

Sistema de cultivo	RP	MaP	MiP	VTP	UgS	UvS	Ds	DMG	DMP	Areia	Silte	Argila
	Kpa			m ³ m ⁻³			mg m ⁻³	Mm			g kg ⁻¹	
00,00-00,10 m												
Banana	1,20 bc	0,15 a	0,45 a	0,58 a	0,37 a	0,45 a	1,19 bcd	2,52 a	3,07 a	97,89 b	681,97 a	138,12 c
Pastagem	3,00 a	0,07 c	0,37 a	0,44 c	0,25 c	0,37 a	1,50 a	2,68 a	3,15 a	109,07 b	692,42 a	139,33 c
Milho	1,37 bc	0,16 a	0,41 a	0,56 ab	0,38 a	0,41 a	1,10 cd	2,65 a	3,16 a	139,16 b	674,94 a	166,45 bc
Café	1,51 bc	0,10 b	0,39 a	0,51 abc	0,33 abc	0,39 a	1,21 bcd	2,42 a	2,98 a	122,93 b	634,69 a	245,73 a
Mandioca	0,85 c	0,13 ab	0,38 a	0,51 abc	0,36 ab	0,38 a	1,04 d	2,50 a	3,11 a	243,70 a	597,17 a	204,25 ab
Floresta	3,05 a	0,06 c	0,37 a	0,45 c	0,26 bc	0,36 a	1,36 ab	2,75 a	3,21 a	111,32 b	694,42 a	138,58 c
SAFs	1,83 b	0,10 b	0,38 a	0,48 c	0,29 abc	0,38 a	1,32 abc	2,41 a	3,00 a	130,78 b	613,57 a	213,73 ab
Hortaliça	1,46 bc	0,08 bc	0,43 a	0,49 bc	0,33 abc	0,43 a	1,31 abc	2,32 a	2,92 a	133,11 b	633,29 a	263,97 a
CV (%)	16,31	20,21	9,02	6,74	14,73	9,14	8,48	13,80	5,64	13,14	9,34	14,14
00,10-00,20 m												
Banana	1,59 b	0,09 bc	0,41 a	0,52 ab	0,34 ab	0,54 ab	1,21 ab	2,57 a	3,07 ab	72,29 c	616,71 ab	253,82 ab
Pastagem	2,11 a	0,06 c	0,39 a	0,45 c	0,26 b	0,56 a	1,56 a	2,42 a	3,03 ab	113,41 bc	651,71 ab	265,48 ab
Milho	1,50 b	0,09 bc	0,41 a	0,49 bc	0,32 ab	0,48 abc	1,30 ab	1,83 a	2,62 b	125,62 bc	645,54 ab	205,04 bc
Café	1,28 b	0,09 bc	0,42 a	0,50 abc	0,32 ab	0,42 c	1,31 ab	2,54 a	3,08 ab	122,53 bc	619,15 ab	288,69 a
Mandioca	1,15 b	0,09 bc	0,41 a	0,50 abc	0,33 ab	0,37 c	1,24 ab	2,57 a	3,08 ab	190,58 a	540,06 b	280,98 ab
Floresta	1,37 b	0,16 a	0,41 a	0,56 a	0,38 a	0,41 c	1,10 b	2,65 a	3,16 a	139,16 ab	674,94 a	166,45 ab
SAFs	1,51 b	0,10 b	0,39 a	0,51 abc	0,33 ab	0,39 c	1,32 ab	2,42 a	2,98 ab	122,93 bc	634,69 ab	245,73 abc
Hortaliça	1,18 b	0,10 b	0,43 a	0,51 abc	0,36 a	0,43 bc	1,34 ab	2,51 a	3,08 ab	149,72 ab	629,63 ab	251,01 ab
CV (%)	15,08	15,06	5,40	5,81	11,69	10,73	9,44	17,65	7,05	19,90	7,90	13,99

RP (Resistência do solo a Penetração), MaP (Macro Porosidade do solo), MiP (Micro Porosidade do solo), VTP (Volume Total de Poros), UgS (Umidade Gravimétrica), UvS (Umidade Volumétrica), Ds (Densidade do solo), DMG (Diâmetro Médio Geométrico), DMP (Diâmetro Médio Ponderado) CV (%): coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem (Tukey $p \leq 0,05$).

que, conseqüentemente, favorece a ação erosiva das enxurradas, o assoreamento e poluição dos reservatórios hídricos, resultantes da deposição dos sedimentos carregados pela enxurrada quando em uso pelo setor agropecuário.

Os resultados referentes a densidade do solo (D_s), apresentaram os maiores valores nas áreas sob o cultivo de pastagem, com $1,50 \text{ mg m}^{-3}$ na profundidade 00,00-00,10 m e $1,56 \text{ mg m}^{-3}$ na profundidade 00,10-00,20 m, diferindo estatisticamente das demais áreas. Esses valores correlacionam-se com os valores de RP encontrado na mesma área. É provável que os principais fatores desses elevados níveis de adensamento do solo sejam, primeiramente, os elevados teores de silte superior ou proporcional a soma dos teores de areia e argila, promovendo melhor agrupamento das partículas do solo (Tabela 1), e a maior exposição do solo as ações desintegradoras da estrutura do solo, como o superpastejo. De acordo com a D_s é um atributo que varia com o tempo, por processos naturais de adensamentos ou com práticas de manejo (BICALHO, 2011).

Na avaliação dos agregados do solo, apenas a variável DMP, na profundidade de 00,10-00,20 m, apresentou diferenças estatisticamente (Tabela 1). Para esta variável, observou-se que a área de floresta apresentou maior valor 3,16 Mm e a área de milho o menor valor 2,62 Mm. Neste contexto Aquino et al. (2014b), afirmam que o arranjo das partículas primárias do solo, resulta em agregados de tamanhos e formas variadas, constituindo as unidades básicas da estrutura do solo que por ser formada de unidades menores (os agregados) depende da forma, tamanho e o grau de estabilidade dessas unidades. Segundo Kato et al., (2010) altos valores de DMP indicam a alta estabilidade dos agregados, no entanto um agregado de elevado DMP nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior (Alho et al., 2014).

Através da análise granulométrica das áreas estudadas, diagnosticou-se que todas as áreas apresentam classe textural franco-argilosiltosa (Tabela 1). Observou-se que na camada de 00,10-00,20 m ocorre um aumento discreto no teor de argila e também uma pequena diminuição no teor de areia corroborando com os resultados de CAMPOS (2009); sendo causado por processos naturais (adensamento) e por ações antrópicas (SILVA & CABEDA, 2006). Os teores de silte elevados nas áreas estudadas, são em decorrência principalmente à

posição rebaixada, e ocorrência em depressões topográficas que favorecem a deposição de sedimentos mais finos (CAMPOS, 2009). a natureza siltosa não tem coesão apreciável e nem plasticidade quando o solo está molhado (CAMPOS, 2013). Isto dificulta o manejo dessas áreas em períodos chuvoso, além de apresenta sérios problemas de infiltração.

De acordo com a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Pimentel-Gomes (1985), as áreas estudadas apresentaram em sua maioria valores baixos ($CV < 10\%$) e médios ($10\% < CV < 20\%$), o que indica baixa e média variabilidade dos dados, com exceção apenas da variável Map (Macro porosidade do solo) na profundidade de 0,00-00,10 m, que apresentou CV alto ($CV > 20\%$) (Tabela 1), tendo esta variável uma alta variabilidade dos dados.

Os resultados referentes as análises químicas são apresentadas na Tabela 2. As variáveis pH do solo e K (Potássio) na profundidade de 00,00-00,10 m e 00,10-00,20 m, ECS (Estoque de Carbono no solo), H+Al (Acidez potencial) e P (Fosforo), na profundidade de 00,00-00,10 m, não apresentaram diferença entre si ao nível de 5% de significância. O pH dessas áreas apresentaram acidez elevada ($pH < 5$), no entanto a área de SAF teve valores ligeiramente superiores nas profundidades amostradas, quando comparada aos demais ambientes, estando, assim, em acordo com (BOLEY et al., 2009). Para Brandão et al. (2010), essas características refletem a pobreza do material de origem, os quais são submetidos a intenso intemperismo e lixiviação e nessas condições, as cargas negativas e a disponibilidade de nutrientes dependem da fração orgânica do solo.

Os teores de carbono no solo nos diferentes sistemas estudados apresentaram comportamento semelhante, sendo os maiores teores em superfície na profundidade de 0,00 - 0,10 m e decréscimo com o aumento da profundidade (Tabela 2). Os maiores teores de carbono no solo, para a camada de 0,00 - 0,10 m, foram encontrados na Área de hortaliças ($13,03 \text{ g kg}^{-1}$). Essa leve superioridade nos valores de CO da área sob o cultivo de Hortaliças, pode ser justificada pelo uso de adubação orgânica. Segundo Steiner et al. (2011) as fontes de nutrientes influenciam significativamente o teor de CO do solo. A aplicação de fontes orgânicas, independentemente da complementação com fertilizante mineral, proporciona incrementos significativos no teor de CO do solo quando comparada à adubação mineral. De acordo com Leite et al. (2003), o

conteúdo de CO do solo é determinado pelo balanço das entradas, como o aporte de resíduos vegetais e a aplicação de compostos orgânicos, e as saídas, por meio da oxidação e decomposição da matéria orgânica do solo.

Tabela 2. Atributos químicos do solo das áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.

Sistema de cultivo	pH	CO	ECS	H + Al	Al ³⁺	P	K
		g kg ⁻¹		cmolc kg ⁻¹			mg dm ⁻³
00,00-00,10 m							
Banana	4,52 a	12,19 ab	64,92 a	16,17 a	5,27 a	2,37 ab	9,88 a
Pastagem	4,82 a	7,61 c	19,32 c	10,60 a	2,95 b	1,93 ab	5,60 a
Milho	4,39 a	10,61 abc	39,25 bc	16,17 a	3,77 ab	3,21 a	10,46 a
Café	4,51 a	10,34 abc	53,50 ab	15,88 a	5,25 a	1,86 ab	4,70 a
Mandioca	4,29 a	10,76 abc	47,15 ab	17,49 a	4,40 ab	2,42 ab	5,17 a
Floresta	4,77 a	9,53 abc	19,06 b	10,64 a	2,94 b	1,63 ab	7,03 a
SAFs	4,65 a	10,34 abc	40,08 abc	12,25 a	4,55 ab	1,21 b	5,67 a
Hortaliças	4,64 a	13,03 a	65,26 a	15,01 a	5,07 a	1,63 ab	4,72 a
CV (%)	5,70	17,90	24,99	21,14	17,72	33,08	42,29
00,10-00,20 m							
Banana	4,62 a	10,78 ab	25,84 a	15,13 ab	6,20 a	1,23 a	4,02 a
Pastagem	4,51 a	7,17 b	20,98 a	9,65 c	4,10 ab	1,18 a	1,62 a
Milho	4,70 a	10,85 ab	28,26 a	11,50 bc	4,72 ab	1,27 a	3,87 a
Café	4,61 a	12,77 a	33,73 a	14,23 ab	5,70 ab	1,41 a	2,94 a
Mandioca	4,42 a	11,58 a	28,76 a	12,62 abc	5,02 ab	1,35 a	4,32 a
Floresta	4,39 a	6,61 b	23,26 a	16,17 a	3,77 b	1,27 a	4,17 a
SAFs	4,95 a	8,67 b	24,90 a	15,88 a	5,25 ab	1,63 a	2,79 a
Hortaliças	4,63 a	12,86 a	32,14 a	15,09 ab	4,82 ab	1,21 a	3,04 a
CV (%)	5,14	16,86	20,19	13,07	18,68	33,66	59,84

CO: Carbono orgânico; ECS: Estoque de carbono no solo; H+Al: Acidez potencial; Al³⁺: Alumínio trocável; P: Fosforo; K: Potássio; CV (%): coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey $p \leq 0,05$).

O Estoque de Carbono (ECS), é uma propriedade do solo que leva em conta em sua estimativa o CO e Ds, de modo que quanto maior for a densidade

do solo e maior o teor de carbono orgânico do solo maior será o ECS desse solo. Dessa forma, foi observado nos testes de medias da área sob o cultivo da banana foi o que apresentou maior ECS na Profundidade 00-10 m, havendo uma diminuição nos valores dessa variável na profundidade de 00,10-00,20 m.

Os teores de H + Al apresentaram diferenças entre si, apenas na profundidade de 00,10-00,20 m, onde a variável apresentou o maior valor na área de floresta 16,17 cmolc dm⁻³. Como a acidez potencial do solo, quanto mais elevada, maior será a quantidade de íons H⁺ e Al³⁺ que poderão vir para a solução, isto correlacionada com o baixo valor de pH na camada sub superficial, corroborando assim com resultados obtidos por Souza et al. (2012) avaliando o efeito do gesso nas propriedades químicas do solo. Considerando que o aumento da acidez potencial em profundidade limita a expansão do sistema radicular, dificultando assim o acesso a água e aos nutrientes que se encontram nas camadas mais profundas do solo.

Para os atributos químicos a classificação do coeficiente de variação (CV) nas áreas estudadas apresentou em sua maioria valores de CV, alto (CV>20%), com exceção das variáveis pH nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m que apresentam CV baixo (CV< 10%) e as variáveis Carbono orgânico (CO) e Alumínio trocável (Al³⁺) na profundidades de 0,0-0,10 m e Carbono orgânico (CO) e Alumínio trocável (Al³⁺) e Acidez potencial (H+Al) na profundidade de 00,10-00,20 m, que apresentam CV médio (10% < CV< 20%) (Anexo 2).

O dendograma obtido pela análise de agrupamentos hierárquico é apresentado na figura 2. Observou-se que, cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de Altura entre os acessos, para o conjunto de variáveis consideradas, é possível fazer uma divisão de grupos. A divisão mostrou a ordenação dos acessos segundo as características dos atributos do solo. Onde, as áreas banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, sistemas agroflorestais e hortaliças foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, classificando-as em grupos homogêneos.

Foi admitido um corte de distância euclidiana de 10,0, favorecendo uma divisão clara dos grupos. Essa divisão mostrou um resultado muito importante que foi a ordenação dos dados segundo os atributos físicos e químicos do solo de cada área, na qual pôde-se classificar os dados em três grupos: grupo 3 (G3), na profundidade de 00,00-00,10 m, ficaram concentrados os acessos banana (1)

e hortaliças (8), que apresentaram as maiores médias entre as áreas estudadas. O grupo 1 (G1), na mesma profundidade, os acessos milho (3) e SAF (7), foram os que apresentaram as médias menores entre as áreas estudadas. As demais áreas apresentaram valores intermediário, com exceção da área de mandioca (5), que apresentou valores fora do corte definido (Figura 2A).

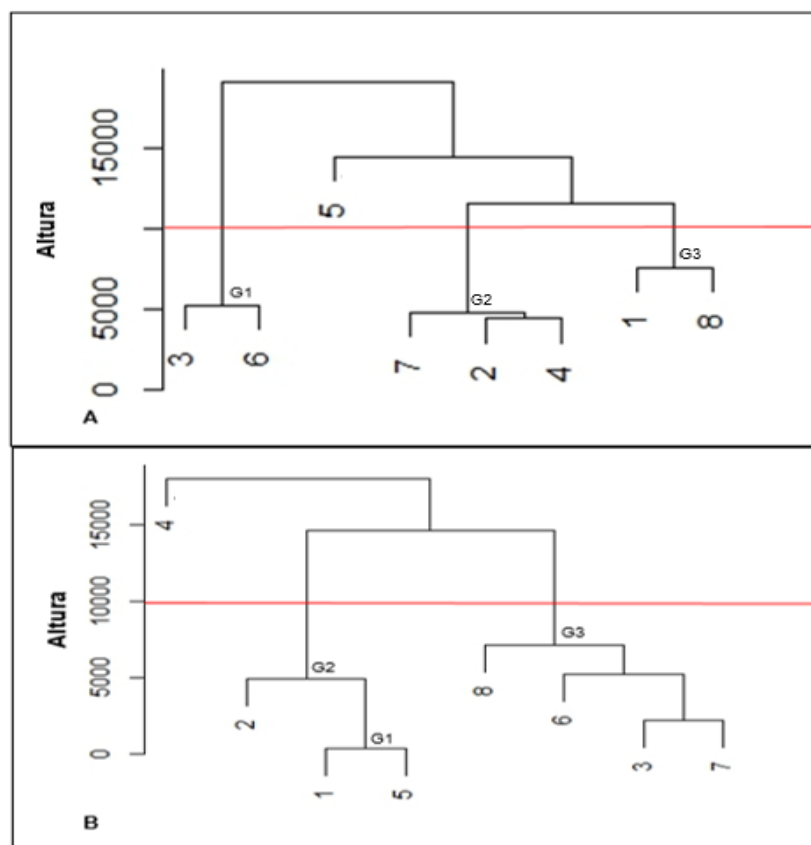


Figura 2. Dendrograma das inter-relações referentes aos atributos físicos e químicos pela distância euclidiana média. A= profundidade de 00,0-0,10 m e B= 00,10-00,20 m. 1=banana, 2=pastagem, 3=milho, 4=café, 5=mandioca, 6=floresta, 7=SAF e 8=hortaliças.

Na profundidade de 00,10-00,20 m, o grupo 3 (G3), foi o que apresentou os maiores valores das médias nos atributos estudados, onde o grupo foi formado pelos acessos milho (3), floresta (6), SAF (7) e hortaliças (8). O grupo 2 e 1 (G1 e G2), apresentaram similaridade entre si, enquanto os valores do acesso café (4), apresentou valores fora do corte definido (Figura 2B).

Compreende-se que houve uma separação maior entre as áreas, o que demonstra que à medida que diminui o nível de fusão, a similaridade das áreas aumenta. Isso significa que a variação entre grupos diminui e a variação dentro do grupo aumenta. A diferenciação dos grupos foi marcante, pois as

características dos atributos de um mesmo grupo são semelhantes e diferentes do comportamento de outros agrupamentos (VALLADARES et al., 2008).

Os resultados referentes a análise dos componentes principais (ACP), são apresentados na Tabela 3. Nesta, observa-se o resumo da AF (análise dos fatores), destacando-se os fatores obtidos em cada área de estudo, as cargas fatoriais submetidas ao método de rotação varimax, os autovalores e a percentagem de explicação da variância de cada fator. Com base no critério citado anteriormente, optou-se por fixar o número de fatores baseado no percentual de explicação da variância acumulada, sendo este estabelecido a valores superiores a 70%.

Tabela 3. Fatores extraídos por componentes principais dos atributos físicos e químicos, das áreas de banana, pastagem, milho café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.

Variáveis	FAC 1	FAC 2	FAC 3	FAC 4
pH	-0,84*	-0,11	0,27	0,06
CO	0,72*	-0,39	0,21	0,08
Al ³⁺	0,83*	0,01	0,14	-0,12
(H+Al)	0,30	-0,75*	0,31	0,04
Ds	-0,88*	-0,25	0,21	-0,00
RP	-0,80*	0,39	0,10	-0,16
MaP	0,81*	0,47	0,03	-0,18
MiP.	0,61	-0,31	0,46	-0,06
VTP	0,90*	0,26	0,18	-0,11
UgS	0,95*	0,09	0,04	-0,04
UvS	-0,08	-0,31	0,60	-0,28
Areia	0,38	-0,13	-0,85*	-0,04
Silte	-0,19	0,73*	0,36	-0,32
Argila	0,09	-0,70	0,07	0,65
DMG	-0,84*	-0,11	0,27	0,06
DMP	0,72*	-0,39	0,21	0,08
% variância	40,39	22,42	11,86	5,31

* Valores mais discriminatórios.

Na análise de fatores, as cargas fatoriais que definem quais variáveis são mais importantes, indicam que as variáveis que formam o fator 1, pH, CO, Al³⁺, Ds, RP, MaP, VTP, UgS, DMG e DMP; no fator 2, (H+Al), Silte; e no fator 3, Areia (Tabela 3). Estas variáveis explicam a maior porcentagem de variação e são as que mais contribuem para alterar as características do solo em função do manejo. As variáveis que apresentaram cargas fatoriais abaixo desses valores são aquelas que retêm pequena parte da variação total, o que demonstra que as

demais variáveis não citadas contribuem em menor proporção para discriminar o uso do solo (Pragana et al., 2012).

Quanto ao percentual de variância explicado pelas CPs no método dos autovalores, verifica-se que o primeiro, segundo, terceiro e quarto componente são responsáveis por 79,98% da variância total, sendo 40,39% na CP1, 22,42% na CP2 e 11,86 na CP3 e 5,31% na CP4. Segundo Campos et al. (2013), para estudos de solos, valores acima de 70% da variância original acumulada são considerados valores aceitáveis, validando assim as informações do trabalho em questão. Esse tipo de análise é interessante para a ciência do solo porque pode eleger as variáveis mais significativas nos processos pedogenéticos (THEOCHAROPOULOS et al. 1997). Assim, os atributos do solo analisados com a ACP são agrupados de acordo com suas semelhanças, nas áreas estudadas, que, por sua vez, são separadas por critérios de dissimilaridade, o que levará à formação de grupos.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico biplot para análise Componentes principais dos atributos do solo das áreas estudadas. Na análise de componentes principais foram considerados os dois primeiros componentes Fator 1 e Fator 2, pois estes conseguem reter cumulativamente a quantidade suficiente da informação total contida no conjunto das variáveis originais, para cada sistema de uso, que foi definido por 16 variáveis, o que possibilita sua localização com um ponto em um gráfico bidimensional (HAIR, 2005). A quantidade da informação total das variáveis originais, retida pelos dois componentes principais, foi de 80,60% 41,18% (primeiro componente principal) + 15,17% (segundo componente principal) (Tabela 3).

A representação gráfica e a correlação das variáveis nos componentes principais permitiram caracterizar as variáveis que mais discriminaram na formação dos grupos 1, 2 e 3. As variáveis C org. (-0,13), Macro porosidade (-0,12), Densidade (Ds) (-0,05) Silte (-0,52) e VTP (-0,08) são responsáveis pela discriminação dos grupos 1 e 2, localizados à esquerda de CP1 (correlações negativas), enquanto as variáveis pH (0,49), Umidade Gravimétrica (UmidG) (0,19) e Resistencia a Penetração (RP) (0,09) são responsáveis pela discriminação do grupo 3, localizado à direita (correlações positivas).

Os grupos 1 e 2 são caracterizados por áreas com maior densidade do solo, carbono orgânico, macro porosidade, Silte e volume total de poros

enquanto o grupo 3 caracteriza-se por áreas com maior resistência a penetração, maior umidade gravimétrica e com o pH mais elevado.

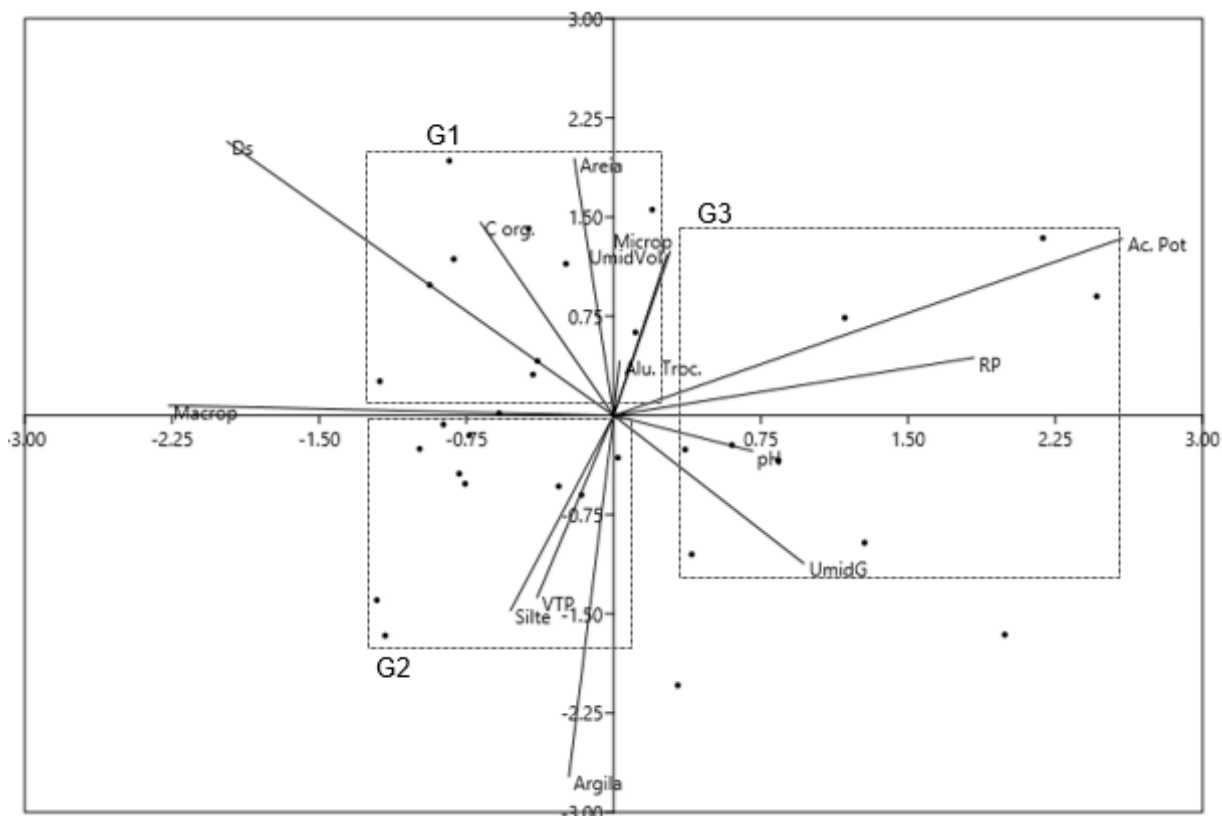


Figura 3. Dispersão (gráfico ACP) dos atributos do solo em áreas de banana, pastagem, milho, café, mandioca, floresta, SAF e hortaliças.

No segundo componente principal, somente a variável Areia, com correlação positiva de 0,84, discriminou aqueles acessos localizados na parte superior do gráfico biplot (Figura 3), indicando que esses acessos apresentam maior quantidade de Micro poros do que aqueles localizados na parte inferior. Logo, pode-se afirmar, com base nas três análises exploratórias de dados, que realmente houve a separação de três níveis dos atributos do solo, resultantes do manejo, que determinou diferentes condições nas áreas estudadas. Concordando com Silva et al. (2015), que afirmam que dependendo das características dos componentes, estes se dispõem em grupos separando as variáveis que mais atribuem variabilidade nos seus dados.

5. CONCLUSÃO

Identificou-se como área de maior degradação a área de pastagem, onde foi observado elevados teores de compactação do solo, o que pode se justificar pelos baixos teores de carbono orgânico no solo.

Altos valores de resistência a penetração também foram encontrados na área de floresta, no entanto isso pode ser justificado pelo baixo teor de matéria orgânica encontrado na área.

A ACP discriminou a formação de três grupos baseados em treze variáveis condicionantes: pH, CO, Al^{3+} , Ds, RP, MaP, VTP, UgS, DMGe DMP, (H+Al), silte e areia. A ACP através da ordenação dos escores sugere que as características áreas de estudos quanto a sua composição são diferentes entre cada, possivelmente influenciado pelo manejo aplicadas a elas.

Desta forma a ACP mostrou ser uma ferramenta estatística de extrema importância em estudos tributos do solo, pois possibilita uma investigação conjunta das variáveis consideradas; permite também inferir sobre a ação das variáveis na ordenação e discriminação dos atributos e suas características associadas.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, M.I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALCARDE, J. C.; ... [et al.]. Os adubos e a eficiência das adubações. 3ª ed. São Paulo– **ANDA**, 1998.

ALCIDES GATTO(2), BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1069-1079, 2010

ALHO, L. C.; CAMPOS, M. C. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.3, p.246-254, 2014.

ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.20, p.319-326, 1996.

AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JUNIOR, J.; SILVA, D. M. P. S.; SILVA, D. A. P. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. **Bioscience Journal**, v.30, n.4, p. 988-997, 2014.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, p.1099-1108, 2007.

ASSIS, R.L. & LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.29 p.515-522, 2005.

AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. Solos e Ambiente: uma introdução. Santa Maria: **Pallotti**, 2004. 100p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.A.; GARDNER, W.R. Física de suelos. México: **Centro Regional de Ayuda Técnica**, 1973. p.138-242.

BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. **Holos Environmental**, 1: 162-172. 2001.

BICALHO, I.M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Enciclopédia biosfera**. Goiânia-GO, v.7, n.12; p. 1-9, 2011.

BOLEY, J. D.; DREW, A. P. & ANDRUS, R. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soils chemistry in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, p. 2254 - 2261, 2009.

BORŮVKA, L.; MLÁDKOVÁ, L.; PENÍŽEK, V.; DRÁBEK, O.; VAŠÁT, R. Forest soil acidification assessment using principal component analysis and geostatistics. **Geoderma**, v.140, p.374-382, 2007.

BRANDÃO, P. C.; SOARES, V. P.; SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, A. L.; MENDONÇA, B. A. F. Caracterização de geoambientes da floresta nacional do Purus, Amazônia Ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 115-126, 2010.

BRASIL. Ministerio das Minas e Energia. **Projeto Radam Brasil**, folha SB. 20 Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, 19:269-279, 1995.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C.; OLIVEIRA, I. A. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 168-178, 2013.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; FILHO, M. R. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazonica**. vol. 42(3) 2012.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R. & CAMARGO, L.A. Relações solopaisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:519-529, 2007.

CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Vale Médio do Rio Madeira, Amazonas, Brasil. 2009. 257f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CAMPOS, A. I. M. Tipos de Solos. Disponível em: www.scielo.br/pdf/brag/v1n4/01. Acesso em 16 de março de 2013.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **Eur. J. Soil Sci.**, 52, p.345-353, 2001.

CORREIA, J.R.; REATTO, A. & SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: **Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.29-62.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; OLIVEIRA, M.S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.8-19, 2011.

DEXTER, A. R. Mechanics of root growth. **Plant and Soil**, v.98, p.303-312, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª edição. Rio de Janeiro, RJ - Brasil. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2011.

FACCHINELLI, A.; SACCHI, E.; MALLIN, L. Multivariate statistical and GIS based approach to identify heavy metal sources in soils. **Environmental Pollution**, v.114, p. 313-324. 2001.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

FORSYTHE, W. Física de suelos. Manual de laboratório. Costa Rica, **Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas**, 1975. 212p

FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; BROWN, G. The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 421-428.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006, 8p.

HAIR, J. F. Análise multivariada de dados. Porto Alegre: **Bookman**, 2005. 205p.

KATO, E., RAMOS, M. L. G., VIEIRA, D. F. A, MEIRA, A. D., MOURÃO, V. C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**. v.26, n.4, p.732-738, 2010.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, **American Society of Agronomy**, 1965. p.449-510.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia. Relações solo-planta**. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, 304:1623-1627, 2004.

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

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1233-1244, 2007.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, M. F.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.

MACHADO, P.O.L.A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Química Nova, v.28, n.2, p.329-334, 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; FRANCISCON, U.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, L. A. C. Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agroambientais**. Alta Floresta, MT, v.14, n.1, p.01-09, 2016.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. do B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J. de C. **Fertilidade do Solo**. 3a ed., Piracicaba, 1985. 400p.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 2003. v.3. p.209-248.

MUÑOZ, A.; LÓPEZ, P. A.; RAMÍREZ, M. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. **Soil & Tillage Research**, 2007.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Chemical methods. **Madison, Soil Science of America/American Society of Agronomy**, 1996. Part 3. p.961-1010.

NEVES, C. M. N. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril, no noroeste do estado de Minas Gerais**. 2002. 87 p.

Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa. 2007. p.1017.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa-MG: UFV, DPS, 1999. 339p.

OLIVEIRA, T.S., DA COSTA, E.A., TEIXEIRA, C.F.A., GOMES, A.S.; SILVA, J. B., Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.189-195, 1996.

OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; RODRIGUES, J.J.V. & MARQUES, F.A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:315-326, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; DA COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2012;36:1591-600.

OLIVEIRA, I. A. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1103-1112, 2013.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2008.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, p.821-828, 1999.

SALTON, J. C.; SILVA W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. **Determinação da agregação do solo** - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico 184-EMBRAPA, Dourados, MS, Dezembro, 2012.

SALTON, J. C.; Mielniczuk, J.; Bayer, C.; Boeni, M.; Conceição, P. C.; Fabrício, A. C.; Macedo, M. C. M. & Broch, D. L. AGREGAÇÃO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS EM MATO GROSSO DO SUL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:11-21, 2008.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Suelos acidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en America Tropical. Bogotá: **Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo**, 1983. 93p.

SANTOS, G.A.; PEREIRA, A.B. & KORNDÖRFER, G.H. Uso do sistema de análises por infravermelho próximo (NIR) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de silício e nitrogênio em cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, 26:100-108, 2010.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.921-930, 2006.

SILVA, A.P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKY, J. & IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:1-10, 2008.

SILVA, E. N. S.; MONTANARI, R.; ALAN RODRIGO PANOSSO, A. R.; CORREA, A. R.; TOMAZ, P. K.; FERRAUDO, A. S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:598-607, 2015.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejo. **Acta Scieniarun**, 25:27-34, 2003.

SOUZA, F. R.; ROSA JÚNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; ROSA, Y. B. C. J.; ZEVIANI, W. M. 2012. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1717-1732, 2012.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE, UFRPE. v.6, n.3, p.401-408, jul.-set, 2011

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, p. 755-760, 2004.

TAN, Z.X.; LAL, R.; SMECK, N.E.; CALHOUN, F.G. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. **Geoderma**, 121, p.187-195, 2004.

TAVARES FILHO, J. & TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of oxisols in Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:899-906, 2010.

THEOCHAROPOULOS, S.P.; PETRAKIS, P.V. & TRIKATSOULA, A. Multivariate analysis of soil grid data as a soil classification and mapping tool:

The case study of a homogeneous plain in Vagia, Viotia, Greece. **Geoderma**, 77:63-79, 1997.

THREADGILL, E. D. Residual tillage effects as determined by cone index. **Transactions of ASAE**, v.25, p.859-863, 1982.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. J. **Soil Sci.**, 33:141-163, 1982.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. DA; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002.

VALLADARES, G. S. et al. Caracterização de solos brasileiros com elevado teor de matéria orgânica. **Magistra**, v. 20, n. 1, p. 95-104, 2008.

WENDLING, B. et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do Cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.