

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
CURSO DE AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
USOS NA REGIÃO DE HUMAITÁ, AMAZONAS

BRUNO CAMPOS MANTOVANELLI

HUMAITÁ, AMAZONAS

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
CURSO DE AGRONOMIA

BRUNO CAMPOS MANTOVANELLI

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
USOS NA REGIÃO DE HUMAITÁ, AMAZONAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Educação Agricultura e Ambiente – UFAM, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

HUMAITÁ, AMAZONAS

2015

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Mantovanelli, Bruno Campos

A397v      Avaliação dos Atributos do Solo Sob Diferentes Usos na Região de Humaitá, AM / Bruno Campos Mantovanelli. - Humaitá: UFAM, 2013.

53 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)  
— Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

1. Floresta Amazônica 2. Ecossistemas Naturais 3. Cambissolo  
I. Campos, Milton César Costa Campos (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (2007): 631.412 (811.3)(043.3)

BRUNO CAMPOS MANTOVANELLI

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
USOS NA REGIÃO DE HUMAITÁ, AMAZONAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto de Educação Agricultura e Ambiente –  
UFAM, como requisito para a obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 15 de Janeiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA



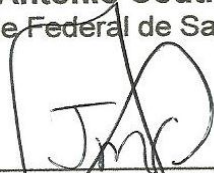
---

**Prof. Dr. Milton César Costa Campos**  
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM



---

**Ms. Luís Antônio Coutrim dos Santos**  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM



---

**Ms. José Maurício da Cunha**  
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM

*“Ouse, arrisque, não desista jamais e saiba valorizar quem te ama, esses sim merecem o seu respeito. Quanto ao resto, bom, ninguém nunca precisou de restos para ser feliz.”*

*Clarice Lispector*

A DEUS, por ser essencial em minha vida.

À minha família, pelo apoio e incentivo.

Aos meus pais, minha inspiração.

## **DEDICO**

À minha mãe Ana Lúcia do Nascimento Campos, que foi a minha fonte de inspiração durante todos estes anos e sua presença me passou segurança e certeza de que nunca estive sozinho nesta caminhada. Meu muito obrigado, pois em poucas palavras não posso descrever o quão grandiosa você é em minha vida. “Mãe eu te avisei na hora de sair, olha eu não volto se eu não conseguir, faz muito tempo e eu aqui volta”.

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia e socorro presente nos momentos de angústia. Obrigado por tudo Senhor.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de realização de minha graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de bolsas de PIBIC.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Milton Cesar Costa Campos, por todos os ensinamentos, orientação, aconselhamentos em momentos difíceis e confiança em mim acrescida durante todos esses anos de trabalho. Meu muito obrigado.

As minhas tias Raquel do Nascimento Campos e Márcia Campos Guaresqui, por todo apoio, incentivo e ajuda.

À minha noiva Daiane Ribeiro Soares, pelo carinho, companheirismo e compreensão durante todos estes anos ausente.

Aos professores do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente, por toda dedicação e conhecimento transmitido.

À banca examinadora composta pelo Ms. Luís Antônio Coutrim dos Santos e Ms. José Maurício da Cunha, meus agradecimentos pela contribuição e sugestões.

Aos amigos de graduação e laboratório: Rosiney França Mendes, Charle da Cunha Soares, Felipe Weckner, Marcos Vinicius Martins, Half Jordão, Maílson Nascimento, Romário Gomes, Diogo André Pinheiro, Uilson Franciscan, Edson Franciscan, Pérsio de Paula, Cleisson Hugo, Tayson Antônio, Leonardo Rezende, Pedro Mota, Marcelo Mota, Willian Barros, Romária Gomes, Selma Viana, Wildson Benedito, Tiago Brambila, Júlio César Meinhardt, Júnior César Nunes e enfim as demais pessoas

que, mesmo aqui não citadas. Meu muito obrigado a todos, pelos momentos de alegrias, companhia e partilha de conhecimento.

Aos funcionários da ADAP: Álvaro, Raimundo, Rubilei, Jaime e Quelcinei. Meu muito obrigado pelos momentos de descontração e conversas.



## RESUMO

A implantação de atividades florestais, agrícolas e pecuária vem modificando a cobertura vegetal original de grande parte do território brasileiro. Ecossistemas naturais, como o cerrado e floresta amazônica vêm perdendo suas características originais e cedendo lugar para essas atividades. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. O estudo foi realizado entre os períodos de 2012 a 2013, na fazenda Santa Rita em Humaitá, AM. O solo foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico plíntico. Foram selecionados três áreas: a) área de pastagem abandonada; b) área de agricultura abandonada e área natural, com vegetação nativa. Em cada sistema de uso foi demarcada uma área de 60 x 80 m, com doze pontos amostrais e os solos foram coletados nas camadas de 0,00 – 0,05 e 0,05 - 0,10 m com estrutura preservada, totalizando assim 24 amostras por sistema de uso. Realizou-se as seguintes análises físicas: textura, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, umidade volumétrica do solo, densidade do solo, estabilidade de agregados; análises químicas: pH em água, acidez potencial, alumínio trocável, carbono orgânico e estoque de carbono. Foram realizadas análises estatísticas univariada e multivariada. A substituição da vegetação nativa por sistemas de usos ocasionou alterações nos atributos físicos e químicos do solo. O uso das técnicas multivariadas mostrou-se eficiente na distinção de ambientes sobre os sistemas de usos estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** floresta Amazônica; ecossistemas naturais; cambissolo

## **ABSTRACT**

The implementation of forest, agricultural and livestock activities is modifying the original vegetation of much of the Brazilian territory. Natural ecosystems such as savanna and Amazon rain forest come, losing its original features, making room for these activities. The objective of this study was to evaluate soil attributes in areas under different land uses in the region of Humaitá, AM. The study was conducted between the periods 2012 to 2013, in the Santa Rita Humaita AM. The soil was classified as Cambissolo Háplico Alítico plíntico. Three areas were selected: a) area of abandoned pasture; b) area of abandoned agriculture and natural area with native vegetation. In each system use was demarcated an area of 60 x 80 m, with twelve sample points and soils were collected in layers from 0.00 to 0.05 and from 0.05 to 0.10 m with preserved structure, totaling 24 samples per use system. Held the following physics analysis: texture, macroporosity, microporosity, total porosity, soil water content, bulk density, aggregate stability; chemical analysis: pH, potential acidity, exchangeable aluminum, organic carbon and carbon. Univariate and multivariate statistical analyzes were performed. The replacement of native vegetation by use of systems cause changes in physical and chemical soil properties. The use of multivariate techniques proved effective in distinguishing environments of the systems studied uses.

**KEYWORDS:** Amazon forest; natural ecosystems; cambissolo

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Índices pluviométricos para a região Sul do Amazonas.....	21
Figura 2: Determinação da textura do solo.....	22
Figura 3: Saturação das amostras por elevação gradual de um lamina d'agua e mesa de tensão.....	23
Figura 4: Análise da resistência do solo a penetração em Penetrógrafo eletrônico de bancada. ....	24
Figura 5: Secagem das amostras à sobra, peneiras de 9,5 e 4,0 mm de diâmetro de malha e oscilador vertical Yoder. ....	25
Figura 6: Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos mostrando a formação de grupos segundo as variáveis analisadas dos diferentes sistemas de manejo.. ....	39
Figura 7: Análise de componentes principais dos atributos físicos e químicos nos diferentes sistemas de manejo.....	41

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Textura do solo e coeficiente de variação (%) de solos sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. ....	28
Tabela 2. Valores médios e coeficiente de variação (%) dos atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo na região de Humaitá, Amazonas. ....	30
Tabela 3. Valores médios dos índices de estabilidade de agregados do solo e coeficientes de variação (%) em diferentes sistemas de manejo na região Sul do Amazonas. ....	32
Tabela 4. Valores médios dos atributos químicos, estoque de carbono e coeficientes de variação (%) em diferentes sistemas de manejo na região de Humaitá, Amazonas. ....	35

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Caracterização dos campos naturais de Humaitá.....	13
2.2 Indicadores de qualidade do Solo.....	14
2.3 Efeitos dos sistemas de manejo nos atributos físicos do solo .....	16
2.4 Qualidade estrutural dos solos.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Caracterização do Meio Físico.....	20
3.2 Metodologia de campo.....	21
3.3 Metodologia de Laboratório .....	22
3.3.1 Textura do solo .....	22
3.3.2 Macro, micro, porosidade total, densidade do solo e umidade volumétrica do solo. ....	22
3.3.3 Resistência do solo a penetração (RP).....	23
3.3.4 Estabilidade de agregados em água.....	24
3.3.5. Alumínio trocável, acidez potencial, pH, carbono orgânico total e estoque de carbono.....	25
3.4 Análises estatísticas.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um importante recurso da natureza, que tem várias funções no ecossistema, exercendo assim influência sobre os constituintes do ambiente. Por outro lado, em se tratando dessas funções, quando se apresenta em bom estado de conservação, tem papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuária. Assim sendo, assegurar que o meio solo tenha bom funcionamento é absolutamente primordial para manter as relações harmônicas entre produção e manutenção da capacidade produtiva.

A qualidade do solo é expressa quando este funciona dentro dos limites de um ecossistema natural, de modo a sustentar a produção biológica, promover a saúde dos animais e das plantas, e manter a qualidade do ambiente (Doran & Parkin, 1994). Apesar da dificuldade em avaliar a qualidade do solo, utiliza-se um conjunto de atributos físicos, químicos e biológicos, que representam as diferentes características do solo e que influenciam em suas diversas funções (Medeiros et al., 2001).

A implantação de atividades florestais, agrícolas e pecuárias vem modificando a cobertura vegetal original de grande parte do território brasileiro. Ecossistemas naturais, como o cerrado e floresta amazônica vêm perdendo suas características originais e cedendo lugar para essas atividades. A região de Humaitá não é coberta por campos contínuos, mas por várias unidades isoladas entremeadas por florestas de galerias, denominados como os “Campos de Puciari – Humaitá” (Braun e Ramos, 1959). O predomínio desta vegetação é reflexo das condições topográficas e do solo, pois à medida que ocorre elevação do terreno, vai mudando de fisionomia, cedendo lugar a uma formação de aspecto mais uniforme, dotada de árvores mais baixas, que constitui o “cerrado” (Campos et al., 2012).

Na região de Humaitá algumas destas áreas são utilizadas em atividades agrícolas e pecuária. Com a substituição da vegetação nativa pode ocorrer perda da biodiversidade e alterações em todo o sistema, com aumento do escoamento superficial resultando na perda da fertilidade dos solos, aumento dos processos de erosão do solo, alterações do ciclo hidrológico, assoreamento e eutrofização dos corpos d'água (Klink e Machado, 2005). O ecossistema "cerrado" na região amazônica apresenta uma grande diversidade pedológica e ambiental, cuja predominância dos solos de baixa fertilidade natural está associada à formação sedimentar, as condições climáticas e ao relevo predominantemente plano (Vale Junior et al., 2011).

A quantificação 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 a perda de capacidade produtiva (Neves et al., 2004). Nos últimos anos os estudos sobre a qualidade física e química do solo evoluíram significativamente, justificados quase sempre pela necessidade de se avaliar o comportamento de diversos atributos do solo em áreas sob cultivo agrícolas e pastagens (Lanzanova et al., 2007; Fidalski et al., 2008 e Spera et al., 2009). O manejo inadequado do solo pode provocar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total dentre outros danos. Segundo Valladares et al. (2011) em estudo comparativo entre área de floresta nativa e área de pastagem verificaram-se que o volume total de poros e a densidade do solo apresentaram diferenças entre as áreas, como consequência do pisoteio animal.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos dos solos sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Caracterização dos campos naturais de Humaitá**

A região Sul do Amazonas apresenta diversas fitofisionomias, uma destas é denominada de campos naturais, que compreende as áreas dos “Campos de Puciari - Humaitá”, que inclui várias formações campestres, onde se alternam, as vezes, pequenas arvores isoladas e galerias florestais ao longo dos igarapés (Braun & Ramos, 1959). De acordo com (Freitas et al., 2002), esses campos formam alguns mosaicos com as florestas circundantes, sendo o contato entre essas vegetações, em alguns locais, de maneira abrupta, mas em outros, a mudança da vegetação entre a floresta e o campo natural é gradual.

Os solos dessa região possuem baixa fertilidade natural e são imperfeitamente drenados, apresentando excesso de água durante um período do ano, em geral, na época de maior precipitação pluviométrica (Brasil, 1978). Campos (2009) estudando uma sequência de solos na região de Humaitá observou que solos pedogeneticamente mais velhos, obviamente mais profundos, ocorrem sob vegetação de florestas e campo alto, enquanto solos menos desenvolvidos, mais jovens, e por sua vez mais rasos ocorrem sob vegetação de campo baixo e zona de ecótono. Segundo este mesmo autor ocorre Argissolos Vermelho Alítico no campo alto e floresta, Argissolo Amarelo Alítico na zona de ecótono e Gleissolo Háplico Alítico no Campo Baixo.

De acordo com Brasil (1978) os Campos Naturais estão localizados na unidade geomorfológica dos Terraços Fluviais, que encontram-se em transição entre as formas de dissecação de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado. Braun & Ramos (1959) afirmam que o relevo desta área é próximo ao do tipo “tabuleiro” de muito pequeno desnível, com os bordos ligeiramente abaulados.



Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre rios da região. O desnível dessas zonas elevadas, relativamente ao vale dos igarapés, é da ordem de 15 a 29 metros, ocorrendo, entretanto, de maneira súbita.

Os campos não são rigorosamente planos, possui tênue, ondeamento superficial e são dotados, em certos locais, de ligeira depressão. Em algumas unidades seus bordos abaulados apresentam-se visivelmente destacados do relevo local (Braun & Ramos, 1959). Nesta fisiografia vale um detalhamento maior função de sua especificidade, (Braun & Ramos, 1959) destacam que os campos são dotados de relevo incipiente, em formação, submetidos a processo erosivo lento, executando por pequenos córregos temporários.

## **2.2 Indicadores de qualidade do Solo**

A qualidade do solo é definida como sendo a capacidade desse solo em desempenhar a sua função em um ecossistema para suportar plantas e animais, resistir à erosão e reduzir impactos negativos associados aos recursos água e ar. A qualidade do solo não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de propriedades do solo designadas como propriedades indicadoras da qualidade do solo. Para Dumanski & Pieri (2000) as bases científicas que respaldam a busca por indicadores de qualidade do solo são a compreensão de que esses indicadores estão direcionados para avaliação e ou monitoramento das condições do solo que o torna um corpo vivo, com capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfira na promoção da sua vida.

A qualidade do solo tem como indicadores básicos as suas características físicas (temperatura, densidade do solo, água do solo e sua retenção), carbono orgânico total, características químicas e biomassa microbiana, sendo que a

densidade do solo é variável para um solo de acordo com a sua estruturação, permitindo avaliar outras propriedades como drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, a permeabilidade à água e ao ar e a capacidade máxima de retenção de água (Doran & Parkin, 1994).

A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo na qualidade física do solo são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Solos desestruturados e compactados geralmente apresentam valores altos de densidade do solo e baixos de porosidade em função do uso e manejo incorreto, dificultando a penetração das raízes e a difusão de oxigênio, impedindo o desenvolvimento das plantas e a produtividade pela deficiência na absorção de água e nutrientes do solo pelas raízes (Stone et al., 2002; Beutler et al., 2004).

A compactação superficial, caracterizada pela alta densidade do solo, leva a uma redução na infiltração de água no solo e maiores perdas por erosão laminar. A redução da água disponível para as plantas durante o ciclo das culturas, leva há uma redução no desenvolvimento das plantas e produtividade, pois a água é o principal fator limitante (Moreti, 2002). A alteração da vegetação natural e o uso da mecanização intensiva favorecem alterações nas propriedades do solo levando ao processo de degradação do solo, referindo-se, essencialmente, as perdas de produtividade decorrente da diminuição de quantidade de nutrientes, matéria orgânica, modificações de atributos físicos e outras consequências adversas. Como a estrutura é o alvo do manejo físico, a sua degradação causa perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe à erosão hídrica acelerada (Albuquerque et al., 1995). Neste sentido, a qualidade física do solo pode também ser entendida como sua qualidade estrutural. Portanto, alguns indicadores físicos do solo, como densidade, agregação e estabilidade de agregados, matéria orgânica e a

capacidade infiltração de água, podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido.

### **2.3 Efeitos dos sistemas de manejo nos atributos físicos do solo**

Os sistemas de manejo e cobertura do solo determinam as condições físicas para o crescimento das plantas, de um modo geral, o solo apresenta, em seu estado natural, propriedades físicas e químicas definidas em função da rocha matriz, processos pedogenéticos, tipo de vegetação nativa, topografia, a presença de vegetação e seus resíduos condicionados pelo sistema de uso e manejo do solo, exercem uma ação protetora contra a erosão do solo pela chuva. Sob o uso agrícola, a utilização intensiva da terra com sistemas de cultivos inadequados tem contribuído para a degradação das características físicas, químicas, hídricas e biológicas do solo (Salviano, 1981; Cunha et al., 2001).

Um solo que se encontra com mata nativa é visível a sua boa estruturação, quantidade e distribuição de poros, presença de matéria orgânica e boa capacidade de infiltração de água em seu perfil. O cultivo do solo altera suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado, tal como aquelas encontradas em campos nativos e, essas alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas (Carpenedo & Mielniczuk, 1990). Os preparos convencionais rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo, o que tem levado a diminuição da produtividade das pastagens e culturas e a conseqüente degradação ambiental (Silva et al., 2005). Além disto, os aspectos positivos dos preparos convencionais são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é submetido às chuvas erosivas, as quais o

desagregam na superfície pelo impacto das gotas, diminuem a taxa de infiltração de água e aumentam o escoamento superficial e a erosão hídrica, em relação aos outros sistemas de manejo do solo (Bertol et al., 2004). Essas alterações são mais evidentes nos sistemas convencionais de preparo do solo do que em solos com menos uso de máquinas e implementos e, tende ao agravamento à medida que o solo é submetido a sucessivos anos de cultivo, com tendência a redução da sua aptidão agrícola (Moreti, 2002).

Em solos que apresentam características naturais favoráveis ao cultivo, conforme (Bertol et al., 2004) o preparo convencional degrada as propriedades físicas, pois o revolvimento rompe os agregados, compacta o solo abaixo da camada preparada e o deixa descoberto. Já o plantio direto, em virtude da pequena mobilização do solo, preserva os agregados e a cobertura do solo, porém consolida a camada superficial. Logo, no sistema plantio direto, o solo é submetido a menor tráfego, porém, não é revolvido, tendendo ao adensamento superficial do solo. O adensamento tem sido verificado pelo aumento da densidade do solo e da microporosidade, da diminuição da porosidade total e, principalmente, da macroporosidade (Secco et al., 2005).

A qualidade física de solos agrícolas pode ser afetada pelo sistema de manejo, sendo a magnitude das alterações dependente do tempo de uso do solo e das condições edafoclimáticas (Costa et al., 2003; Bertol et al., 2004). Mas, é aceitável, dizer que algumas mudanças ocorrem em pouco tempo de uso agrícola, ou mesmo numa simples prática de preparo de solo, outras com um manejo mais prolongado serão visíveis e podem ser medidas. Uma avaliação contínua, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo quando se objetiva estabilidade estrutural. A dificuldade

estar, em sob condições experimentais, se avaliar modificações submetendo ao uso um solo de floresta ou mata virgem e de forma contínua analisar suas propriedades. Porém, este seria o procedimento ideal em termos de compreender e quantificar o impacto do uso e manejo na qualidade física do solo e no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. No entanto, o procedimento mais comum entre pesquisadores, é a opção por estudar solo mata nativa e outro cultivado, de semelhança genética e topográfica relacionado com a formação do solo.

#### **2.4 Qualidade estrutural dos solos**

O termo estrutura tem sido definido por vários autores (Brady, 1989), e do ponto de vista físico, a estrutura do solo é definida como sendo o arranjo e disposição das partículas sólidas do solo. No entanto, sob o ponto de vista agrícola, é considerada uma das mais importantes propriedades, sendo fundamental nas relações solo-planta. Conforme Fernandes (1993) um dos conceitos mais difundido e aceito é o que considera a estrutura do solo como sendo o resultado da agregação das partículas primárias do solo em unidades estruturais chamadas de partículas secundárias. Entendendo-se por partículas primárias aquelas granulometricamente diferentes: a areia, o silte e a argila, enquanto que as partículas chamadas secundárias são formadas pela união de partículas primárias em agregados ou elementos estruturais. A essa definição, pode ser acrescentado que as partículas compostas ou secundárias têm propriedades distintas daquelas sem agregação.

A estrutura de um solo ideal é aquela que permite uma adequada área de contato entre as raízes das plantas e o solo, um espaço poroso, que permita em proporções contínuas, condições para o movimento de água e de gases e resistência do solo à penetração que não venha limitar o crescimento de raízes e

folhas. Sendo assim, a condição estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: (a) avaliações de parâmetros relacionados ao grau de agregação e estabilidade dos agregados e (b) avaliação de parâmetros relacionados à forma da estrutura, como densidade do solo e a distribuição do espaço poroso (porosidade total, macro e microporosidade), etc. Na prática o que interessa saber é a distribuição, quantidade e estabilidade dos agregados que por sua vez estão relacionados com a quantidade e distribuição dos poros do solo (Secco et al., 2005).

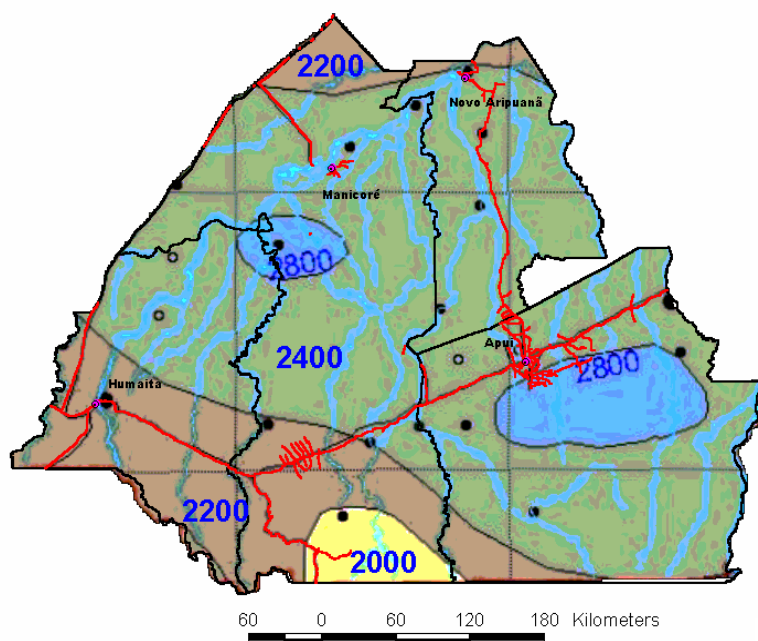
### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização do Meio Físico**

O estudo foi realizado entre o período de 2012 a 2013 e o local selecionado para estudo foi a fazenda Santa Rita localizada nas imediações da BR 230, km 14, neste município de Humaitá, sob as coordenadas geográficas de 7° 54' 25" S e 63° 17'33" W. A região apresenta relevo aproximado ao do tipo "tabuleiro", com desníveis muito pequenos e, bordos ligeiramente abaulados. Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre os rios da região. O desnível dessas zonas mais elevadas e os vale dos igarapés, é da ordem de 15 a 29 metros, ocorrendo, entretanto, de maneira súbita (Braun & Ramos, 1959).

Com relação à geologia, as áreas estudadas localizam-se sob área formada a partir de sedimentos aluviais indiferenciados ou antigos, que são cronologicamente oriundos do Holoceno. A região apresenta uma vegetação de contato entre Campos e Floresta, que se caracteriza por áreas que inclui varia formações campestres, onde a vegetação que prevalece é a gramíneo-lenhosa baixa e se alterna com pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios (Braun & Ramos, 1959).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração (Am), 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 e umidade relativa do ar entre 85 e 90% (Figura 1).



**Figura 1:** Índices pluviométricos para a região Sul do Amazonas.

### 3.2 Metodologia de campo

Foram selecionados três sistemas de usos típicos da região Amazônica: a) área de pastagem abandonada há aproximadamente 6 anos, anteriormente cultivada com braquiária (*Brachiaria brizantha*) em início de degradação, refletido em certos pontos o solo em exposição; b) área de agricultura abandonada há aproximadamente 10 anos, sendo anteriormente cultivada com culturas anuais soja/arroz em sistema de rotação e preparo convencional do solo com gradagem e práticas de calagem e aproximadamente; c) área natural, com vegetação nativa. O solo das áreas em estudo é classificado como Cambissolo Háptico Alítico plíntico segundo (Campos, 2009).

Em cada sistema de uso foi demarcada uma área de 60x80 m, e subdivididos em 12 blocos amostrais de 20 x 20 m e os solos coletados aleatoriamente dentro de cada bloco nas camadas de 0,00 – 0,05 e 0,05 - 0,10 m com estrutura preservada em anel volumétrico e agregados, totalizando assim 24 amostras por sistema de manejo.



### 3.3 Metodologia de Laboratório

#### 3.3.1 Textura do solo

A textura do solo foi determinada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação (6.000 rpm) por 15 min. A fração argila foi separada por sedimentação; as areias, grossa e fina, por tamisação; e o silte, calculado por diferença (Figura 2) (Embrapa, 1997).



**Figura 2:** Determinação da textura do solo

Fonte: Mantovanelli, B. C.

#### 3.3.2 Macro, micro, porosidade total, densidade do solo e umidade volumétrica do solo.

A determinação da densidade do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico, com coleta de amostras em estrutura preservada, em cilindros com volume médio de 313,9 cm<sup>3</sup>. A porosidade total foi determinada pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105°C durante 24

horas. A microporosidade do solo foi determinada pelo método da mesa de tensão. Pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade foi calculado a macroporosidade. A determinação da umidade volumétrica foi obtida pela diferença entre a massa do solo úmido e a massa do solo seco em estufa a 105°C durante 24 horas (Embrapa, 1997), (Figura 3).



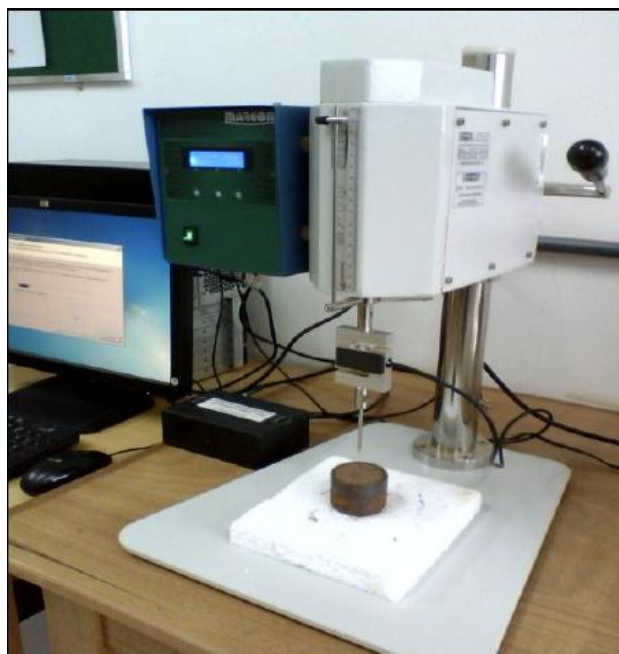
**Figura 3:** Saturação das amostras por elevação gradual de um lamina d'água e mesa de tensão.

Fonte: GSAA (2012)

### 3.3.3 Resistência do solo a penetração (RP)

Para a determinação da resistência do solo à penetração (RP) foram utilizadas as mesmas amostras coletadas para avaliação de densidade e de porosidade do solo, as mesmas foram determinadas em laboratório utilizando um penetrômetro eletrônico com velocidade constante de  $0,1667 \text{ mm s}^{-1}$ , equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm de diâmetro de base e semiângulo de  $30^\circ$ , receptor e interface acoplado a um microcomputador, para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento. As determinações foram realizadas em amostras com estrutura preservada com tensão

de água no solo próximo à capacidade de campo (Dalchiavon et al., 2011). Para cada amostra foram obtidos 290 valores, eliminando-se os 30 valores iniciais e 30 finais, (Figura 4).



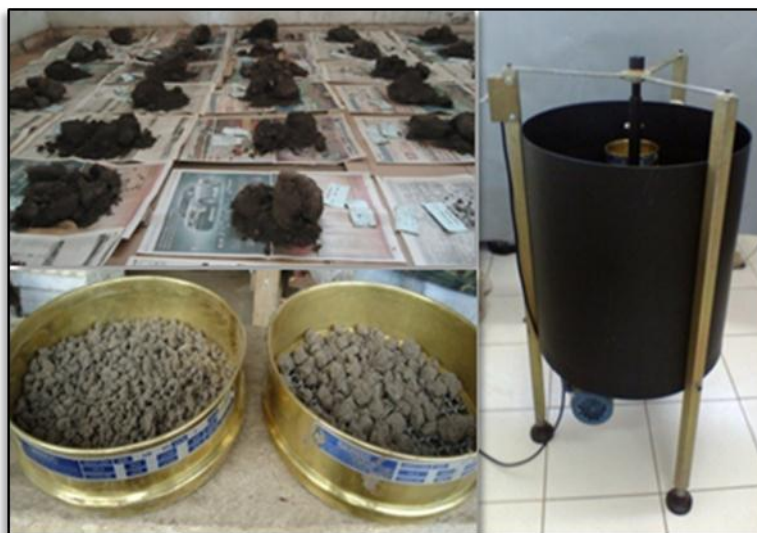
**Figura 4:** Análise da resistência do solo a penetração em Penetrógrafo eletrônico de bancada.

Fonte: Alho, L. C.

### 3.3.4 Estabilidade de agregados em água

Para determinação da estabilidade de agregados utilizou-se das amostras em estrutura preservada, as amostras foram secadas à sombra, levemente destorroadas, de forma manual e passadas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha e retidos na peneira de 4,76 mm. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas segundo Kemper e Chepil (1965), com modificações, nas seguintes classes de diâmetro:  $>2,0$  e  $< 1,00$  mm. Os agregados foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm por quinze minutos, a massa do material retido em cada peneira, foi posta em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ . Os resultados foram

expressos em percentual dos agregados retidos nas peneiras  $>2,0$  e  $< 1,0$  mm, diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP), (Figura 5).



**Figura 5:** Secagem das amostras à sombra, peneiras de 9,5 e 4,0 mm de diâmetro de malha e oscilador vertical Yoder.  
Fonte: GSAA (2012)

### 3.3.5. Alumínio trocável, acidez potencial, pH, carbono orgânico total e estoque de carbono.

O alumínio trocável, foi extraído com solução de KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , e posteriormente realizado a titulação com NaOH ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ), sendo o teor de Al, em  $\text{cmolc kg}^{-1}$ , equivalente ao volume gasto na titulação com NaOH. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução tamponada a pH 7,0, de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  e determinado volumetricamente com solução de NaOH  $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ , e o resultado expressado em  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . O pH em água foi determinado potenciométricamente utilizando a relação (1:2,5), seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de *Walkley-Black*, oxidação por via úmida com aquecimento externo modificado por Yeomans e

Bremner (1988), a matéria orgânica, foi estimada com base no carbono orgânico. O estoque de carbono (Est C) foi determinado em todas as áreas estudadas na profundidade de coleta de 0,0-0,05, 0,05-0,10 m, e foi calculado pela expressão (Weldkamp, 1994):

$$\text{Est C} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e) / 10$$
, onde: Est C = estoque de carbono orgânico do solo (Mg ha<sup>-1</sup>); COT = teor de carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>); Ds = densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>); e = espessura da camada considerada (cm).

### 3.4 Análises estatísticas

Foi realizada análise de variância e, quando houve significância entre os manejos, estes foram analisados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) ASSISTAT 7.7. Realizou-se análise de estatística multivariadas, com as técnicas de análise de agrupamento hierárquica e análise de componentes principais (ACP).

A análise de agrupamentos hierárquica foi realizada calculando-se a distância euclidiana entre os acessos para o conjunto das treze variáveis, e utilizando o algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos de acessos similares. Com esta análise, buscou-se verificar as similaridades entre as variáveis analisadas e as áreas estudadas a partir de agrupamentos homogêneos representados em um dendrograma de similaridade. O resultado da análise foi apresentado em forma gráfica (dendrograma) que auxiliou na identificação dos agrupamentos dos acessos, no qual os grupos foram definidos pelo traçado de uma linha paralela ao eixo horizontal, onde se encontram as maiores distâncias em que os grupos foram formados.

Com a intenção de reduzir o grande número de variáveis para um conjunto mais significativo (representado pelos componentes), identificar quais variáveis

pertencem a quais componentes e o quanto cada variável explica cada componente, foi feito o estudo da ACP. Desta forma, o conjunto inicial de treze variáveis passou a ser caracterizado por duas novas variáveis latentes ortogonais, o que possibilitou sua localização em figuras bidimensionais (ordenação dos acessos por componentes principais), que são combinações lineares das variáveis originais criadas com os dois maiores autovalores da matriz de covariância dos dados (Hair et al., 2005). A adequação desta análise é verificada pela informação total das variáveis originais retida nos componentes principais que mostram autovalores superiores à unidade, ou autovalores inferiores à qual não dispõem de informação relevante.

Todas as análises estatísticas multivariadas foram processadas no software STATISTICA® versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de pequenas variações de relevo, a distribuição granulométrica nos diferentes usos foi semelhante para as três áreas estudadas (Tabela 1). O sistema com campo natural apresentou os maiores teores de areia em comparação as áreas com agricultura abandonada e pastagem abandonada, enquanto que os maiores valores de argila foram encontrados na área de agricultura abandonada.

Em todos os sistemas observou-se dominância da fração silte nas camadas avaliadas, fato justificável pela natureza aluvial dos sedimentos que constituem o material de origem (Brasil, 1978). O sistema de pastagem encontra-se em uma posição topográfica relativamente mais baixa em comparação aos demais sistemas, fato este que justifica os teores de silte serem mais elevados, diferindo estatisticamente dos demais sistemas. Os maiores valores de silte podem ser decorrente principalmente, da posição rebaixada, e ocorrência em depressões topográficas que favorecem a deposição de sedimentos mais finos (Rosolen e Herpin, 2008).

**Tabela 1.** Textura do solo e coeficiente de variação (%) de solos sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas.

Sistema de Manejo	-----g kg <sup>-1</sup> -----		
	Areia	Silte	Argila
0,00 - 0,05 m			
Pastagem Ab.	167,06 b	672,23 a	160,69 b
Agricultura Ab.	177,98 b	526,49 b	295,51 a
Campo Natural	223,28 a	577,29 b	199,42 b
CV <sup>1</sup> (%)	9,83	8,87	10,64
0,05 - 0,10 m			
Pastagem Ab.	183,48 b	671,67 a	166,55 b
Agricultura Ab.	177,57 b	546,62 b	275,80 a
Campo Natural	232,15 a	562,08 b	205,76 b
CV (%)	9,13	8,02	9,21

Pastagem Ab: Pastagem Abandonada; Agricultura Ab: Agricultura Abandonada; CV<sup>1</sup> (%): coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

Os valores de densidade do solo (Ds), macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), porosidade total (PT), resistência do solo a penetração (RP) e umidade volumétrica do solo (UvS) são apresentados na (Tabela 2). Observa-se um crescente aumento em profundidade nos três sistemas avaliados, no entanto, não há diferença estatística para os valores de Ds entre os sistemas de pastagem abandonada e campo natural, evidenciando assim que não houve alteração desse atributo do solo, apesar do pisoteio animal que este sistema foi exposto ao longo de anos de uso, resultados contrários foram observados por Araújo et al. (2004), em área de Argissolo Amarelo sob pastagem na Amazônia.

O solo sob campo natural apresentou Ds de 1,42 e 1,44 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente às profundidades de 0,00 – 0,05 e 0,05-0,10 m. Dentre os fatores que influenciam a Ds destacam-se o material constituinte do solo, o sistema de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal (Bicalho, 2011). Provavelmente os principais fatores dos elevados níveis de adensamento do solo da área de campo natural sejam, primeiramente, os elevados teores de silte superior ou proporcional à soma dos teores de areia e argila, promovendo melhor agrupamento das partículas do solo, e a maior exposição do solo as ações desintegradoras da estrutura do solo, como as queimadas periódicas na estação seca do ano, favorecido pela própria cobertura vegetal (Redin et al., 2011).

Entretanto os menores valores de Ds encontrados foram para a área de agricultura abandonada diferindo ( $p > 0,05$ ) do sistema de campo natural. Esses valores de 1,24 e 1,28 Mg m<sup>-3</sup> respectivamente as camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m ficaram abaixo de 1,30 Mg m<sup>-3</sup>, estabelecido por Taylor e Aschcrof (1972) como nível crítico para o desenvolvimento adequado do sistema radicular das culturas, embora esse valor não possa ser generalizado.



**Tabela 2.** Valores médios e coeficiente de variação (%) dos atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo na região de Humaitá, Amazonas.

Sistema de Manejo	RP <sup>1</sup>	MaP <sup>2</sup>	MiP <sup>3</sup>	VTP <sup>4</sup>	UvS <sup>5</sup>	DS <sup>6</sup>
	Kpa	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				Mg m <sup>-3</sup>
0,00 - 0,05 m						
Pastagem Ab.	2,74 a	0,059 b	0,403 a	0,462 a	16,56 b	1,44 b
Agricultura Ab.	1,60 b	0,150 a	0,258 b	0,408 ab	27,40 a	1,24 a
Campo Natural	1,71 b	0,055 b	0,259 b	0,314 b	25,68 a	1,42 b
CV (%) <sup>7</sup>	13,47	19,38	23,25	23,57	7,28	9,03
0,05 - 0,10 m						
Pastagem Ab.	2,77 a	0,061 ab	0,348 a	0,409 a	14,47 b	1,52 b
Agricultura Ab.	1,63 b	0,090 a	0,286 b	0,376 a	25,27 a	1,28 a
Campo Natural	1,76 b	0,054 b	0,245 b	0,299 b	24,78 a	1,44 b
CV (%)	17,89	22,17	18,11	18,23	10,25	6,99

Pastagem Ab: Pastagem Abandonada; Agricultura Ab: Agricultura Abandonada RP<sup>1</sup>: Resistência do solo a penetração; MaP<sup>2</sup>: macroporosidade; MiP<sup>3</sup>: microporosidade; VTP<sup>4</sup>: volume total de poros; UvS<sup>5</sup>: umidade volumétrica do solo; DS<sup>6</sup>: densidade do solo CV<sup>7</sup>: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

Os dados obtidos para MaP, RP e UvS nas profundidades amostradas no solo sob pastagem abandonada são apresentados na Tabela 2. Esses dados evidenciam haver estreita relação com índices de compactação quando comparado ao sistema sob campo natural, uma vez que os valores desses atributos, encontram-se respectivamente, abaixo e acima dos limites estabelecidos (10% para a macroporosidade e 2,0 kPa para a resistência do solo a penetração) e umidade abaixo dos 20% conforme Tormena (2002), indicando assim que estes atributos ao contrário da Ds foram fortemente influenciados pelo manejo que ocorreu nesta área. Segundo o autor é necessário manter o solo acima ou abaixo desses limites para garantir condições adequadas para as plantas, pois macroporosidade inferior a 10% imprime inadequada difusão de oxigênio para atender a demanda respiratória das raízes e o adequado crescimento e atividade de microorganismos.

O solo sob agricultura abandonada apresentou os menores valores de Ds e RP e os maiores para UvS nas três profundidades amostradas, este fato é

inteiramente atribuído ao revolvimento de solo que este ambiente sofreu durante anos de uso, que proporcionou maior aeração pela desagregação de possíveis camadas compactadas, e mesmo com o provável tráfego de máquinas agrícolas durante a colheita de grãos não sofreu influência pela pressão exercida ao solo, corroborando assim com resultados encontrados por Spera et al. (2004) que avaliaram os efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade.

As altas taxas de UvS registradas para as áreas de campo natural e agricultura abandonada nas profundidades amostradas mostram-se estatisticamente superiores ao ambiente de pastagem. Fabrício et al. (1999), apesar de registrarem valores de umidade pouco inferiores aos deste trabalho, verificaram também elevada diferença de umidade no solo, entre uma área com vegetação natural e áreas de pastagem intensiva. É importante ressaltar a significativa diminuição da taxa de umidade no solo em função da intensidade de uso. Os dados indicam que, quando áreas de campo nativo são utilizadas para pastagem de bovinos, a taxa de umidade diminui muito, atingindo valores críticos. De forma semelhante, os sistemas de pastagem abandonada e agricultura abandonada não promoveram diferenças significativas nos valores do volume total de poros quando comparada ao ambiente de campo nativo nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m.

A área de campo natural apresentou a maior percentagem de agregados com maiores diâmetros (>2,00mm), seguidos pela área de agricultura abandonada e pastagem abandonada (Tabela 3). Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a

infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (Dexter, 1988).

A maior percentagem de agregados com diâmetros maiores como encontrados na área de pastagem, não evidenciam neste caso específico melhor condição de estrutura, aeração e macroporosidade do solo, uma vez que estes valores de agregados devem se ao fato do solo está em nível de compactação e apresentar maior resistência à ruptura, esta afirmação é confirmada pelo os maiores valores de Ds e RP e os menores valores de macroporosidade e porosidade total. Altos valores de DMP indicam a alta estabilidade dos agregados (Kato et al., 2010). No entanto, de acordo com Bertol et al. (2004) um agregado de elevado DMP nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior.

**Tabela 3.** Valores médios dos índices de estabilidade de agregados do solo e coeficientes de variação (%) em diferentes sistemas de manejo na região Sul do Amazonas.

Sistema de Manejo	DMG <sup>1</sup> -----mm-----	DMP <sup>2</sup>	>2,00 mm -----%-----	<1,00mm
0,00 - 0,05 m				
Pastagem Ab.	2,75 a	3,19 a	73,04 c	26,96 a
Agricultura Ab.	2,52 b	2,74 b	87,13 b	12,87 b
Campo Natural	2,82 a	3,23 a	93,92 a	6,08 c
CV <sup>3</sup> (%)	11,05	14,95	8,43	21,32
0,05 - 0,10 m				
Pastagem Ab.	2,83 a	3,26 a	71,05 c	28,95 a
Agricultura Ab.	2,37 b	2,63 b	80,12 b	19,88 b
Campo Natural	2,87 a	3,27 a	91,38 a	5,76 c
CV (%)	22,09	12,31	16,04	10,09

Pastagem Ab: Pastagem Abandonada; Agricultura Ab: Agricultura Abandonada DMG<sup>1</sup>: diâmetro médio geométrico; DMP<sup>2</sup>: diâmetro médio ponderado; CV (%)<sup>3</sup>: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

A área de campo natural apresentou os maiores índices de estabilidade de agregados estáveis em água, DMP e DMG, independente da profundidade (Tabela

3). Este padrão é decorrente do maior aporte de material vegetal nesta área, propiciando aumento dos teores de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, aumento da agregação do solo. Para haver formação dos agregados são necessárias duas condições fundamentais: primeira, que uma força mecânica qualquer, provoque a aproximação das partículas do solo; a segunda, que, após o contato das partículas, haja um agente cimentante para consolidar essa união, gerando os agregados (Kiehl, 1979).

Nos campos naturais a primeira condição é atendida por conta do nível elevado de adensamento natural do solo devido à translocação de argila que ocorre em profundidade nestes ambientes. Estes valores mais elevados dos parâmetros de agregação (DMG e DMP), no sistema de campo natural, é resultado de uma situação mais equilibrada encontrada nesse sistema, pois não existe movimentação do solo por implementos agrícolas para sua conseqüente desagregação, a semelhança de constatação feita por Mendes et al. (2003) onde observaram maior estabilidade de agregados no Cerrado do que no plantio convencional.

O solo sob agricultura abandonada apresentou valores de DMG e DMP inferior em todas as profundidades quando comparado ao campo natural, diferindo estatisticamente. O manejo realizado em uma determinada área influencia diretamente na estabilidade dos agregados, podendo interferir na formação, estruturação e estabilização dos mesmos. O preparo convencional realizado com revolvimento do solo, desagrega a estrutura, compacta-o abaixo da camada preparada formando o “pé de grade” e o deixa sem cobertura vegetal, já a semeadura direta, por ser realizada com pequena mobilização do solo, mantém os agregados e a cobertura do solo, no entanto deixar o solo mais compactado na camada superficial (Bertol et al., 2004).

Os valores obtidos para pH indicam diferença significativa nos solos sob agricultura abandonada e pastagem abandonada quando comparados a área sob vegetação nativa nas profundidades avaliadas (Tabela 4). Esta diferença nos índices de pH nos ambientes anteriormente cultivados em relação a área de vegetação natural está influenciada diretamente ao manejo que estas áreas sofreram ao longos de décadas de uso, tais como práticas de calagem e adubações periódicas, corroborando assim com Campos et al. (2011) avaliando os atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo.

O pH destas áreas apresentaram acidez elevada ( $\text{pH} < 5$ ), no entanto a área sob pastagem abandonada apresenta valores ligeiramente superiores nas profundidades amostradas quando comparada aos demais ambientes, estando assim em acordo com Santos et al. (2010) que encontraram valores próximos de pH em pastagem degradadas. Em ambientes nativos Amazônicos (campos naturais), a baixa fertilidade destes solos em relação ao pH como ao encontrado neste trabalho, pode ser justificada pela ocorrência de queimadas periódicas durante o período seco do ano, sendo que tal ocorrido influencia diretamente na perda de nutrientes e matéria orgânica por lixiviação devido a não cobertura do solo.

**Tabela 4.** Valores médios dos atributos químicos, estoque de carbono e coeficientes de variação (%) em diferentes sistemas de manejo na região de Humaitá, Amazonas.

Sistema de Manejo	pH	Al <sup>3+</sup>	Al+H	COT	ETCO
		----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		g.kg <sup>-1</sup>	Mg.ha <sup>1</sup>
0,00 - 0,05 m					
Pastagem Ab.	4,79 a	1,45 b	4,46 c	14,61 b	10,51 b
Agricultura Ab.	4,52 b	2,02 b	6,25 b	16,72 a	10,35 b
Campo Natural	3,90 c	4,90 a	8,00 a	17,31 a	12,26 a
CV <sup>5</sup> (%)	3,43	21,21	23,57	9,74	10,32
0,05 - 0,10 m					
Pastagem Ab.	4,69 a	1,75 c	3,45 b	13,54 a	10,09 ab
Agricultura Ab.	4,35 b	2,38 b	5,07 b	14,40 a	9,69 b
Campo Natural	3,87 c	5,57 a	6,93 a	14,51 a	11,06 a
CV (%)	3,58	17,13	34,62	12,78	10,30

Pastagem Ab: Pastagem Abandonada; Agricultura Ab: Agricultura Abandonada Al<sup>3+</sup>: Alumínio trocável; Al+H: Acidez potencial; COT: Carbono orgânico total; ETCO: Estoque de carbono; CV (%)<sup>5</sup>: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem (Tukey p ≤ 0,05).

O sistema de campo natural apresentou maiores teores de alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>), em comparação aos demais sistemas até a profundidade de 0,10 m, corroborando assim com (Campos et al., 2011). Segundo Carneiro et al. (2009) analisando vários tipos de solos, em áreas sob vegetação de cerrado, observaram maiores teores de Al<sup>3+</sup>, em comparação às áreas manejadas, em razão do baixo pH e da não correção e adubação do solo, originalmente distrófico. Os menores valores de Al<sup>3+</sup> observados foram para os ambientes sob campo cultivado e pastagem abandonada, a diminuição do alumínio trocável em ambientes anteriormente manejados decorre principalmente dos efeitos da calagem que contribuem para a neutralização deste elemento no solo.

Os teores de carbono no solo nos diferentes sistemas estudados apresentaram comportamento semelhante, sendo os maiores teores em superfície na profundidade de 0,00-0,05 m e decréscimo com o aumento da profundidade a camada de 0,05-0,10 m (Tabela 4). Os maiores teores de carbono no solo, para a

camada de 0,00-0,05 m ( $p > 0,05$ ), foram encontrados para o campo natural (17,31 g.kg<sup>-1</sup>) e agricultura abandonada (16,72 g.kg<sup>-1</sup>), em relação à pastagem abandonada (14,61 g.kg<sup>-1</sup>).

No ambiente de campo natural, os teores mais elevados de carbono no solo são decorrentes do maior aporte de resíduos vegetais e não perturbação do sistema em algumas partes do ano. No sistema de agricultura abandonada, devido este ambiente apresentar ausência de revolvimento do solo há aproximadamente dez anos e apresentar resíduos e cobertura do solo com grande aporte de material vegetal, tais fatores favorecem a agregação que protegem da mineralização e promove aumento da MOS (Siqueira Neto et al., 2009). Na pastagem, por se tratar de uma área anteriormente manejada durante décadas e hoje encontrar-se abandonada, os fatores ausência de manejo e pastoreio intensivo, promoveram o baixo aporte de resíduos vegetais que justificam os baixos teores de carbono no solo. Silva et al. (2004) verificaram que pastagens de baixa produtividade em diversas regiões do Cerrado favoreceram a redução do carbono no solo. Na profundidade subsequente não houve interação significativa entre os ambientes estudados.

Avaliando em termos de volume de solo (Mg ha<sup>-1</sup>), observou-se decréscimo nos estoques de C em profundidade em todos os ambientes, devido à diferença na espessura das camadas, bem como à tendência de aumento da densidade, tanto com a profundidade do solo quanto com a mudança do uso de campo natural para ambientes agricultáveis (Tabela 4). Na profundidade de 0,00-0,05 m houve interação significativa ( $p > 0,05$ ) quando comparado os ambientes de pastagem abandonada, agricultura abandonada ao campo natural que variaram de 10,35 a 12,26 Mg.ha<sup>-1</sup>. Os campos naturais Amazônicos apresentam como vegetação típica as gramíneas

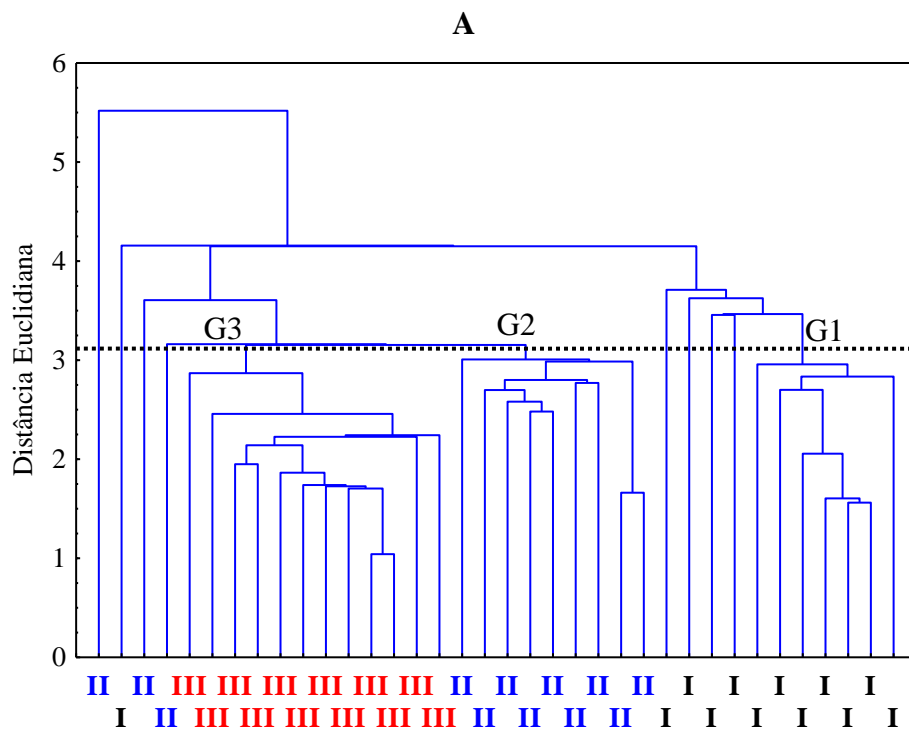
lenhosas baixas, de acordo com Souza et al. (2012) estas exibem efeito rizosférico intenso por causa do seu abundante sistema radicular, que mediante a sua decomposição libera nutrientes e também contribui para a formação da matéria orgânica do solo, favorecendo assim seu estado de agregação.

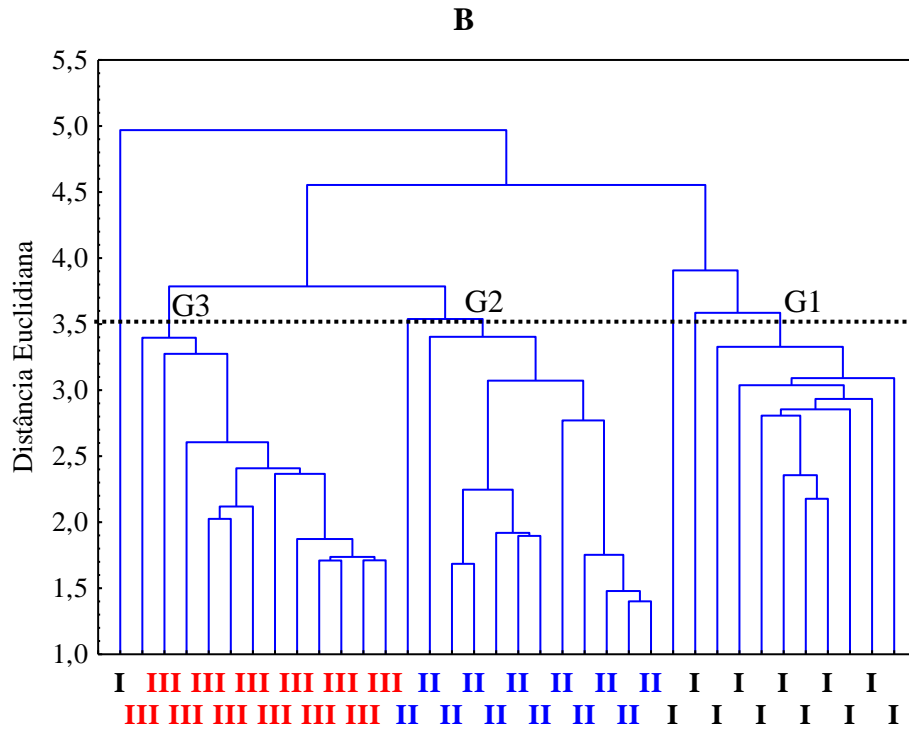
Estimativas do estoque de carbono na região amazônica têm sido determinadas em diferentes locais, e os resultados encontrados pelos pesquisadores são variados (Novaes Filho et al., 2007). Os trabalhos encontrados na literatura muitas vezes são contraditórios em relação às diferenças entre os teores de C encontrados em solos de mata nativa e pastagens Costa et al. (2009). Alguns trabalhos como de Salimon et al. (2007), mostra que os solos sob pastagens apresentam teores iguais ou superiores aos encontrados em ambientes de vegetação nativa, corroborando assim com os resultados encontrados neste trabalho para a camada de 0,05-0,10m em que não houve variação significativa entre os ambientes de pastagem e campo natural, já trabalhos como o de Noordwijk et al. (1997), mostra um maior estoque de carbono em áreas nativa em comparação com áreas de pastagem.

Na análise de agrupamento, foi admitido um corte na distância de euclidiana de 3,2 permitindo a divisão dos sistemas de usos em grupos (Figura 6A) e 3,5 (Figura 6B). Isso indica que, com o uso conjunto dos atributos físicos e químicos foi possível ordenar os dados em três grupos, o G1 englobando os dados formados pela área abandonada de pastagem, o G2 formado pelos dados da área abandonada de agricultura e G3 a área campo natural para os três sistemas de uso respectivamente a profundidade de 0,00 – 0,05 m, enquanto que na profundidade de 0,05-0,10 m não mostrou diferenças entre os atributos analisados.



A diferenciação dos dados apresentados para as profundidades analisadas foi marcante, mostrando as particularidades de cada tipo de manejo, pois as características dos atributos de um mesmo grupo são semelhantes e diferentes do comportamento de outros agrupamentos corroborando com Freitas et al. (2014). Este resultado deve-se ao fato de que a partir dos agrupamentos formados pela análise de Cluster, pode-se observar que os três sistemas de usos nitidamente diferem em relação aos atributos analisados, sendo estes agrupados separadamente quanto as práticas de manejo.



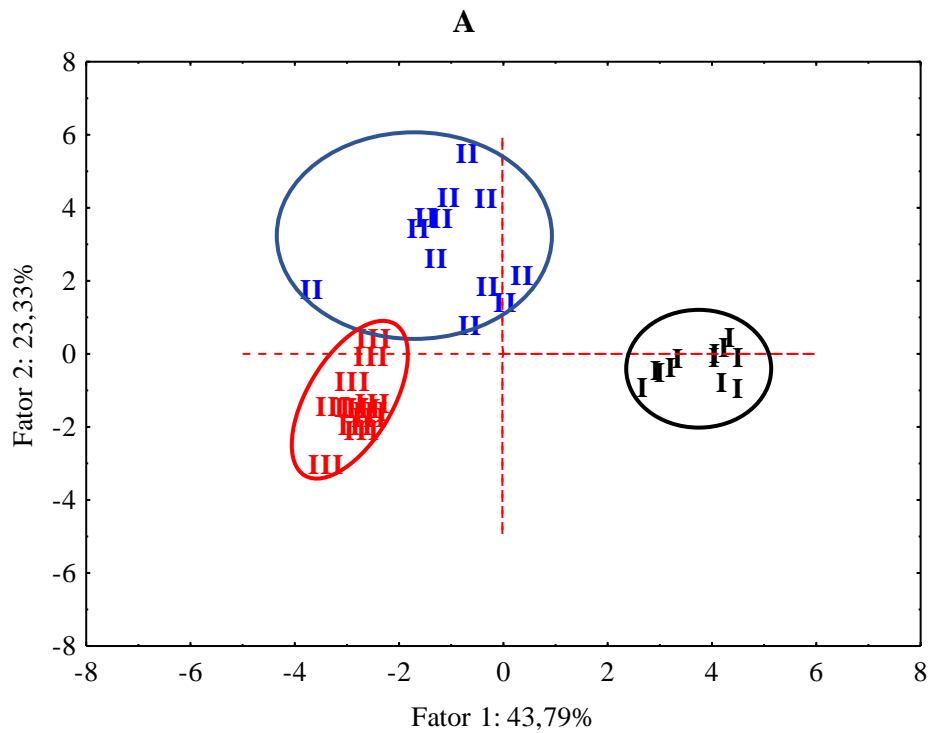


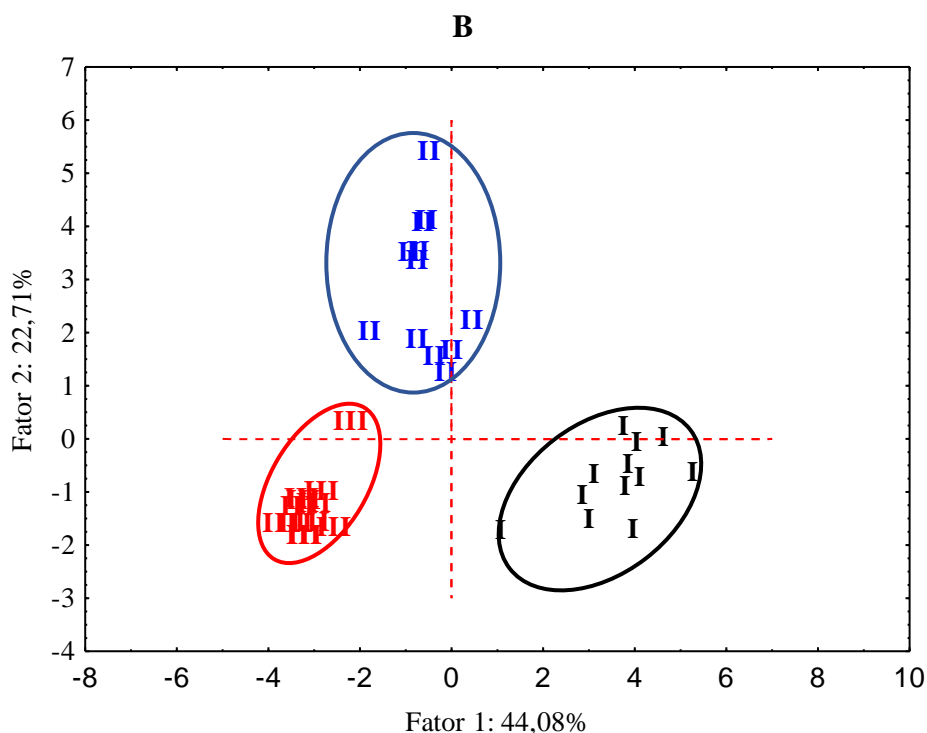
**Figura 6:** Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos mostrando a formação de grupos segundo as variáveis analisadas dos diferentes sistemas de manejo. A= prof. 0,00-0,05 m; B= prof. 0,05-0,10 m; I= área abandonada de pastagem; II= área abandonada de agricultura; III= campo natural.

Na análise de componentes principais (ACP), foram considerados os dois primeiros componentes principais (CPs) 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 18 variáveis, o que possibilita sua localização com um ponto em um gráfico bidimensional (Hair et al., 2005).

Quanto ao percentual de variância explicado pelas CPs, verifica-se que na profundidade 0,0 - 0,05 m (Figura 7A), a primeira e segunda componentes são responsáveis por 67,12% da variância total, sendo 43,79 % na CP1 e 23,33% na CP2, enquanto que na profundidade subsequente de 0,05–0,10 m (Figura 7B) as duas primeiras CPs foram responsáveis 66,79% da variância dos dados originais,

com 44,08% na CP1 e 22,71% na CP2. Freitas et al. (2012), estudando atributos físicos e Freitas et al. (2014) com atributos químicos e físicos, encontraram valores de variância acima de 70%, sendo esses valores, atribuídos a variabilidade destes atributos. De acordo com Campos et al. (2012), após esta etapa, a análise multivariada pode ser aplicada na seleção de variáveis relevantes na caracterização e no planejamento de uso sustentável de ambientes naturais.





**Figura 7:** Análise de componentes principais dos atributos físicos e químicos nos diferentes sistemas de manejo. A= prof. 0,00-0,05 m; B= prof. 0,05-0,10 m. I= área abandonada de pastagem; II= área abandonada de agricultura; III= campo natural.

## 5. CONCLUSÕES

1. A substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo pode causar importantes alterações nos atributos físicos ao longo dos anos, principalmente na macroporosidade, resistência do solo a penetração e umidade volumétrica do solo.
2. A mudança de uso do solo promoveu alterações nos atributos químicos, nos sistemas de pastagem abandonada e agricultura abandonada quando comparada ao campo natural, indicando assim que as práticas de calagem contribuíram para a diminuição da acidez e dos teores de alumínio.
3. Os maiores índices de DMG e DMP encontrados para a área de campo natural, não evidenciam neste caso uma melhor agregação do solo, fatores

relacionados ao adensamento do solo que proporcionaram essa estrutura forte do agregados.

4. O estoque de carbono não indicou variações para a camada de 0,05-0,10 m entre os ambientes de pastagem e campo nativo, indicando assim que após a conversão do campo natural para áreas de pastagem, estas depois de anos podem apresentar o mesmo estoque de carbono ou até mesmo superar as áreas nativas.

5. O uso das técnicas multivariadas mostrou-se eficiente na distinção de ambientes sobre os sistemas de usos estudados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

BERTOL, I.; ALBURQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas as do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.155-163, 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. Relação entre alguns atributos físicos e a produção de soja e arroz de sequeiro em Latossolos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.2, p. 365-371, 2004.

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.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRASIL. *Ministério das Minas e Energia*. Projeto Radambrasil, Purus. Rio de Janeiro, v. 20, p. 56, 1978.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). *Revista Brasileira de Geografia*, 21: 443-497, 1959.

BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, v. 19, p. 269-279, 1995.

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; IWATA, B. F.; NÓBREGA, J. C. A.; Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* – Brasília, v. 46; n. 2, p. 1681-1689, 2011.

CAMPOS, M. C.C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; ROSAS FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Toposequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazônica*, v. 42, n. 3, p. 387-398, 2012.

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

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxo, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetada pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.3, p. 527-535, 2003.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.5, p.1137-1145, 2009.

CUNHA, T. J. F. et al. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.1, n.1, p. 27-36, 2001.

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.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 389-412.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soils structure. *Soil & Tillage Research*, 11, p.199- 238, 1988.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. *Defining and assessing soil quality*. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. *Defining soil for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication, 35).

DUMANSKI, J. & PIEREI, C. Land quality indicators research plant. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 81, p.155-162, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FABRÍCIO, A.C.; CUNHA, T.J.F.; FREITAS, P.L. & MARTINS, J.S. Modificações morfoestruturais de solo sob Cerrado, decorrentes de diferentes sistemas de manejo em Chapadão do Sul-MS. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 27. Brasília, 1999. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa, 1999. CD ROM.

FACELLI, J. M. & PICKETT, S. T. A. Plant Litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, n. 57, p. 1-32. 1991.



FERNANDES, M. R. *Alterações na estrutura de Latossolos argilosos submetidos ao uso ao uso agrícola*. 1993. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Concentração Água e Solos) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo, em sistema de rotação, na Chapada do Apodi, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 03, p. 353-361, 2008.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; CECATO, U.; BARBERO, L.M.; LUGÃO, S.M.B.; COSTA, M.A.T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1583-1590, 2008.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; AQUINO, R. E. Análises multivariadas de atributos físicos em Latossolo Vermelho submetidos a diferentes ambientes. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n.15, p. 126-139, 2012.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M.C.C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. *Revista Ciências Agrárias*, v. 57, n. 3, p. 224-233, 2014.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre, Brasil, 2005. 593p.

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, p. 732-738, 2010.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Aggregate stability and size distribution. In: BLACK, C. A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: ASA, 1965. pt. 1, cap. 39, p. 499-510. (Agronomy, 9).

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

KLINK, A. C.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1131-1140, 2007.

LARSON, W.E. & PIRCE, F.J. The dynamics of soil quality as measure of sustainable management. In: DORAM, J.W. et al., eds. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, *American Society of Agronomy*, n. 37, p.37-51, 1994.

MEDEIROS, J.C.; CARVALHO, M.C.S.; FREIRE, E.C.; MORELLO, C.L.; OLIVEIRA, J. P.; LEANDRO, W.M.; BARBOSA, K.A.; DEL'ACQUA, J. M.; FERNANDES, J.I.; SANTOS, J.W. *Manejo da cultura do algodão com resultados de pesquisa em Goiás*, Campina Grande. Embrapa Algodão, 18p, 2002.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Genesis, Porto Alegre, n. 34, p.1-8, 1999.

MORETI, D. *Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho cultivado com feijão e algodão, sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura*. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - UNESP, Ilha Solteira, São Paulo.

NEVES, C. M. N. SILVA, M.L.N. CURTI, N.; MACEDO, R.L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistema agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região Noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v.28, n.5, p.1038-1046, 2004.

NEVES, C.M.N. das; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, n.74, p.45-53, 2007.

NOORDWIJK, M. V.; CERRI, C. C.; WOOMER, P. L.; NUGROHO, K.; BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. *Geoderma*, v.79, p.187-225, 1997.

NOVAES FILHO, J. P.; SELVA, E. C.; COUTO, E. G.; LEHMANN, J.; JOHNSON, M. S.; RIHA, S. J. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. *Revista Árvore*, v.31, n.1, p.83-92, 2007.

REDIN, M.; SANTOS, G.F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G.L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E.L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Rural*, v.21, n.2, p.381-392, 2011.

REGANOLD, J.P.; GLOVER, J.D.; ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State. *Agricultural Ecosystem Environmental*, v. 80, p.29-45,2000.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica*, v. 38, n. 03, p. 483-490, 2008.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.1, p.29-38, 2007.

SALVIANO, A. A. C. *Determinação de propriedades físicas de um solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico sob diferentes sistemas de cultivo*. 1981. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Concentração Solos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G.; Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. *Ciência Rural*, v. 40, n. 2, p. 2487-2492, 2010.

SECCO, D. et al., 2005. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SILVA, A. J. N. da; CABEDA, S. V. & LIMA, F. W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n. 6, p. 833-842, 2005.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: *World Congress on Computers in Agriculture*, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “cerrado” region, Brazil. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, v. 103, n. 2, p. 357-363, 2004.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy - Maringá*, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUZA, H. A.; MARCELO, A. V.; CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 2, p. 658-663, 2012.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.129-136, 2009.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. & TOMM. G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solos e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28; p.533-542, 2004.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. 1: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, p. 207-212, 2002.

TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. *Physical edaphology: the physics of irrigated and nonirrigated soils*. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 532 p.

TORMENA, C. A. *A compactação do solo em agroecossistemas agrícolas*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14. 2002. Cuiabá. Anais. Cuiabá: Editora Universidade Federal de Mato Grosso. 2002. 4p. Palestra. CD-ROOM.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. R. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento Sustentável. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 5, p. 158-165, 2011.

VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M. G. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. *Bragantia*, v. 70, p.631-637, 2011.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.175-180, 1994.

YOEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication Soil Science Plant Anal.* v. 19, p. 1467-1476, 1988.