

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

**ATRIBUTOS DO SOLO, DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES E
ERODIBILIDADE EM ÁREAS SOB CONVERSÃO DE
FLORESTA PARA AMBIENTES CULTIVADOS NO
MUNICÍPIO DE CANUTAMA, AM**

ALAN FERREIRA LEITE DE LIMA

Humaitá-AM
Junho de 2018

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

**ATRIBUTOS DO SOLO, DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES E
ERODIBILIDADE EM ÁREAS SOB CONVERSÃO DE
FLORESTA PARA AMBIENTES CULTIVADOS NO
MUNICÍPIO DE CANUTAMA, AM**

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

Discente: Alan Ferreira Leite de Lima
Orientador: Dr. José Maurício da Cunha
Coorientador: Dr. Milton César Costa Campos

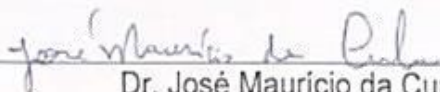
Humaitá-AM
Junho de 2018

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

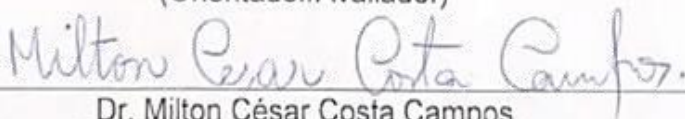
**ATRIBUTOS DO SOLO, DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES E
ERODIBILIDADE EM ÁREAS SOB CONVERSÃO DE
FLORESTA PARA AMBIENTES CULTIVADOS NO
MUNICÍPIO DE CANUTAMA, AM**

Discente: Alan Ferreira Leite de Lima

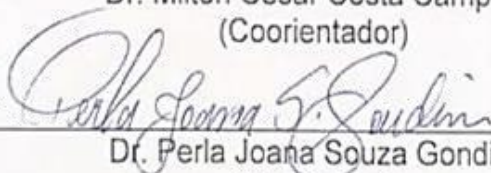
Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em:
27/06/2018, com a banca examinadora composta pelos seguintes
professores:



Dr. José Maurício da Cunha
(Orientador/Avaliador)



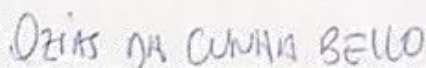
Dr. Milton César Costa Campos
(Coorientador)



Dr. Perla Joana Souza Gondim
(Avaliadora)



Msc. Fernando Gomes de Souza
(Avaliador)



Msc. Ozias da Cunha Bello
(Suplente)

Humaitá-AM
Junho de 2018

O amor assemelha-se a agricultura... você semeia, Deus rega permitindo-lhe ajudar, e a terra desenvolve em frutos para que seja colhido em seu tempo, e não em tempo teu.

Júlio Ramos da Cruz Neto

Aos meus queridos pais, Ezilna Maria Ferreira Leite e Raimundo Nonato Rocha de Lima, e avó Adelaide Ferreira Leite, pelo amor, educação, dedicação, compreensão, apoio, incentivo e por todo o amparo em minha vida pessoal e acadêmica, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus, por sempre guiar e abençoar meu caminho em toda minha vida e jornada acadêmica.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), em especial ao Grupo de Pesquisa Solos e Ambientes Amazônicos.

Aos meus pais Ezilna Maria Ferreira Leite e Raimundo Nonato Rocha de Lima, e avó Adelaide Ferreira Leite pelo amor, compreensão, dedicação e incentivo durante toda jornada acadêmica e por acreditarem em mim em todos os momentos. Aos meus irmão e irmãs Alana, Aline, Bruno Eduardo e Carlos Manuel.

Ao meus orientadores professor Dr. José Maurício da Cunha e Milton César Costa Campos, não apenas por suas orientações como também por toda sua amizade e parceria em todos os momentos em que precisei.

Ao professor Doutorando Fernando Gomes de Souza e a prof.^a Dra. Perla Joana Souza Gondim e Mestrando Ozias da Cunha Bello por terem aceitado participar da banca examinadora deste trabalho, e por toda parceria e ajuda em meus projetos científicos.

Aos meus companheiros de Laboratório que integram o Grupo de Pesquisa Solos e Ambientes Amazônicos em especial Eduardo Antônio Neves dos Santos, Elilson Gomes de Brito Filho, Elyenayra Nogueira Pinheiro, Lucivânia Izidoro da Silva, Thalita Silva Martins, Wildson Benedito de Mendes Brito e demais (mesmo os que já não compõem mais o grupo de pesquisa), pela amizade e contribuição para realização deste trabalho e demais projetos acadêmicos.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial Elilson Gomes de Brito Filho, Emily Lira Simões, Igor Hister Lourenço, Lucas Firmo Dantas Silva, Marcel Darlon Rodrigues da Silva, Péricles Leão da Cunha, Romaria Gomes de Almeida e Thalita Silva Martins por toda amizade no decorrer do curso de graduação, nos quais houve momentos de alegrias, tristezas, brigas, diversão e discussões, tais momentos foram essenciais para meu crescimento acadêmico.

Aos professores e funcionários da UFAM que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Características das culturas do Cupuaçu, Urucum e Guaraná	13
3.2. Crescimento Radicular	15
3.3. Conversão Floresta em Ambientes Cultivados, nos Atributos Químicos do Solo	17
3.4. Conversão Floresta em Ambientes cultivados, nos Atributos Físicos do Solo	19
3.5. Erodibilidade do Solo	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	22
4.2. Metodologia de Campo	23
4.3. Quantificação das Raízes	24
4.4. Análises Químicas.....	24
4.5. Análises Físicas	25
4.6. Determinação dos Fatores de Erodibilidade	27
4.7. Análises Estatísticas	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Atributos Químicos	30
5.2. Agregados, MO, CO e Est. C	37
5.3. Textura do solo.....	41
5.4. Porosidade, Compactação e Distribuição do Sistema Radicular.....	44
5.5. Erodibilidade do Solo	49
5.6. Correlação dos Atributos do Solo, Distribuição de Raízes e Erodibilidade	51
6. CONCLUSÕES	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de localização das áreas estudadas na região sul do Amazonas.....	22
FIGURA 2. Valores médios dos atributos químicos do solo pH, $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	33
FIGURA 3. Valores médios dos atributos químicos do solo SB, t, T, V%, m% e PR em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	36
FIGURA 4. Valores médios dos agregados do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	40
FIGURA 5. Valores médios do CO, MO e Est. C em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	41
FIGURA 6. Valores médios da textura do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	44
FIGURA 7. Valores médios da RSP, DS, porosidade e distribuição de raízes em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	48
FIGURA 8. Valores médios da erodibilidade do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Classes textural e Classes de permeabilidade do solo.....	28
TABELA 2. Média e Coeficiente de Variação (CV%) dos atributos químicos em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.	31
TABELA 3. Média e Coeficiente de Variação (CV%) dos agregados do solo e CO, MO e Est. C, em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.	39
TABELA 4. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da textura do solo em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.....	43
TABELA 5. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da RSP, DS, porosidade do solo e distribuição do sistema radicular em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.....	46
TABELA 6. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da erodibilidade do solo em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.	50
TABELA 7. Correlação de Pearson dos atributos do solo, distribuição de Raiz e erodibilidade em áreas sob conversão de floresta para ambientes de cultivo no município de Canutama, AM.	53

RESUMO

Atualmente, a ocupação e substituição de áreas antes florestadas por áreas agrícolas sem o devido conhecimento e a inobservância de critérios técnicos, tem sido um dos principais problemas na região amazônica causando em muitas vezes impactos ambientais negativos. Diante disto, este trabalho teve por objetivo avaliar os atributos do solo, distribuição de raízes e erodibilidade em áreas sob conversão de floresta em áreas cultivadas. O estudo foi realizado em quatro áreas sendo uma de floresta, cupuaçu, guaraná e urucum localizadas no município de Canutama, AM. Foram realizadas coletas de torrões de solos e anéis volumétricos nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m para fazer as análises dos atributos físicos e químicos do solo segundo a Embrapa (2017), distribuição de raízes e erodibilidade. Foram realizadas as análises estatísticas univariada e as médias dos atributos comparada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e correlação de Pearson ($p < 0,05$ e $< 0,01$). A área de floresta e os ambientes cultivados apresentam limitações químicas para produção agrícola em contrapartida os atributos físicos apresentaram valores satisfatórios. Os atributos químicos sofreram maiores alterações e degradações. Foram observadas maiores alterações nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m para as áreas estudadas. O cultivo de cupuaçu apresentou maiores valores de MSR e DR, sendo os maiores valores encontrados nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Palavras chave: Degradação do Solo, Raízes Efetivas, Erosão do Solo, Correlação.

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica encontra-se na parte norte da América do Sul com cerca de 6 milhões de km², com uma população de 23.596.953 habitantes e ocupando todos os Estados da Região Norte, mais o estado de Mato Grosso, o oeste do Maranhão e cinco municípios de Goiás. O Bioma Amazônico é caracterizado por ser uma região bastante extensa, apresentando elevada diversidade geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas e de vegetação (VALE JUNIOR et al., 2011).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng) Schum), guaranazeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) e urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) são plantas de origem amazônica, que possuem importância econômica, social e cultural para região. São culturas adaptadas a solos profundos ácidos, com elevado teores de alumínio e com baixa fertilidade, que apresentam sistema radicular pivotante, caracterizado como profundo, exibindo um eixo principal de onde saem raízes secundárias e terciárias (MILLE et al., 1995; NASCIMENTO FILHO et al., 1993; FRANCO et al., 2008).

Atualmente, a ocupação e substituição de áreas antes florestadas por áreas agrícolas sem o devido conhecimento e a inobservância de critérios técnicos, tem sido um dos principais problemas na região amazônica. Neste sentido, a conversão de ambientes naturais em sistemas agrícolas, especialmente sistemas de monocultivo, tem provocado alterações nos atributos do solo e, na maioria das vezes, causa impacto ambiental negativo (SILVA et al., 2007; FREITAS et al., 2015).

Na região amazônica, alguns trabalhos têm centrado esforços, no sentido de avaliar as transformações ocorridas no solo após a substituição de ecossistemas de floresta, em ambientes agrícolas (AQUINO et al., 2014). Sob esse ponto de vista, o conhecimento dos danos provocados pelos diferentes sistemas de manejo, são essenciais para um melhor entendimento sobre as modificações causadas nos atributos do solo, possibilitando propor alternativas que degradem menos os solos (SOARES et al., 2016).

De acordo com Moline & Coutinho (2015), a abertura de novas áreas na Amazônia, para a agricultura, implica redução expressiva do teor de matéria orgânica depositada nas camadas superficiais, causando alterações negativas

na disponibilidade de nutrientes, o que, associado ao manejo inadequado do solo, diminui a produtividade das culturas ao longo do tempo. Magalhães et al. (2013) verificaram redução do estoque de nutrientes em áreas de lavouras em relação à mata nativa em Rondônia. Araújo et al. (2011), analisando a conversão mata-pastagem, também encontraram baixos teores de Ca, Mg, K e P nas primeiras camadas do solo em áreas com cultivo.

Oliveira et al. (2015), afirmam que os atributos físicos do solo são alterados em função do manejo a que estão submetidos, podendo ser agravados pelo constante uso de implementos e tráfego de máquinas utilizado no preparo convencional do solo. Além disso, os diferentes manejos e forma de uso do solo podem provocar alterações no movimento da água no solo, na resistência do solo à penetração, na porosidade e na classes de agregados, servindo como indicadores de que o solo estruturalmente encontra-se compactado (AQUINO et al., 2014; ANDRADE et al., 2009; ARATANI et al., 2009; SALES et al., 2016). Um solo compactado, não oferece condições para o desenvolvimento do sistema radicular, interferindo na absorção de água e nutrientes pela raiz e conseqüentemente na produção da cultura.

A distribuição de raízes em relação à profundidade é de grande importância, já que o seu conhecimento permite melhor administrar práticas de adubação, irrigação e utilização de máquinas, além de fornecer informações sobre a competição por água e nutrientes entre plantas de uma mesma cultura ou de sistemas de consórcio, principalmente, as raízes efetivas, que têm um papel essencial, devido sua função de absorção de água e nutrientes (DÉCOURT, 1979; GÓES et al., 2016).

O processo erosivo causa degradação do solo e do ambiente, gerando sérias conseqüências econômicas, onde observa-se em curto prazo o assoreamento, eutrofização e poluição das águas superficiais e em prazo mais longo, a redução da profundidade do solo, limitando a capacidade de armazenamento de água, nutrientes e conseqüentemente a produção agrícola (LI et al., 2009; HANCOCK et al., 2015; SILVA et al., 2016). Sendo assim é importante a predição das taxas de perda de solo, o diagnóstico do potencial natural de erosão e dos riscos de degradação, em diferentes ambientes contribuindo com informações importantes para o planejamento agrícola e ambiental de uma região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar os atributos do solo, distribuição de raízes e erodibilidade sob conversão de floresta para ambientes cultivados no município de Canutama, AM.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar, comparar e relacionar os atributos químicos do solo (pH, $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, t, T, V, m e P_R), em áreas sob conversão de floresta para cultivos de cupuaçu, guaraná e urucum, no município de Canutama, AM.

Determinar, comparar e relacionar a estabilidade de agregados, CO, MO Est. C em áreas sob conversão de floresta para cultivos de cupuaçu, guaraná e urucum no município de Canutama, AM.

Quantificar e relacionar os parâmetros da textura do solo (areia, silte, argila, G_{FLO} e G_{DIS}), em áreas sob conversão de floresta para cultivos de cupuaçu, guaraná e urucum, no município de Canutama, AM.

Determinar e comparar os parâmetros de porosidade do solo (PT, MIP e MaP), compactação do solo (RSP e DS), umidade volumétrica e a distribuição de raízes em áreas sob conversão de floresta para cultivos de cupuaçu, guaraná e urucum, no município de Canutama, AM.

Estimar a erodibilidade do solo (K, K_i , K_r) e tensão cisalhante crítica (TC) em áreas sob conversão de floresta para cultivos de cupuaçu, guaraná e urucum, no município de Canutama, AM.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características das culturas do Cupuaçu, Urucum e Guaraná

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng) Schum), guaranazeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) e urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) são plantas de origem amazônica que possuem importância econômica, social e cultural para região. São culturas que apresentam sistema radicular pivotante, são adaptadas a solos profundos ácidos, com elevado teores de alumínio e com baixa fertilidade (MILLE et al., 1995; NASCIMENTO FILHO et al., 1993; FRANCO et al., 2008).

O cupuaçu pertencente à família botânica Malvaceae, destaca-se dentre as frutíferas de potencial econômico da Amazônia, principalmente pelas características de sabor, aroma e possibilidades de utilização doméstica e agroindustrial de sua polpa (FARIAS et al., 2012). De acordo com Medeiros et al. (2010) a polpa do cupuaçu, parte mais utilizada, que corresponde de 35 a 40% da fruta, é a maior responsável por seu custo, já as sementes constituem cerca de 20% da massa total da fruta e, quando beneficiadas, desenvolvem aroma semelhante ao de chocolate. Nativo da região Amazônica, o cupuaçuzeiro é uma espécie em domesticação, recebendo atenção crescente de diversas instituições de pesquisa (SUFRAMA, 2003; CLEMENT et al., 2010) tendo interesse econômico em plantios comerciais e/ou sistemas agroflorestais (LOCATELLI et al., 2007).

O cupuaçuzeiro pode atingir até 15 metros de altura, com 6 a 8 metros de diâmetro de copa é uma espécie bem adaptada ao sombreamento, razão pela qual apresenta condições para o consorciamento com outras espécies frutíferas ou madeiráveis, sem provocar danos ambientais, para características restauradoras e conservadoras (GONDIM et al., 2001). É uma árvore com sistema radicular pivotante e nos primeiros 20 a 25 cm de profundidade do solo desenvolve grande quantidade de raízes laterais ou secundárias (SOUZA et al., 2007). É cultivado comumente em pequenas propriedades, geralmente, consorciado com outras culturas, proporcionando a melhoria da qualidade de vida dos pequenos produtores (MARTIN et al., 2013).

O guaranazeiro é uma dicotiledônea, pertencente à família Sapindaceae, é uma das espécies nativas mais conhecidas da biodiversidade amazônica brasileira, além do grande valor econômico. Em seu estado natural, cresce como uma liana até atingir o extrato superior da floresta, porém quando cultivada em campo aberto, tem a forma de arbusto sub-ereto com aproximadamente 3,0 metros de altura (CAVALCANTE, 1976; FUKUMASU et al., 2006). Seu sistema radicular é do tipo pivotante fasciculado, concentrando-se nos primeiros 50 cm de profundidade e atingindo no máximo 2 m do caule. Em condições favoráveis a planta pode viver até 40 anos. Sendo as sementes seu produto comercial (NASCIMENTO FILHO et al., 1993).

De acordo com Tavares et al. (2005), o guaranazeiro se desenvolve adequadamente em locais com temperatura média anual de 23°C a 28°C,

umidade relativa de 80% e precipitação pluviométrica em torno de 1.500 a 3.000 mm/ano. A cultura tem sido cultivada em solos profundos e bem drenados, sem pedregosidade, com textura variando de média a argilosa e pH de 4,6 a 5,4.

O Brasil é o único produtor mundial de guaraná e atende ao mercado nacional e internacional. Ao longo das últimas décadas, a área de cultivo do guaranazeiro expandiu-se além da fronteira da Amazônia. Em razão dessa expansão, a cultura vem sendo submetida a diferentes condições de cultivo (NASCIMENTO FILHO et al., 2009). Sendo esses cultivos incentivados por meio de práticas agrícolas e novas tecnologias geradas pelas pesquisas. O conhecimento sobre a cultura evoluiu consideravelmente nos últimos anos, mas muito ainda necessita ser feito (ALBERTINO et al., 2012).

O urucuzeiro pertence à família botânica Bixaceae é uma espécie originária de regiões de climas tropicais, característica da região Amazônica. Tratando-se de uma planta tipicamente tropical, o seu cultivo pode ser realizado em diferentes regimes climáticos, porém, tanto a temperatura como a precipitação pluviométrica, tornar-se fatores limitantes ao bom desenvolvimento da cultura. É uma planta que se desenvolve bem numa amplitude térmica entre 22 e 27 °C, sendo 25 °C considerada como ideal. O urucuzeiro se adapta a diferentes tipos de solos, no entanto é recomendável solos com boa drenagem, fertilidade variando de média a alta, pH entre 5,5 e 7,0, bons níveis de cálcio e magnésio e ausência de alumínio (FALESI & KATO, 1992; REBOUÇAS & SÃO JOSÉ, 1996). A espécie apresenta rápido crescimento podendo ser plantada em composição com outras espécies em áreas degradadas de preservação permanente, destinada à recomposição da vegetação (BARBIERI et al., 2011).

Segundo Brito et al. (2015) o urucuzeiro possui sementes condimentares e tinturiais, exploradas nativamente no Brasil, sua exploração se dá por múltiplos usos, ornamentalmente, medicinal e pela indústria de alimentos, cosméticos e laticínios, onde são extraídos os carotenoides, constituídos pela bixina e norbixina com permissão da Organização Mundial de Saúde.

3.2. Crescimento Radicular

O desenvolvimento das culturas não depende somente da presença ou ausência dos nutrientes minerais, mas do ambiente favorável que elas encontram em termos de movimentação de água, de ar, e do regime térmico,

pois o solo deve estar bem estruturado a fim de permitir o desenvolvimento das raízes para que possam absorver os nutrientes (GÓES et al., 2016).

A distribuição de raízes de acordo com o tamanho em relação à profundidade é de grande importância, já que o seu conhecimento permite melhor administrar práticas de adubação, tratos culturais, irrigação e utilização de máquinas, além de fornecer informações sobre a competição por água e nutrientes entre plantas de uma mesma cultura ou de sistemas de consórcio. Além disso, as raízes finas, também denominadas de efetivas, têm um papel essencial devido sua função de absorção de água e nutrientes (DÉCOURT, 1979; GÓES et al., 2016).

De acordo com Bergamin et al. (2010), em solos compactados ocorre alteração da estrutura e, conseqüentemente, decréscimo da porosidade, da macroporosidade, da disponibilidade de água e nutrientes e da difusão de gases no solo, cujas relações com o desenvolvimento das raízes são fundamentais.

Em solos compactados, as raízes das plantas não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado (BONFIM-SILVA et al., 2011). O menor desenvolvimento do sistema radicular resulta em menor volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, menor absorção de água e nutrientes. Além disso, esses autores mencionam que a quantidade de oxigênio na rizosfera pode ser limitante nos processos metabólicos (BERGAMIN et al., 2010; QUEIROZ-VOLTAN et al. 2000; HAKANSSON et al. 1998).

Para avaliar o grau de compactação em uma determinada superfície, Stolf (1991) relata que a resistência do solo a penetração (RSP) tem sido utilizada frequentemente por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento radicular das plantas e de fácil e rápida determinação. Segundo observações realizadas por Couto et al. (2016), valores de RSP menores que 2 MPa caracteriza solo sem restrição ao crescimento das raízes; restritiva ao crescimento das raízes, para RSP entre 2 e 3,5 MPa; e impeditiva, com RSP acima de 3,5 MPa.

3.3. Conversão Floresta em Ambientes Cultivados, nos Atributos Químicos do Solo

O solo é um componente ambiental complexo, suas variações, no que se refere às propriedades físicas, químicas e biológicas são definidoras de padrões ecológicos e do próprio uso da terra, cujo potencial, a humanidade busca aproveitar para erguer as bases da sobrevivência, mas nem sempre de forma sustentável. O solo, como recurso para produção agrícola e pecuária, pressupõe, no mínimo, uma visão global de suas características, principais limitações, susceptibilidade à erosão e áreas de ocorrências (VALE JUNIOR et al., 2011).

Os Latossolos e Argissolos, são classes predominantes de solos na região amazônica, são caracterizados pela sua baixa fertilidade natural expressa pela reserva de nutrientes (MOREIRA & FAGERIA, 2009; CAMPOS et al., 2012), sendo o processo de ciclagem de nutrientes importante no ecossistema da mata amazônica. Uma vez interrompido esse processo pela retirada da vegetação nativa, a reserva de nutrientes desses solos se exaure rapidamente (CUNHA et al., 2009).

Segundo Trindade et al. (2011) os solos amazônicos são conhecidos pela sua baixa fertilidade natural, que além da elevada acidez, apresenta baixos teores de fósforo na forma disponível pelas plantas. Entre os fatores que propiciam a baixa produtividade das culturas nessa região, a acidez do solo, expressa por baixos valores de pH e alta concentração de Al, além de baixos teores de Ca e Mg, é um dos mais importantes a serem corrigidos para a garantia de rendimento econômico das culturas (GAMA et al., 2007).

Segundo Moline & Coutinho (2015), a abertura de novas áreas na Amazônia para a agricultura implica redução expressiva do teor de matéria orgânica depositada nas camadas superficiais causando alterações negativas na disponibilidade de nutrientes, o que, associado ao manejo inadequado do solo, diminui a produtividade das culturas ao longo do tempo.

Silva Júnior et al. (2012), em estudo sobre o impacto da conversão da mata nativa para sistemas agrícolas nas características químicas do solo no Estado do Pará, atribuem as alterações à depleção da matéria orgânica, o que foi apontado como a principal causa de insucesso dos demais cultivos. Da mesma forma, Magalhães et al. (2013) verificaram redução do estoque de

nutrientes em áreas de lavouras em relação à mata nativa em Rondônia. Araújo et al. (2011), analisando a conversão mata-pastagem, também encontraram baixos teores de Ca, Mg, K e P nas primeiras camadas do solo em áreas com cultivo.

Os ecossistemas naturais apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica. Entretanto, a ação antrópica promove alterações nesses atributos e, na maioria das vezes, causa impacto ambiental negativo (FERREIRA et al., 2017). Sob vegetação natural a matéria orgânica do solo se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos (BAYER & MIELNICZUK 2008). Nessa situação, pode ser estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de perda da produtividade das culturas (CARDOSO et al., 2011).

Segundo Resende & Coelho (2017), dificilmente os padrões encontrados para os atributos de fertilidade química do solo numa área são extrapoláveis para outras ou se mantêm inalterados com o passar do tempo, independente de se utilizar ou não manejo específico. Diante disso, as avaliações de usos agrícolas de solos utilizando se atributos do solo como indicadores é um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos com o objetivo de adaptar sistemas ou propor usos do solo mais sustentáveis (CORRÊA et al., 2009).

Entre os fatores de natureza físico-química, o pH pode influenciar tanto no número como na atividade enzimática dos microrganismos (SUDHARHSAN et al., 2007), além de ser um importante fator na produção agrícola, influenciando na disponibilidade de nutrientes às raízes das plantas e concorrendo para favorecer o desenvolvimento de micro-organismos que operam transformações úteis para melhorar as condições do solo. Neste sentido, medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio, magnésio, fósforo, potássio e micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade do solo entre diferentes sistemas de manejos (ARAÚJO et al., 2012).

No solo os atributos físicos, químicos e biológicos estão interrelacionados, os quais controlam os processos e os aspectos à sua variação

no tempo e no espaço (CARNEIRO et al., 2009). Sendo que, o uso constante desses solos com práticas agrícolas que não se preocupa com a reposição dos nutrientes, tem resultado em solos com estágios avançados de degradação com isso torna-se necessário avaliar os atributos, para que haja um manejo correto do solo e das culturas em geral (SILVA et al., 2017).

3.4. Conversão Floresta em Ambientes cultivados, nos Atributos Físicos do Solo

A ocupação dos solos da Amazônia provoca a conversão de áreas de florestas para ambientes agrícolas trazendo muitas vezes como consequência a degradação dos solos. De acordo com Reis et al. (2009) quando as áreas de florestas são substituídas por culturas agrícolas ocorrem alterações nos atributos dos solos, como aumento da densidade do solo (Ds) e desagregação. Para Oliveira et al. (2015) os atributos físicos do solo são alterados em função do manejo a que estão submetidos, podendo ser agravados pelo constante uso de implementos e tráfego de máquinas utilizado no preparo convencional do solo.

Os diferentes sistemas de uso e manejo do solo objetivam criar condições favoráveis ao desenvolvimento e ao rendimento das culturas (COSTA et al., 2013). No entanto, práticas de manejo que visam apenas maximizar a produção podem acarretar mudanças no que se refere às propriedades físicas e morfológicas do solo, como no arranjo das partículas, resultando em variação da resistência mecânica à penetração. (STEFANOSKI et al., 2013).

O uso inadequado do solo como o revolvimento excessivo ou o uso de práticas pouco conservacionistas, podem provocar aumento da densidade, da RSP, diminuição da macroporosidade e porosidade total dentre, desagregação do solo. Em estudo comparativo avaliando as alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, no estado de Rondônia entre área de floresta nativa e área de pastagem, Valladares et al. (2011) verificaram que o volume total de poros e a densidade do solo apresentaram diferenças entre as áreas, como consequência do pisoteio animal. Além disso, os diferentes manejos e forma de uso do solo podem provocar alterações no movimento da água no solo e na resistência do solo à penetração (AQUINO et al., 2014).

Segundo Oliveira et al. (2014) determinadas práticas de manejo do solo podem resultar na degradação dos sistemas agrícolas em médio e longo prazo,

sendo que a compactação do solo é atualmente um dos problemas enfrentados de maior relevância em diversas regiões. A compactação é caracterizada pela alteração das propriedades físicas do solo, sendo resultado direto de uma determinada prática de manejo no qual o solo é submetido a uma determinada pressão, promovendo a redução do volume e resultando no aumento da resistência a penetração e na densidade do solo (OLIVEIRA et al., 2010; OHLAND et al., 2014).

A conversão dos ecossistemas naturais em ambientes de cultivo vem alterando a dinâmica de carbono no solo, essas modificações frequentemente, provocam o declínio no teor de carbono orgânico (CO) do solo, em função da redução do aporte, perdas por erosão e por decomposição da matéria orgânica (HICKMANN & COSTA, 2012). Os mecanismos de formação dos agregados do solo são influenciados pelos teores e formas do C orgânico do solo que irá permitir maior ou menor agregação do solo (CASTRO FILHO & LOGAN, 1991). Em contrapartida o estado de agregação do solo interfere no comportamento de outras variáveis, tais como aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água (HEID et al., 2009). Portanto entender as relações entre o estoque de C e estado de agregação do solo são fundamentais para se manejar adequadamente um agroecossistema e assim intervir previamente no meio de cultivo de modo a reduzir impactos negativos ao ambiente (CHAVES e FARIAS, 2008).

3.5. Erodibilidade do Solo

A erosão do solo é considerada a forma mais prejudicial de degradação e o principal causador de insustentabilidade nos sistemas de produção agrícola (BERTOL et al., 2004). Além de trazer alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos, acarretando efeitos sobre a qualidade ambiental da área (SOUZA et al., 2011). Ao discriminar solos com sinais de degradação, os indicadores de qualidade física e química do solo evidenciam a necessidade da adoção de sistemas que favoreçam a estruturação do solo, como aqueles que elevam os teores de matéria orgânica (STEFANOSKI, et al., 2013).

Segundo Gregorich & Carter (1997), a qualidade dos solos tem duas feições, uma ligada à capacidade inerente do solo e outra ligada à parte dinâmica

desse, influenciada pelo seu uso e manejo. Assim, ao se pensar em qualidade do solo é necessário ter em mente que a erosão é um fator que está diretamente relacionada com a sua qualidade, pois é um processo que altera os atributos do solo devido à perda de solo, nutrientes e a água.

Estimativas globais apresentadas por Dowdeswell (1998) revelam uma perda anual por erosão hídrica de cerca de 20 bilhões de toneladas de solo superficial, equivalente a 5 a 7 milhões ha de terras aráveis por ano. No Brasil, dados estimados por Marques (1997), apresentados por Bertoni & Lombardi Neto (1999), indicam uma perda anual de solo por erosão acelerada de cerca de 500 milhões de toneladas, volume correspondente a uma camada de 15 cm de espessura de solo em uma área de cerca de 280 mil hectares.

O processo erosivo causa degradação do solo e do ambiente, com sérias consequências econômicas. Em curto prazo observa-se assoreamento, eutrofização e poluição das águas superficiais. Em prazo mais longo, a profundidade do solo se reduz, limitando a capacidade de armazenamento de água, nutrientes e conseqüentemente a produção agrícola (LI et al., 2009; HANCOCK et al., 2015; SILVA et al., 2016).

No modelo de erosão referido por Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), conforme adaptado por Bertoni & Lombardi Neto (1999) a partir da USLE (Universal Soil Loss Equation), o fator K ou erodibilidade do solo representa no modelo a suscetibilidade do solo ao processo erosivo. A erodibilidade é um atributo complexo e intrínseco a cada solo (MARTINS et al., 2011, SCHICK et al., 2014), que segundo Lal (1988) representa o efeito integrado dos processos que regulam a infiltração de água e a resistência do solo à desagregação e transporte de partículas.

A erodibilidade pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas, sob chuva natural ou chuva simulada, e também por meio de análise de regressão linear simples entre essas duas variáveis (Wischmeier & Smith, 1978). De forma indireta, a erodibilidade pode ser estimada por meio da representação gráfica (nomograma), com base na combinação dos atributos físicos dos solos (textura, estrutura e permeabilidade), com porcentagem de matéria orgânica (Wischmeier et al., 1971).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no Assentamento São Francisco localizado no município de Canutama, Amazonas, Brasil, sob as coordenadas geográficas 8° 11' 22" S; 64° 00' 83" W, (Figura 1), no ano de 2017, em quatro áreas, uma de Floresta, e as outras sob cultivo de, cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng) Schum), guaranazeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) e urucuzeiro (*Bixa orellana* L.).

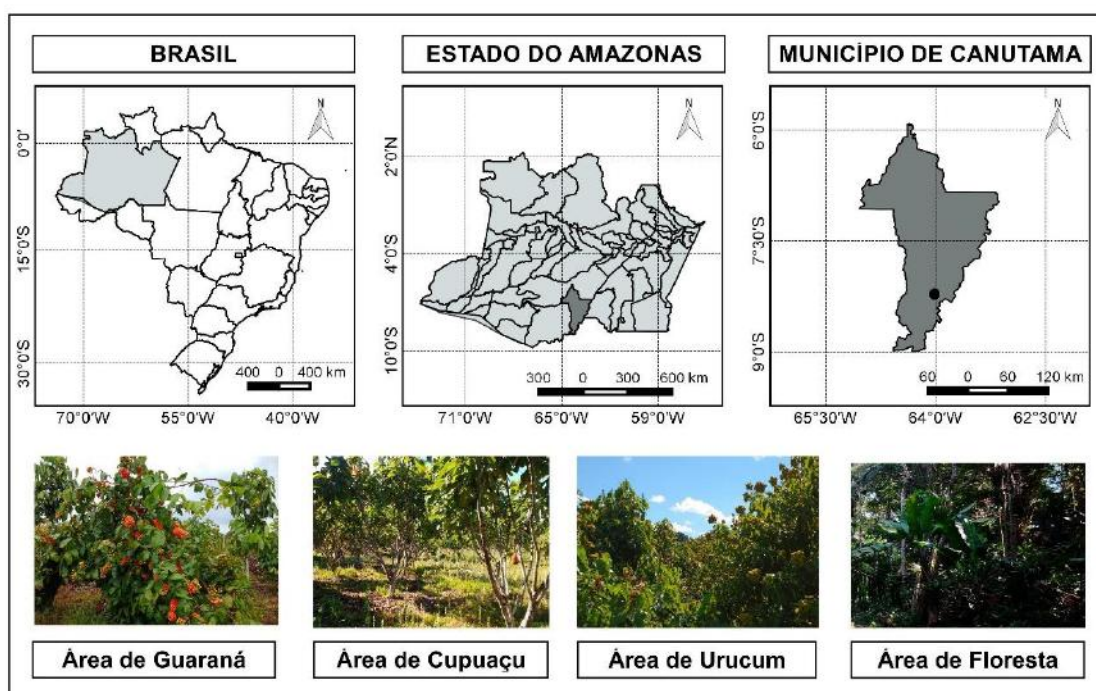


FIGURA 1. Mapa de localização das áreas estudadas na região sul do Amazonas.

A área de floresta caracteriza-se como floresta secundária, devido ter sido derrubada no ano de 1994, após esse período foi deixada em pousio, sem nenhum cultivo na respectiva área. Para a limpeza das áreas de cultivo foram utilizado o fogo, sendo em seguida implantada as culturas. Não foram utilizados adubação e calagem nas áreas em todo o período de cultivo. A área com cultivo de cupuaçu possui 7 anos, com espaçamento de 5 x 4 m, apresentando uma produtividade de 500 Kg ha⁻¹ de polpa, para o controle das plantas daninhas é utilizado o herbicida glifosato. A área com cultivo de guaraná possui 7 anos, com espaçamento de 5 x 5 m, apresentando uma produtividade de 420 Kg ha⁻¹ de semente seca. A área com cultivo de urucum possui 3 anos, com espaçamento de 5 x 4 m, apresentando uma produtividade de 642 Kg ha⁻¹ de sementes. O

controle das plantas daninhas nas áreas de guaraná e urucum são realizadas a adoção de roçadeira motorizadas e para o sapé (*Imperata brasiliensis*) é utilizado o herbicida glifosato.

A vegetação característica desta região é a Floresta Tropical Densa constituída por árvores adensadas e multiestratificadas entre 20 a 50 metros de altura. De acordo com Campos et al. (2012), as paisagens predominantes dessa região são os Campos Naturais, Campos Naturais/ Florestas e Florestas.

O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo localizados sobre a Planície Amazônica entre os rios Purus e Madeira, a mesma está associada a sedimentos aluviais recentes e antigos, do período Quaternário, caracterizadas pela presença de relevos tabulares de grandes dimensões, definidos por talwegues de aprofundamento muito fraco, isto é, o relevo apresenta declives muito suaves, e a drenagem natural é deficiente (EMBRAPA, 1997).

No que se refere à caracterização climática, o clima da região é Tropical Chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade média parcial varia entre 2.250 e 2.750 mm ao ano, com período chuvoso entre outubro e junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25 a 27 °C e a umidade relativa do ar entre 85 a 90% (BRASIL, 1978).

4.2. Metodologia de Campo

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos, área de floresta, Cupuaçu, Guaraná e Urucum. Em cada área, foram coletadas amostras de solo de quatro trincheiras, distantes 0,5 m do caule das plantas, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m, totalizando 20 amostras por área e ao todo 80 amostras. Cada área foi georreferenciada, para construção de um mapa de localização.

Foram coletadas, em cada trincheira das quatro áreas, amostras com estrutura preservada e anéis volumétricos de 4,0 cm de altura e 5,1 cm de diâmetro interno, nas camadas 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m, para a determinação das propriedades químicas, físicas, distribuição de raízes e para o cálculo dos fatores de erodibilidade.

4.3. Quantificação das Raízes

Em cada trincheira foram retirados monólitos (blocos de solo) utilizados para a amostragem de raízes, conforme Bohm (1979); Schuurman e Goedwaagem (1971) e Taylor et al. (1986). Onde os mesmos possuíram dimensões de 20 cm de largura, 10 cm de comprimento e 10 cm de altura, nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m. A separação das raízes foram feitas por lavagem em água corrente, através de peneiras de malha de 2 mm e pinça. Após a separação das raízes efetivas (< 1,0 mm) foram levadas para estufa de circulação, por 72 horas, para obtenção da massa seca em g. em seguida foram calculados Massa Seca das Raízes (MSR) em g dm⁻³ e Distribuição das Raízes (DR).

Para calcular MSR foi utilizada a fórmula:

$$MSR = \frac{MS}{VM} \quad (1)$$

Onde:

MSR = massa seca da raiz em g dm⁻³;

MS = a massa seca da raiz em g após 72 horas na estufa;

VM = o volume do monólito coletado em dm⁻³.

Para calcular DR foi utilizada a formula:

$$DR = \frac{MSR}{\sum MSR} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

DR = a distribuição das raízes em %;

MSR = massa seca da raiz em g dm⁻³;

$\sum MSR$ = a somatório das massas seca das raízes das outra camadas em g dm⁻³.

4.4. Análises Químicas

Após o solo ter passado por processo de secagem a sombra e ser peneirado numa malha de 2 mm, caracterizando uma Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), foram realizadas as análises química, segundo a metodologia proposta

pela EMBRAPA (2017), onde analisou-se o pH em água, acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), alumínio trocável (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K) e carbono orgânico (CO).

O pH em água foi determinado potenciometricamente, utilizando pHmetro na relação solo:água de 1:2,5.

O alumínio trocável (Al^{3+}), foi extraído por solução de KCl 1 mol L⁻¹, com teores determinados por titulometria, utilizando NaOH a 0,025 mol L⁻¹ e azul de bromotimol como indicador colorimétrico.

A acidez potencial (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio a pH 7,00 e determinada por titulometria utilizando NaOH a 0,025 mol L⁻¹ e fenolftaleína como indicador.

O fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) foram extraídos pelo método resina trocadora de íons.

Com base nas determinações dos cátions trocáveis e acidez potencial foram calculados: capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva e potencial; soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de Walkley-Black, modificado por YEOMANS & BREMNER (1988). A matéria orgânica será determinado pelo, produto do CO pelo fator 1,724.

O estoque de carbono (EC) foi definido pela equação:

$$\text{Est. C} = D_s \times h \times CO \quad (3)$$

em que:

Est. C = estoque de carbono (t ha⁻¹);

D_s = densidade do solo (g cm⁻³);

h é a espessura da camada de solo amostrada (cm);

CO = teor de CO (g kg⁻¹).

4.5. Análises Físicas

Em cada ponto amostral foram coletados amostras de solos, na forma de torrão, em seguida foram secas à sombra e destorroadas, de forma manual, passando-as num conjunto de peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, 4,76 mm de diâmetro e de 2,00 mm de diâmetro. Após, o solo passar por esse

processo de destorroamento, foram realizadas as análises físicas, segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017). Foram realizadas as análises de estabilidade de agregados Diâmetro médio Geométrico (DMG), Diâmetro médio Geométrico (DMP), classes de agregados >2 mm, de 1-2 mm, <1 mm e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) com o solo que ficou retido na malha de 4,76 mm. Com o solo que passou na peneira de malha 2 mm foram realizadas as análises granulométricas areia, silte, argila, Grau de Floculação (G_{FLO}) e Grau de Dispersão (G_{DIS}). Com os anéis volumétricos foram realizadas as análises de Resistência do Solo a Penetração (RSP), Densidade do Solo (DS), Porosidade Total (PT), Microporosidade (MiP), Macroporosidade (MaP) e Umidade Volumétrica (UV).

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), a qual colocou-se 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 numa frequência de 32 oscilações por minuto. Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras para >2 mm, de 1-2 mm, <1 mm e posteriormente foram calculados o DMP e IEA, através da fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998), e DMG segundo Schaller & Stockinger (1953), citados por Alvarenga et al. (1986), de acordo com as equações:

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^N n_i D_i}{\sum n_i} \quad (4)$$

$$DMG = 10^{\frac{\sum_{i=1}^N n_i \log D_i}{\sum n_i}} \quad (5)$$

em que:

n_i = porcentagem de agregados retidos em uma determinada peneira;

D_i = diâmetro médio de uma determinada peneira;

N = número de classes de peneiras.

$$IEA = \left(\frac{MS-wp0,25-areia}{MS-areia} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que:

MS = massa seca da amostra em g;

wp0,25 = massa dos agregados da classe < 0,25 mm em g.

A análise granulométrica do solo foi determinada utilizando-se o método da pipeta, com solução de NaOH 1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação mecânica, em aparato de alta rotação por 15 minutos. A areia foi separada por tamisação a argila e o silte foram separados por sedimentação, posteriormente foram calculados a R_{S/A} e o G_{FLO} e G_{DIS} calculados pela proporção da diferença entre a argila total e a argila dispersa em água.

Para as determinações da RSP, DS, PT, MiP, MaP e UV as amostras coletadas em anéis volumétricos foram saturadas por meio da elevação gradual, até dois terços da altura do anel, de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão, para obtenção da MiP, sendo submetidas a uma tensão de -0,006 MPa para retirar a água presente nos macroporos. Após atingirem o equilíbrio em um potencial matricial de -0,006 MPa, as amostras foram novamente pesadas e, em seguida, foram feitas as medidas da resistência do solo à penetração (RP), utilizando-se um penetrógrafo eletrônico de bancada (MA-933, Marconi, SP, BR). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa a 105 °C para a determinação da UV, DS e PT, pelo método do anel volumétrico, já a MaP será determinada pela diferença entre PT.

4.6. Determinação dos Fatores de Erodibilidade

Para determinação da estimativa da erodibilidade, foram utilizados modelos indiretos de predição, no qual estimam os valores dos fatores erodibilidade através de equações que envolvem os valores dos atributos do solo analisados em laboratório. Assim, no presente trabalho foram utilizados os modelos USLE (Universal Soil Loss Equation) e WEPP (Water Erosion Prediction Project) para determinação dos fatores condicionantes da erosão nas áreas em estudo.

Para o cálculo da erodibilidade global do solo da USLE (fator K₁, t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ ha h) foi utilizada a equação proposta por Denardin (1990) (Eq. 7):

$$K = 7,48 \times 10^{-6} M + 4,48059 \times 10^{-3} p - 6,31175 \times 10^{-2} X27 + 1,039567 \times 10^{-2} X32 \quad (7)$$

em que,

Novo silte = silte + areia muito fina, %;

Nova areia = areia muito grossa + areia grossa + areia média + areia fina, %.

M = novo silte x (novo silte + nova areia);

p = permeabilidade, segundo Wischmeier et al. (1971) (Tabela 1);

$X27 = [(0,002 \times \text{argila, \%}) + (0,026 \times \text{silte, \%}) + (0,075 \times \text{areia muito fina, \%}) + (0,175 \times \text{areia fina, \%}) + (0,375 \times \text{areia média, \%}) + (0,75 \times \text{areia grossa, \%}) + (1,5 \times \text{areia muito grossa, \%})] / (\text{argila, \%} + \text{silte, \%} + \text{areia, \%})$

$X32 = \text{nova areia} \times (\text{Matéria Orgânica, \%}/100)$;

TABELA 1. Classes textural e Classes de permeabilidade do solo.

Classe textural ¹	Classe de permeabilidade ²	Permeabilidade
Muito argilosa, Argilosa e Argilo-siltosa	6	Muito lenta
Franco-argilo-siltosa e Argilo-arenosa	5	Lenta
Franco-argilo-arenosa e Franco-argilosa	4	Lenta e moderada
Franca, Franco-siltosa e Siltosa	3	Moderada
Areia-franca e Franco-arenosa	2	Moderada e rápida
Arenosa	1	Rápida

Fonte: ¹United States Department of Agriculture (1983); ²Wischmeier et al. (1971).

Para o cálculo da erodibilidade em entressulcos do modelo Wepp (K_i , kg s m⁻⁴) foram utilizadas as equações propostas por Flanagan e Livingston (1995) (Eq. 9 e 10):

$$K_i \text{ WEPP} = 2728000 + 192100 \text{ AMF}, \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (9)$$

$$K_i \text{ WEPP} = 6054000 - 55130 \text{ ARG}, \quad \text{areia} < 30\% \quad (10)$$

em que:

AMF = percentual de areia muito fina, %;

ARG = percentual de argila, %.

Para calcular a erodibilidade em sulcos (K_r , $s\ m^{-1}$) e a tensão cisalhante (T_c , $N\ m^{-2}$) do modelo Wepp foram utilizadas as equações propostas por Flanagan & Livingston (1995) (Eq. 11, 12, 13 e 14):

$$K_r\ WEPP = 0,00197 + 0,00030\ AMF + 0,03863\ e^{(-1,84\ MO)} \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (11)$$

$$T_c\ WEPP = 2,67 + 0,065\ ARG - 0,058\ AMF \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (12)$$

$$K_r\ WEPP = 0,0069 + 0,134\ e^{(-0,20*ARG)} \quad \text{areia} < 30\% \quad (13)$$

$$T_c\ WEPP = 3,5 \quad \text{areia} < 30\% \quad (14)$$

em que,

AMF = percentual de areia muito fina, %;

e = base dos logaritmos neperianos;

MO = percentual de matéria orgânica do solo, %;

ARG = percentual de argila, %;

4.7. Análises Estatísticas

Após a obtenção dos dados dos atributos químicos, físicos, distribuição das raízes e erodibilidade, foram realizadas as análises de estatística descritiva, onde foram calculados a média e o coeficiente de variação.

O coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), que classifica variáveis do solo como: CV < 12%, 12 < CV < 60%, e CV > 60% para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente.

Foram realizadas a análise de variância para verificar se existe diferença entre as áreas estudadas, para saber qual área é diferente da outra e comparar as médias dos atributos, foi realizado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Posteriormente foram realizadas as análises de correlação de Pearson e montada a matriz de correlação para as combinações, duas a duas, entre os atributos utilizando o software SPSS 21 (SPSS Inc., 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Atributos Químicos

Na Tabela 2 está apresentado o teste de média e o coeficiente de variação dos atributos químicos em todas as áreas e profundidades estudadas. Quando analisados os resultados do coeficiente de variação (CV) seguindo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os atributos apresentaram (CV) oscilando entre baixo $\leq 12\%$ e médio de 12 a 60 % para todas as camadas estudadas. Onde o pH e m% apresentaram CV baixo para todas as camadas estudadas, indicando baixa variação entre as áreas estudadas. Pode-se observar que os demais atributos químicos apresentaram médio CV para todas as camadas estudadas, evidenciando média variabilidade entre as áreas estudadas.

O teste de média na Tabela 2, indica que não houve diferença significativa para pH entre as áreas nas camadas estudadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,40-0,50 m, apresentando diferença significativa, entre cupuaçu e guaraná, nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40. Observou-se maiores valores de pH para área de cupuaçu, em torno de 4,24 e menores valores para área guaraná, em torno de 3,45. Entretanto, valores baixos de pH são comuns em solos da região sul Amazonas, como observados por Campos et al. (2012), Mantovanelli et al. (2015) e Aquino et al. (2016), aos quais encontraram valores de pH abaixo de 5,00 o que caracteriza acidez aos solos desta região. Reis et al. (2009), destaca que a principal causa dos baixos valores de pH nos solos da região amazônica é devido a elevada perda de bases trocáveis e consequente, concentração de íons H^+ ao solo, provocada pelo processo de intemperismo influenciado pelas altas temperaturas e longos períodos de precipitação.

Quando analisado o atributo $H^+ + Al^{3+}$ foi possível observar que o mesmo não apresentou diferença significativa entre as áreas estudadas, em todas as camadas avaliadas (Tabela 2). Quanto mais elevada a acidez potencial, maior será a quantidade de íons H^+ e Al^{3+} que poderão vir para a solução, isto se correlaciona, com o baixo valor de pH na camada superficial, resultados que não corrobora com resultados obtidos por Souza et al. (2012), quando avaliou o efeito do gesso nas propriedades químicas do solo.

TABELA 2. Média e Coeficiente de Variação (CV%) dos atributos químicos em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.

ÁREAS	pH	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V	m	P _R
	H ₂ O	cmol _c Kg ⁻¹										mg Kg ⁻¹
Camada 0,00 - 0,10 m												
Floresta	3,74 a	12,33 a	4,28 a	0,14 a	0,52 c	0,41 a	1,07 b	5,34 a	13,40 a	7,94 b	79,46 a	5,28 a
Cupuaçu	3,86 a	13,86 a	5,40 a	0,08 b	1,28 a	0,19 b	1,55 a	6,95 a	15,41 a	10,21 ab	77,28 a	1,98 b
Guaraná	3,45 a	12,83 a	4,85 a	0,14 ab	1,00 b	0,13 b	1,27 ab	6,12 a	14,10 a	9,13 ab	79,06 a	4,75 a
Urucum	3,64 a	11,55 a	3,85 a	0,16 a	1,02 b	0,36 a	1,47 a	5,32 a	13,02 a	11,45 a	72,24 a	2,37 b
CV	6,72	15,03	21,78	30,81	31,53	49,04	17,11	17,85	14,22	18,32	5,73	46,67
Camada 0,10 - 0,20 m												
Floresta	3,88 a	8,33 a	3,58 b	0,07 a	0,39 c	0,31 a	0,77 c	4,34 b	9,10 a	8,50 b	82,30 a	2,73 a
Cupuaçu	3,99 a	11,10 a	4,35 ab	0,05 a	1,32 a	0,19 a	1,57 a	5,92 a	12,66 a	13,02 a	73,45 c	2,24 a
Guaraná	3,53 a	10,31 a	4,95 a	0,06 a	1,12 b	0,19 a	1,37 b	6,32 a	11,68 a	11,81 ab	78,28 b	4,09 a
Urucum	3,69 a	8,33 a	4,43 ab	0,08 a	1,20 ab	0,22 a	1,50 ab	5,92 a	9,83 a	15,24 a	74,63 bc	2,03 a
CV	6,93	22,61	18,81	47,08	34,59	43,2	21,45	16,89	21,05	25,65	5,33	48,28
Camada 0,20 - 0,30 m												
Floresta	3,87 ab	8,29 a	3,95 a	0,06 ab	0,45 b	0,18 a	0,69 b	4,64 a	8,98 a	7,66 b	84,71 a	2,66 a
Cupuaçu	4,22 a	8,37 a	4,50 a	0,04 b	1,38 a	0,23 a	1,65 a	6,15 a	10,02 a	16,63 a	72,79 b	2,18 a
Guaraná	3,63 b	8,95 a	4,45 a	0,05 ab	1,36 a	0,21 a	1,63 a	6,08 a	10,58 a	15,57 a	73,12 b	2,20 a
Urucum	3,92 ab	8,33 a	3,95 a	0,07 a	1,28 a	0,21 a	1,57 a	5,52 a	9,90 a	15,92 a	71,12 b	1,82 a
CV	7,3	23,97	18,55	51,15	35,58	39,53	24,94	16,75	21,85	29,98	6,64	48,44
Camada 0,30 - 0,40 m												
Floresta	4,05 ab	8,21 a	3,73 a	0,06 a	0,60 b	0,22 a	0,88 a	4,61 a	9,09 a	9,68 a	80,79 a	2,06 a
Cupuaçu	4,24 a	7,59 a	3,93 a	0,04 a	0,90 a	0,18 a	1,12 a	5,04 a	8,71 a	12,38 a	79,04 a	2,08 a
Guaraná	3,86 b	8,09 a	4,10 a	0,05 a	1,20 a	0,24 a	1,50 a	5,60 a	9,58 a	15,61 a	72,95 a	2,12 a
Urucum	4,01 ab	7,84 a	3,90 a	0,07 a	1,14 a	0,20 a	1,41 a	5,31 a	9,25 a	15,34 a	73,30 a	1,95 a
CV	7,31	24,6	18,23	53,24	36,21	37,37	26,77	17,01	22,54	29,58	6,86	47,13
Camada 0,40 - 0,50 m												
Floresta	4,26 a	6,60 a	3,68 a	0,07 ab	0,57 b	0,24 a	0,88 b	4,55 a	7,48 b	11,63 ab	80,72 ab	2,14 a
Cupuaçu	4,21 a	7,63 a	3,65 a	0,04 b	0,40 b	0,11 a	0,55 b	6,43 a	8,18 ab	6,88 b	90,25 a	2,06 a
Guaraná	4,09 a	8,50 a	3,95 a	0,07 ab	1,32 a	0,22 a	1,61 a	5,56 a	10,11 a	16,07 a	71,03 b	2,64 a
Urucum	4,12 a	7,96 a	4,00 a	0,08 a	1,35 a	0,16 a	1,59 a	5,59 a	9,55 a	16,71 a	71,12 b	2,66 a
CV	7,55	25,00	23,07	51,69	39,17	40,59	30,41	19,29	23,16	31,22	8,15	45,11

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey p < 0,05).

O Al^{3+} apresentou diferença significativa apenas na camada de 0,10-0,20 m, sendo observado diferença entre as áreas de floresta e guaraná, apresentando, respectivamente, os valores 3,58 e 4,95 $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ (Tabela 2). Sobral et al. (2015), afirmam que a presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos, como a mineralização da matéria orgânica. Os teores de Al^{3+} nas camadas avaliadas, bem como, a $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ foram compatíveis com os baixos valores de pH (Tabela 2) constatados nesse ambiente. Este comportamento do Al trocável pode ser um indicador do efeito do baixo aporte e produção de compostos orgânicos nesse respectivo ambiente, que não apresenta capacidade de complexação do Al^{3+} , o que também foi constatado por (CIOTTA et al. 2002; MOLINE & COUTINHO 2015; MANTOVANELLI et al. 2016).

O K^+ não apresentou diferença significativa para os cultivos estudados, nas camadas de 0,10-0,20 e 0,30-0,40 m, sendo evidenciada diferença significativa nas demais camadas, observando-se os maiores valores para o cultivo de urucum (0,16 $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$) e os menores valores para o cultivo de cupuaçu e guaraná (0,04 e 0,05 $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$) (Tabela 2 e Figura 2). Baixos teores de K^+ encontrados nos solos estudados, podem estar associado à fácil lixiviação deste elemento pela água da chuva (SILVA et al., 2011), e também ao tempo de uso. Martins et al. (2015) observaram que, em geral, os teores de K^+ tendem a decrescer com o tempo de uso do solo, para atividades agrícolas, dessa forma, se faz necessária a reposição deste nutriente, devido ter elevada exportação pelas culturas. Observações essas comprovadas pelo fato do plantio de cupuaçu e guaraná terem 7 anos, e o urucum apenas 3 anos.

O Ca^{2+} apresentou diferença significativa para as áreas estudadas, em todas as camadas, sendo observado os maiores valores na área de cupuaçu chegando até 1,38 $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$, na camada de 0,20-0,30 cm e diminuindo nas demais camadas. Os menores valores foram observados na área de florestas, para todas camadas estudadas chegando até 0,39 $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ (Tabela 2). Isso se deve, principalmente, ao processo de limpeza da área, onde foi utilizado o fogo disponibilizando ao solo o Ca^{2+} , que estava na estrutura da vegetação. Esses valores corroboram com Carneiro et al. (2009) que encontraram maiores teores Ca^{2+} , Mg^{2+} e P, em áreas manejadas.

Avaliando-se os teores de Mg^{2+} , observa-se diferença significativa apenas na camada de 0,00-0,10 m para as áreas estudadas, onde foi observado maior valor para área de floresta e o menor nas áreas cultivadas (Tabela 2). Jakelaitis et al. (2008) relatam a diminuição de Ca^{2+} e Mg^{2+} , em decorrência da retirada da mata original para cultivo, justificado pelo mal manejo do solo, e da remoção contínua das plantas, entre outros fatores.

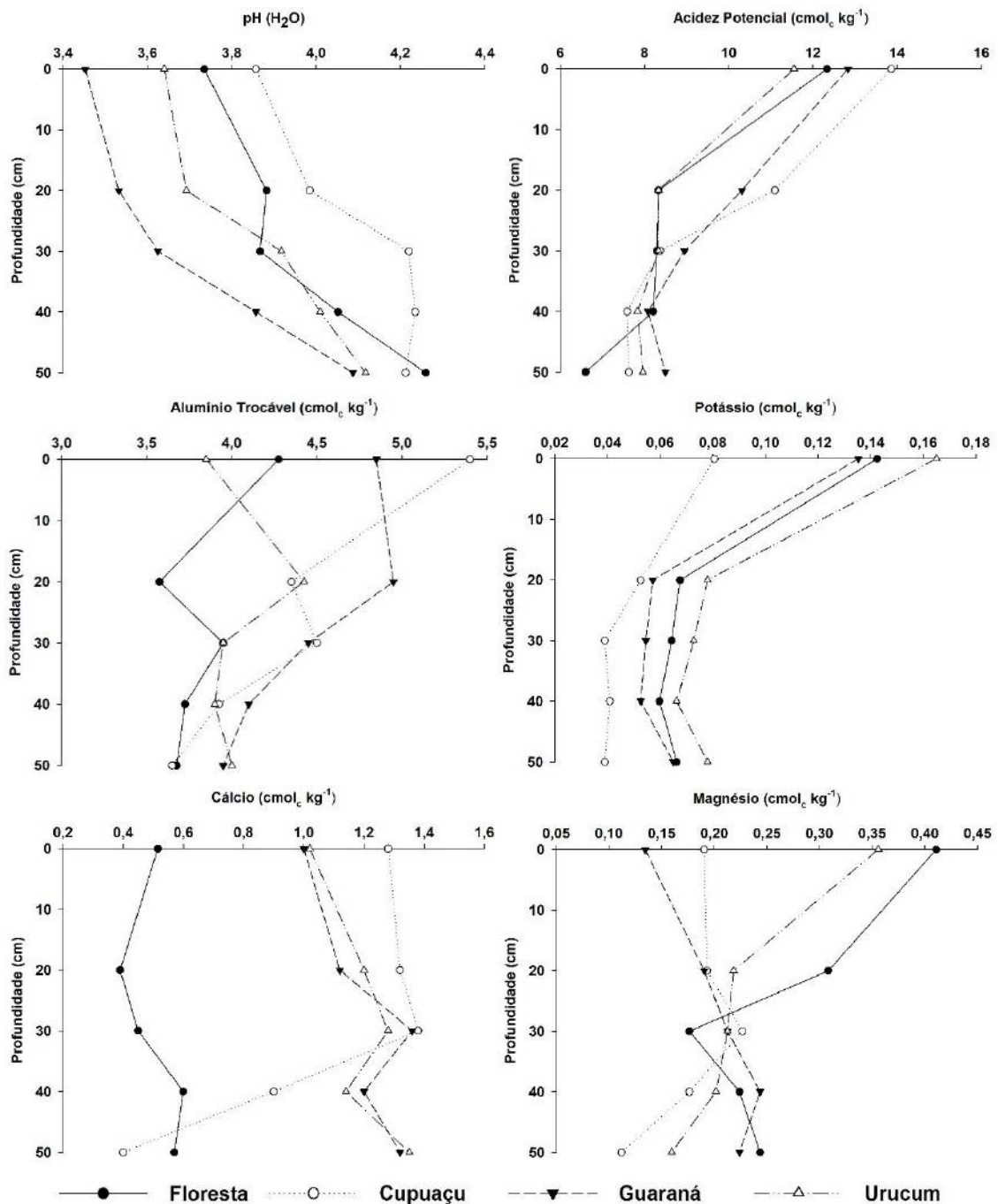


FIGURA 2. Valores médios dos atributos químicos do solo pH, $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

A SB não apresentou diferença significativa na camada de 0,30-0,40 m, sendo evidenciado diferença significativa nas demais camadas, sendo observados maiores valores nas áreas cultivadas e o menor valor na área de floresta (Tabela 2). É importante ressaltar que a SB reflete a quantidade de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} que está presente no solo, elementos esses essenciais para o desenvolvimento das culturas.

O atributo t evidenciou apenas diferença significativa na camada de 0,10-0,20 m, para as áreas estudadas, sendo encontrado menores, valores para área de floresta e maiores para as áreas de cultivo. O atributo T, apresentou diferença significativa para as áreas estudadas apenas na camada de 0,40-0,50 m, sendo encontrado os maiores valores na área de guaraná e menores valores na área de floresta (Tabela 2). Segundo Ronquin (2010), se a CTC tanto t quanto T do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , pode-se considerar um solo bom para a nutrição das plantas. Em compensação, se grande parte da CTC estiver ocupada por cátions potencialmente tóxicos, como H^{+} e Al^{3+} , este será um solo pobre (PEREIRA & THOMAZ, 2015). Portanto, a CTC é uma característica química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo (MARTINS et al., 2015).

A saturação por bases apresentou diferença significativa, para as áreas em todas as camadas, exceto para camada de 0,30-0,40 m, onde foram observados maiores valores nas áreas de cultivo em relação a área de floresta (Tabela 2). Com isso, todos ambientes apresentaram caráter distrófico ($V\% < 50\%$). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2012), em solos de uma topossequência, no município de Humaitá-AM. A saturação por bases é um atributo importante, quando se deseja verificar a qualidade química do solo, uma vez que, segundo Matiello et al. (2010), a fertilidade do solo é expressa pela $V\%$.

Para $m\%$ foi observado diferença significativa para as áreas estudadas nas camadas de 0,10-0,20; 0,20-0,30; e 0,40-0,50 m, evidenciando os maiores valores para a área de floresta, exceto para camada de 0,40-0,50 m, sendo apresentado o maior valor para cultivo de cupuaçu (Tabela 2). Moreira & Fageria (2009) relataram que os solos do estado do Amazonas apresentam, em média, 76% de saturação por alumínio alta ou muito alta, sendo atribuído tal fato, ao avançado estágio de intemperismo dos solos desta região.

P apresentou diferença estatística para as áreas estudadas apenas na camada de 0,00-0,10 m sendo os maiores valores encontrados na área de floresta seguida pela área de guaraná (Tabela 2). Na maioria dos solos da região amazônica, exceto áreas de terra preta de índio, os teores de P geralmente são muito baixos, como mostra os estudos de Campos et al. (2010) e Campos et al. (2012). Entretanto, em seu estudo Oliveira et al. (2015) encontraram valores de P elevados para os padrões amazônicos, em áreas de floresta ($6,09 \text{ mg dm}^{-3}$) e agrofloresta ($8,19 \text{ mg dm}^{-3}$).

Segundo a classificação de Ribeiro et al, (1999), pode-se aferir, de maneira geral, que as áreas apresentam o pH em água, com acidez muito elevada, Al^{3+} , $\text{H}^+\text{+Al}^{3+}$ e m% muito alta, sendo eles parâmetros importantes a serem avaliados, pois além de causar toxicidade as plantas e dificultar o desenvolvimento do sistema radicular, relacionam-se com a disponibilidade de cálcio, magnésio, manganês e de outros micronutrientes. Pode-se afirmar, que o solo possui baixo nível de fertilidade, uma vez que, os parâmetros estão entre as classes de muito baixo para P e V%, baixo para Mg^{2+} e SB, médio para Ca^{2+} , bom para t e T, e baixa para teores de K^+ .

O pH aumentou em profundidade para todas as áreas estudadas (Figura 2). Podemos atribuir o menor valor de pH na profundidade de 0,00-0,10 m devido a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos, como H_2SO_4 e HNO_3 , decomposição da matéria orgânica (GALDOS et al. 2004). Também foi observado significativa redução, em profundidade, para os atributos $\text{H}^+\text{+Al}^{3+}$ e Al^{3+} , o que se deve, dessa redução, devido ao aumento do pH, que influencia na disponibilidade desses elementos. A redução do K^+ é provavelmente devido sua afinidade de ligar-se com H_2O e ser lixiviado. O Ca^{2+} e Mg^{2+} , não variaram muito em profundidade, ocorrendo um pequeno decréscimo. Dados esses que corroboraram com estudos realizados por Moline & Coutinho (2015), que observaram decréscimo em profundidade para K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , avaliando sucessão de mata nativa em ambientes de cultivo.

Os valores de t e T diminuem em profundidade, enquanto a SB e V% aumentam (Figura3). Esses parâmetros estão relacionados com K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , sendo bastante influenciados pelos teores dos mesmos, com exceção do t e T, que é mais influenciado pelo Al^{3+} e $\text{H}^+\text{+Al}^{3+}$, respectivamente, sendo que estes diminuíram em profundidade que, conseqüentemente, proporcionou decréscimo

do t e T. A m% variou pouco em profundidade sendo observado um aumento significativo na área de cupuaçu a partir dos 0,30 m.

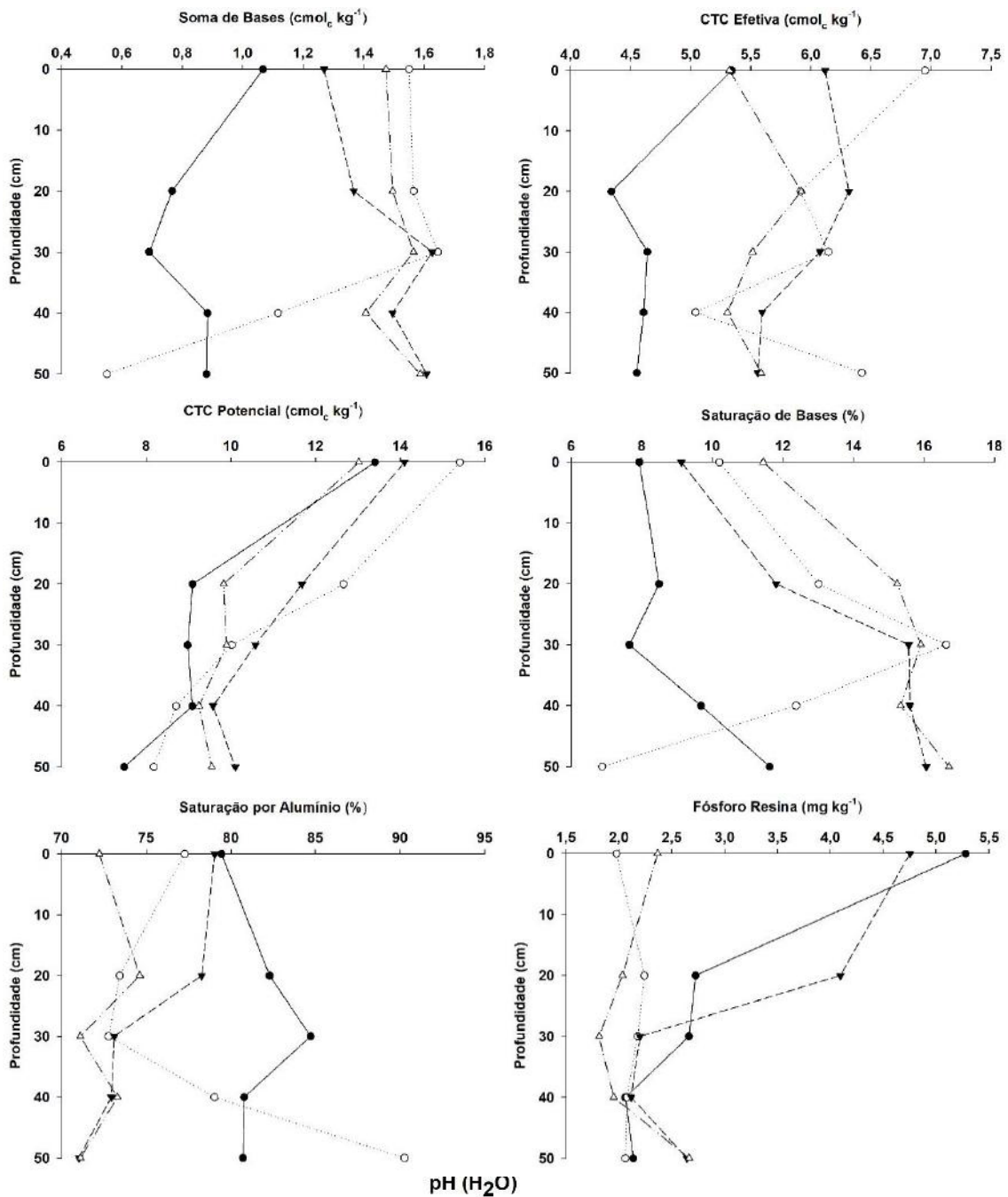


FIGURA 3. Valores médios dos atributos químicos do solo SB, t, T, V%, m% e PR em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

O P apresentou os maiores teores, nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m principalmente para as áreas de floresta e guaraná, sendo observado pouca variação nas profundidades abaixo de 0,20 m (Figura 3). O que pode ser explicado a maior disponibilidade de P nas camadas superficiais, devido à decomposição da MO, que forma compostos orgânicos complexos, o

Fe^{2+} e Al^{3+} , evitando a formação de compostos insolúveis de P, além de compostos insolúveis capazes de dissolver compostos de P encontrados em formas insolúveis na solução do solo (Pereira et al., 2000). E também a pouca disponibilidade nas profundidades abaixo de 0,20 m, devido à baixa mobilidade que esse elemento possui no solo.

5.2. Agregados, MO, CO e Est. C

Na Tabela 3 está apresentando o teste de média e o coeficiente de variação dos agregados, MO, CO e Est. C em todas as áreas e profundidades estudadas. Quando analisados os resultados do coeficiente de variação (CV) seguindo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os atributos apresentaram (CV) oscilando entre baixo $\leq 12\%$, médio de 12 a 60 % e alto $> 60\%$ para todas as camadas estudadas. Onde a classe de agregados > 2 mm nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, o IEA em todas as camadas e DMP nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,20-0,30 m apresentaram CV baixo indicando baixa variação entre as áreas estudadas. Podemos observar que os atributos classes de agregados > 2 mm nas camadas de 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m, 1 – 2 mm nas camadas de 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m, DMP nas camadas de 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m, e 1 mm, DMG, CO, MO, e Est. C em todas as camadas apresentaram médio CV. Observa-se que as classes de agregados de 1 – 2 mm nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,20-0,30 m apresentaram CV alto caracterizando elevada variabilidade desse atributo.

Para as classes de agregados > 2 mm, 1 – 2 mm e < 1 mm, não foram evidenciadas diferenças significativas, entre as áreas estudadas, para camada de 0,00-0,10 cm e na camada de 0,20-0,30 m para classe < 1 mm, no entanto, houve diferença significativa entre as áreas estudadas nas demais camadas (Tabela 3). A área de floresta apresentou os maiores valores de Agregado na classe > 2 mm, em relação as áreas de cultivo nas diferentes camadas estudadas. De acordo com Soares et al. (2016), 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. Em contrapartida foram observados os menores valores de agregados na classe 1 - 2 mm para floresta, em todas as camadas estudadas e os maiores observados na área de cupuaçu, nas ultimas camadas. Para Fabrizzi et al. (2009), a predominância de macro e mesoagregados é uma característica de solos tropicais e evidencia a elevada influência das interações eletrostáticas dos óxidos e minerais de argila do tipo 1:1, no processo de agregação.

Os atributos IEA, DMG e DMP não tiveram diferença estatística para as áreas, em todas as camadas estudadas, apenas houve diferença para DMP na camada de 0,30-0,40 m, onde foram observados maiores valores de DMP na área de floresta em relação aos ambientes cultivados (Tabela 3). Que ser explicado pelo menor percentagem de DMP para as áreas cultivadas, em virtude da utilização do fogo para limpeza da área, tendo em vista que queimas anuais, que ocorrem nas áreas de campos naturais, no período de estiagem, causam diminuição no DMP (ALHO et al., 2014). Apesar de não haver diferença significativa entre as áreas, o solo apresentou valores de IEA indicativos de boa estruturação, variando de 77,20 a 93,63 %, entre todas as camadas estudadas, sendo estes valores superiores ao encontrado por Tavares Filho et al. (2012), que estudaram os atributos do solo determinantes para estimativa do IEA.

O DMG apresentou valores inferiores ao de Coutinho et al. (2010), para todas as áreas em todas as camadas estudadas. Tais diferenças em relação ao trabalho de Coutinho et al. (2010), pode estar relacionada ao sistema radicular das culturas, uma vez que as culturas estudada apresentam sistema radicular pivotante, enquanto a estudada por Coutinho et al. (2010) apresenta sistema radicular fasciculado, que é mais agressivo e cobre mais áreas, agregando mais o solo.

Para os atributos CO, MO e Est. C foram evidenciadas diferença significativa, entre as áreas estudadas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,30-0,40 m, sendo encontrado os maiores valores para floresta, na camada de 0,00-0,10 m e os menores valores para o cultivo de urucum (Tabela 3). Esse menor valor de CO, MO e Est. C, para o urucum ocorre devido ao tempo de cultivo, sendo que este possui o menor tempo 3 anos respectivamente, quando comparado as áreas de cupuaçu e guaraná, onde ambas possuem 7 anos de cultivo. De acordo com Carvalho et al. (2010), avaliando, a conversão de áreas

nativa, em pastagens com manejo adequado, têm demonstrado um aumento no teor de CO, MO e Est. C, no solo, em função do tempo de implantação das forrageiras e do manejo adotado na região amazônica. O maior teor de CO, MO e Est. C na área de floresta, corresponde a biomassa da vegetação, conforme destaca Araújo et al. (2011) e Loss et al. (2015). Entretanto os menores valores encontrados, nas áreas cultivadas estão relacionados a retirada da mata, que propicia condições de temperaturas elevadas, altos índices pluviométricos, e a intensa atividade microbiana que propiciam a rápida decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo (SILVA & MACHADO, 2000).

TABELA 3. Média e Coeficiente de Variação (CV%) dos agregados do solo e CO, MO e Est. C, em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.

ÁREAS	Classes (%)			IEA	DMG	DMP	CO	MO	Est. C
	> 2 mm	1 - 2 mm	< 1 mm						
Camada 0,00 - 0,10 m									
Floresta	94,64 a	0,50 a	4,87 a	93,63 a	2,64 a	3,09 a	23,91 a	41,22 a	25,67 a
Cupuaçu	92,79 a	1,07 a	6,13 a	92,49 a	2,64 a	3,14 a	20,56 ab	32,95 ab	18,43 ab
Guaraná	91,57 a	1,10 a	7,32 a	88,63 a	2,32 a	2,95 a	17,96 ab	30,19 ab	22,76 ab
Urucum	89,43 a	1,37 a	9,20 a	86,57 a	2,41 a	3,04 a	15,26 b	26,31 b	17,72 b
CV	4,22	73,52	47,62	5,92	14,40	6,32	23,80	22,01	25,90
Camada 0,10 - 0,20 m									
Floresta	84,24 ab	2,54 b	13,22 a	87,96 a	2,36 a	2,95 a	13,18 ab	22,73 ab	14,94 ab
Cupuaçu	90,90 a	3,02 ab	6,07 b	92,89 a	2,56 a	3,03 a	15,13 a	26,12 a	17,86 a
Guaraná	77,00 b	7,36 a	15,64 a	87,61 a	2,04 a	2,72 a	11,74 ab	20,23 ab	14,30 ab
Urucum	83,15 ab	3,64 ab	13,21 a	88,52 a	2,26 a	2,91 a	9,78 b	16,86 b	12,14 b
CV	7,36	67,76	35,40	6,36	16,86	7,84	32,73	30,96	30,12
Camada 0,20 - 0,30 m									
Floresta	82,84 a	3,44 b	13,72 a	90,51 a	2,30 a	2,93 a	9,96 a	17,16 a	11,07 a
Cupuaçu	65,33 b	13,58 a	21,09 a	89,39 a	1,89 a	2,55 a	10,29 a	15,47 a	11,14 a
Guaraná	65,92 b	12,36 a	21,72 a	86,49 a	1,79 a	2,45 a	10,07 a	17,37 a	12,58 a
Urucum	79,20 ab	6,04 ab	14,76 a	89,00 a	2,06 a	2,69 a	7,61 a	13,13 a	9,80 a
CV	13,68	61,49	29,25	5,49	18,4	10,12	38,64	37,98	35,68
Camada 0,30 - 0,40 m									
Floresta	74,26 a	6,56 c	19,18 c	83,94 a	1,73 a	2,58 a	9,10 a	15,68 a	11,32 a
Cupuaçu	33,90 c	22,84 a	43,26 a	82,05 a	0,98 a	1,46 b	7,38 ab	12,77 ab	10,30 ab
Guaraná	59,56 b	13,82 b	26,62 b	85,84 a	1,61 a	2,22 a	9,67 a	16,39 a	12,49 a
Urucum	59,57 b	11,63 bc	28,80 b	77,20 a	1,24 a	1,96 ab	6,07 b	10,47 b	8,20 b
CV	26,90	47,93	32,19	7,44	27,99	19,03	42,98	42,1	37,52
Camada 0,40 - 0,50 m									
Floresta	43,06 b	13,20 b	43,75 a	81,67 a	1,15 a	1,79 a	7,10 a	12,24 a	9,68 a
Cupuaçu	50,42 ab	19,78 a	29,79 b	86,10 a	1,34 a	1,95 a	7,59 a	13,08 a	10,80 a
Guaraná	32,36 c	17,93 ab	49,71 a	78,30 a	1,00 a	1,57 a	5,78 a	9,96 a	8,45 a
Urucum	57,53 a	13,03 b	29,44 b	82,65 a	1,42 a	2,01 a	6,62 a	11,42 a	9,27 a
CV	22,58	24,83	26,38	8,21	33,48	23,78	47,19	46,16	39,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey $p < 0,05$).

Na Figura 4 está apresentando os parâmetros de agregados do solo em profundidade em diferentes áreas. Pode-se observar que a classe de agregados > 2 mm, IEA, DMG e DMP estão decrescendo em profundidade. Este fator pode estar relacionado com o CO, MO e Est. C, que estão decrescendo em

profundidade (Figura 5), essas observações corroboram com Vasconcelos et al., (2010), que relacionaram o processo de agregação do solo, ao teor de MO e com Wendling et al. (2012) e Alho et al. (2014), que observaram decréscimo da agregação do solo, com o aumento da profundidade, em solo sob mata nativa.

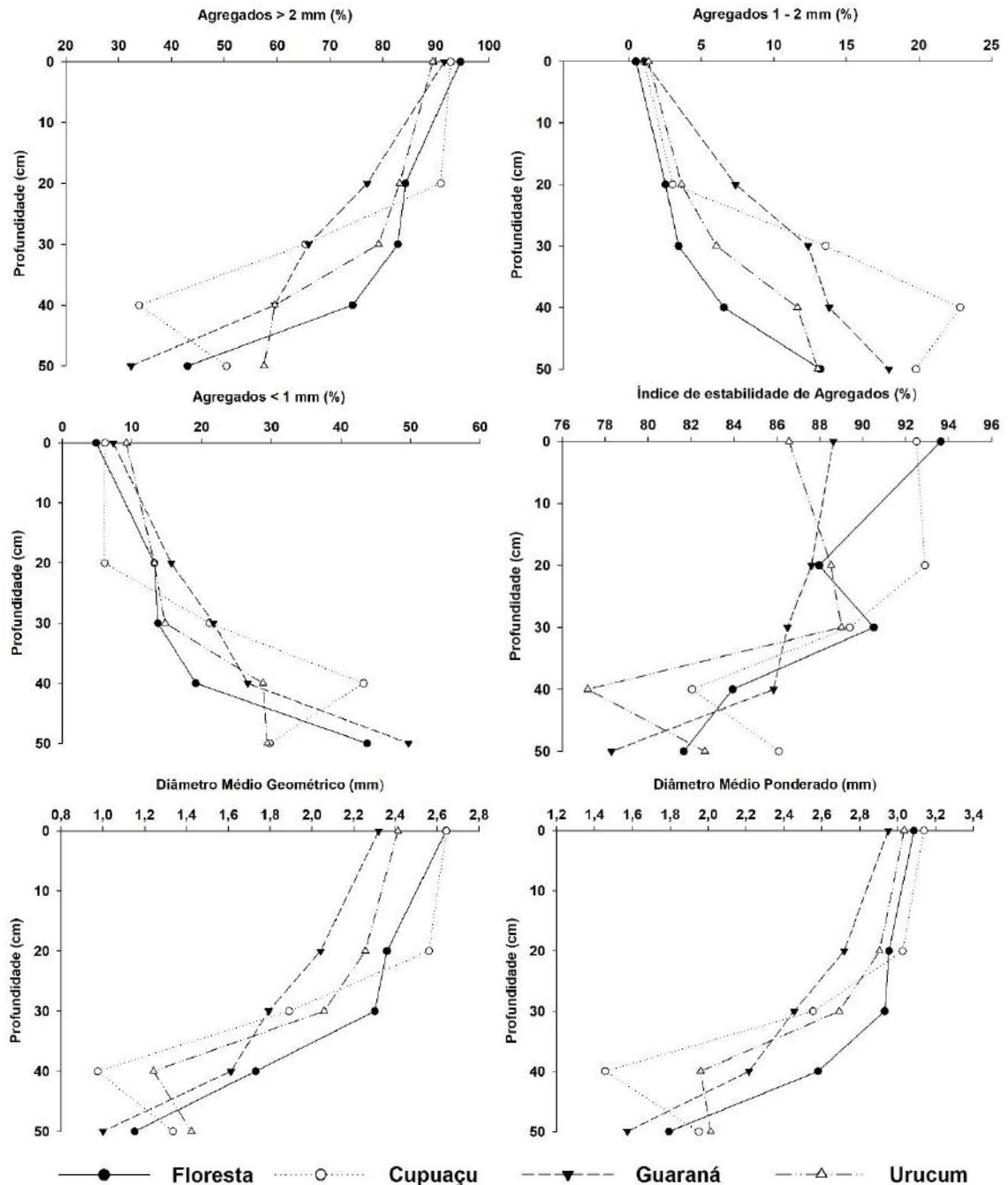


FIGURA 4. Valores médios dos agregados do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

Para classes de agregados 1-2 mm e < 1 mm foram constatado aumento de acordo com a profundidade (Figura 4), isso deve principalmente ao

decréscimo do CO, MO e Est. C em profundidade (Figura 5), que influenciaram na agregação do solo, agindo como agentes cimentantes, das partículas do solo.

Observa-se o decréscimo em profundidade dos atributos CO, MO e Est. C (Figura 5), fato este também observado por Bezerra et al. (2013) e Mantovanelli et al. (2015), onde atribuem este padrão, em função da maior deposição de matéria orgânica em superfície, que é intensificada devido ao aporte de resíduos vegetais mais lignificados. Vale ressaltar que a área de floresta apresenta maior teor de CO, MO e Est. C até a profundidade de 0,20 m, no entanto na profundidade abaixo de 0,20 m, esses atributos ficam praticamente iguais, que pode ser demonstrado pela conversão de floresta em ambientes agrícolas influenciar até a profundidade de 20 cm.

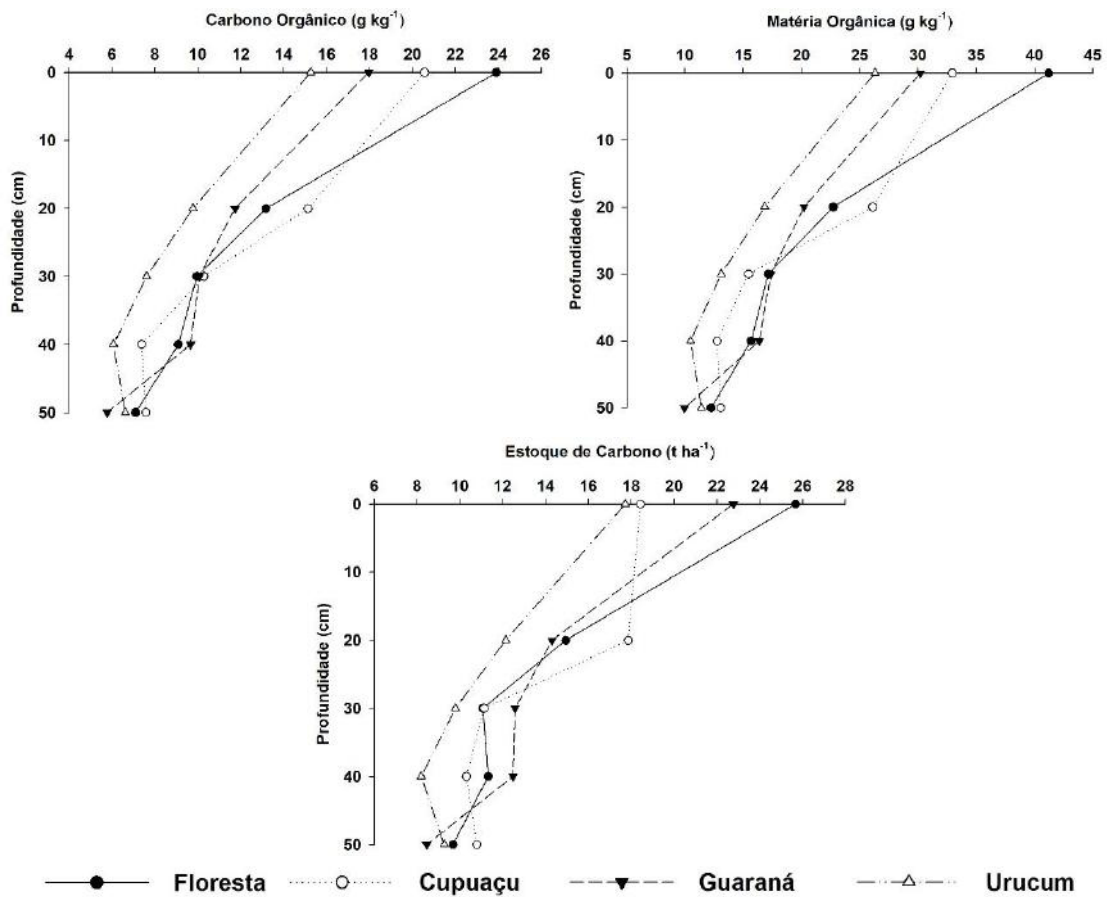


FIGURA 5. Valores médios do CO, MO e Est. C em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

5.3. Textura do solo

Na Tabela 4 está apresentando o teste de média e o coeficiente de variação dos parâmetros de textura do solo, em todas as áreas e profundidades estudadas. Quando analisados os resultados do coeficiente de variação (CV)

seguinto a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os atributos apresentaram (CV), oscilando entre baixo $\leq 12\%$ e médio de 12 a 60 % para todas as camadas estudadas. Onde, a areia na camada de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; e 0,30-0,40 m, e o G_{FLO} , em todas as camadas estudadas apresentaram CV baixo, indicando baixa variação entre as áreas estudadas. Os demais atributos em todas as camadas estudadas apresentaram CV médio.

Observou-se predominância da fração areia, em todas as áreas estudadas. O grupamento textural do solo caracteriza-se como textura média, para todas as áreas nas camadas 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, para as áreas de floresta, cupuaçu e guaraná, na camada de 0,20-0,30 m e para floresta na camada de 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m. Também foram observadas textura argilosa para a área de urucum, na camada de 0,20-0,30 m e para as áreas de cupuaçu, guaraná e floresta, nas camadas de 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m (Tabela 4). De acordo Machado et al., (2011), solos arenosos adsorvem menos os nutrientes, do que solos de textura média e argilosa, entretanto o solo de textura arenosa é mais suscetível a lixiviação de nutrientes.

De acordo com a Tabela 4 observa-se que houve diferença significativa para areia, entre as áreas estudadas apenas para camada de 0,40-0,50 m, evidenciando maiores valores para área de floresta ($489,61 \text{ g kg}^{-1}$) e os menores valores para área de cupuaçu ($349,37 \text{ g kg}^{-1}$). Para o silte houve diferença significativa entre as áreas, em todas as camadas estudadas, exceto na camada de 0,10-0,20 m, sendo evidenciado maiores teores de silte, para floresta nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Para argila houve diferença significativa entre as áreas nas camadas de 0,00-0,10 e 0,30-0,40 m, sendo evidenciado menores valores, para a área de floresta, em relação aos ambientes estudados. Valores estes que foram superiores para a areia e inferior para o silte e argila, quando comparados aos resultados encontrados por Soares et al. (2016) e Campos et al. (2016), ao estudarem os atributos físicos do solo, em áreas sob diferentes usos, no sul do Amazonas.

Em relação ao G_{FLO} e G_{DIS} houve diferença significativa entre as áreas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,40-0,50 m, sendo encontrado os maiores valores de G_{FLO} para área de floresta, em relação as áreas cultivadas. Entretanto na camada de 0,40-0,50 m, o cultivo de urucum apresentou o maior

valor, em decorrência disso observa-se nessas mesmas áreas, nas mesmas camadas menores valores de G_{DIS} (Tabela 4). Devido ter efeito antagonista sobre o outro, onde G_{FLO} indica, a percentagem de argila, que fica preza nas partículas do solo, enquanto G_{DIS} indica a percentagem de argila que fica dispersa na água. Esses dados corroboram com Lima et al. (2013 a), que observaram maiores valores de G_{FLO} em área de vegetação natural, contribuindo para uma maior agregação do solo. O G_{FLO} pode sofrer interferência de outros fatores, como a maior ou menor atividade microbiana, decorrente dos níveis de acidez do solo (PRADO & NATALE, 2003).

TABELA 4. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da textura do solo em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.

ÁREAS	----- g Kg ⁻¹ -----			G_{FLO}	G_{DIS}
	Areia	Silte	Argila	----- % -----	
Camada 0,00 - 0,10 m					
Floresta	491,92 a	265,29 ab	242,79 b	93,73 a	6,27 b
Cupuaçu	432,94 a	286,77 a	280,29 ab	83,32 b	16,68 a
Guaraná	468,17 a	276,39 ab	255,44 ab	82,88 b	17,12 a
Urucum	493,09 a	185,98 b	320,93 a	83,38 b	16,62 a
CV (%)	10,31	22,83	16,24	5,87	35,53
Camada 0,10 - 0,20 m					
Floresta	517,04 a	252,85 a	230,12 a	74,05 a	25,95 a
Cupuaçu	440,10 a	267,56 a	292,34 a	80,31 a	19,69 a
Guaraná	464,24 a	227,54 a	308,22 a	80,20 a	19,80 a
Urucum	419,89 a	263,22 a	316,90 a	79,69 a	20,31 a
CV (%)	11,66	21,7	18,25	7,47	34,49
Camada 0,20 - 0,30 m					
Floresta	411,79 a	348,14 a	240,07 a	79,04 a	20,96 b
Cupuaçu	467,79 a	210,16 b	322,04 a	67,76 b	32,24 a
Guaraná	492,14 a	192,62 b	315,25 a	70,10 ab	29,90 ab
Urucum	461,20 a	188,19 b	350,61 a	67,51 b	32,49 a
CV (%)	11,46	26,29	19,56	10,37	37,87
Camada 0,30 - 0,40 m					
Floresta	479,03 a	302,45 a	218,52 b	75,97 a	24,03 a
Cupuaçu	425,72 a	182,38 b	391,89 a	67,48 a	32,52 a
Guaraná	459,63 a	182,75 b	357,62 a	72,48 a	27,52 a
Urucum	439,00 a	179,79 b	381,21 a	70,78 a	29,22 a
CV (%)	11,79	28,75	22,26	10,59	35,05
Camada 0,40 - 0,50 m					
Floresta	489,61 a	183,57 ab	326,82 a	76,00 ab	24,00 ab
Cupuaçu	349,37 b	266,84 a	383,79 a	67,65 b	32,35 a
Guaraná	451,38 a	138,29 b	410,33 a	69,49 b	30,51 a
Urucum	459,80 a	116,12 b	424,08 a	83,45 a	16,55 b
CV (%)	12,38	32,24	23,36	10,60	34,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey $p < 0,05$).

Na Figura 6 está apresentando os parâmetros de textura do solo, em diferentes profundidades para as diferentes áreas. Observa-se que areia está constante, em todas as camadas para todas as áreas estudadas, apresentando valores elevados em relação ao silte e argila. A argila e o G_{DIS} aumentaram em profundidade, enquanto o silte e o G_{FLO} estão decrescendo. Este fator pode estar

relacionado com decréscimo da matéria orgânica, em profundidade, que proporciona diminuição da atividade microbiana, segundo Prado & Natale, (2003), a atividade microbiana é um dos fatores que influenciam num maior G_{FLO} da argila do solo.

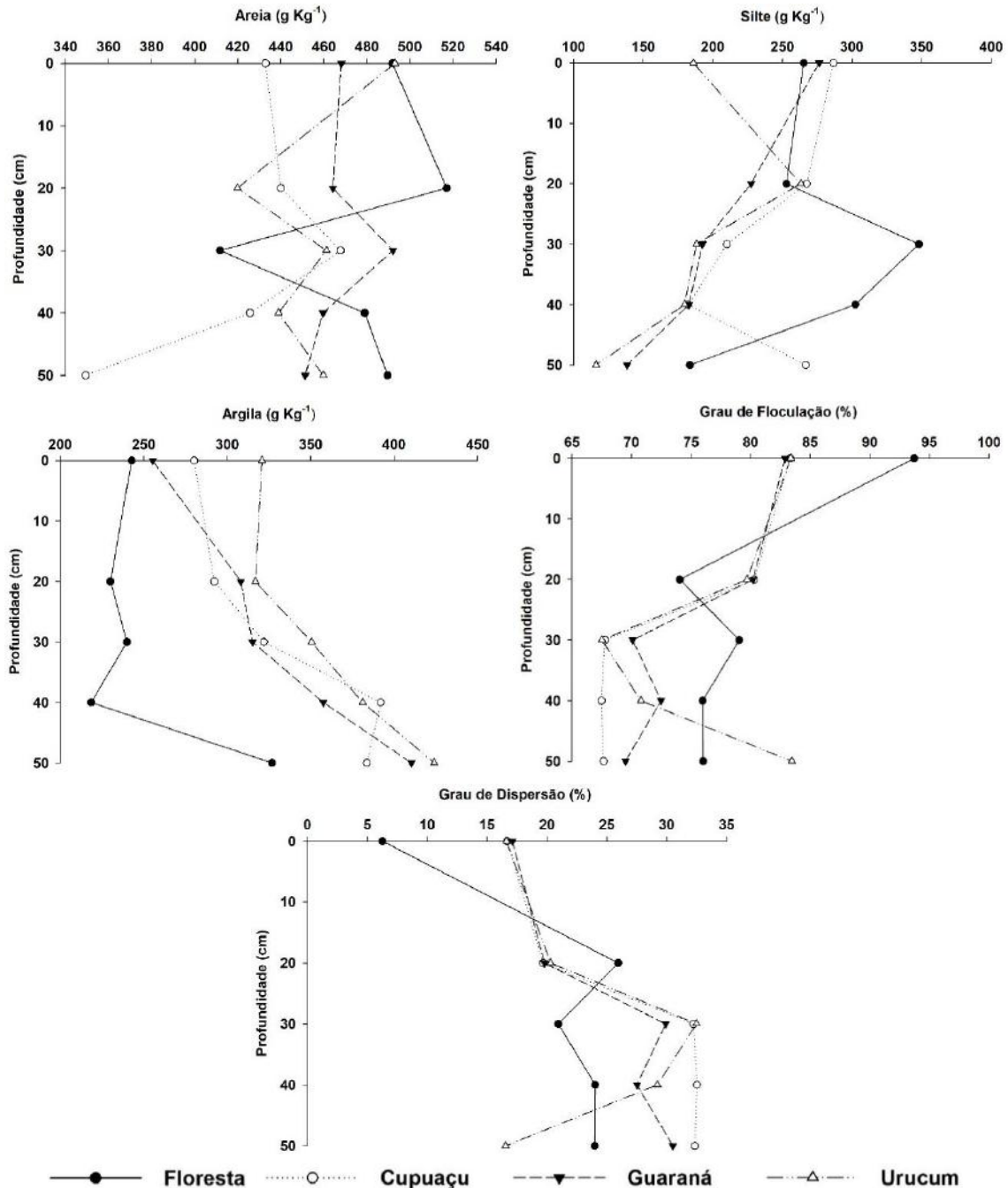


FIGURA 6. Valores médios da textura do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

5.4. Porosidade, Compactação e Distribuição do Sistema Radicular

Na Tabela 5 está apresentando, o teste de média e o coeficiente de variação dos parâmetros de porosidade, compactação e distribuição do sistema

radicular, em todas as áreas e profundidades estudadas. Quando analisados os resultados do coeficiente de variação (CV), seguindo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os atributos apresentaram (CV) oscilando entre baixo $\leq 12\%$, médio de 12 a 60% e alto $> 60\%$ para todas as camadas estudadas. Onde, a DS na camada de 0,10-0,20; 0,20-0,30; e 0,30-0,40 m, PT, MiP e UV, em todas as camadas apresentaram CV baixo, indicando baixa variação entre as áreas estudadas. A RSP e MaP em todas as camadas estudadas, a DS nas camadas de 0,00-0,10 e 0,40-0,50 m, e a DR nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m apresentaram CV médio. A MSR em todas as camadas e a DR nas camadas de 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 apresentaram CV com classificação alta, indicando elevada variação nas camadas entre as áreas estudadas.

Para RSP nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, houve diferença significativa, sendo observado os maiores valores, para os cultivos de guaraná e urucum e os menores valores para o cultivo de cupuaçu (Tabela 5). De maneira geral, segundo a classificação de Couto et al. (2016), as áreas estudadas, em todas as camadas, apresentam RSP menores que 2 MPa, caracterizando solos sem restrição ao crescimento radicular das plantas. Pode-se atribuir esse maior valor de RSP para as áreas de guaraná e urucum, devido ao solo não ter tido preparo inicial. Torres et al. (2011); Lima et al., (2013 b) e Vogel & Fei (2016) atribuíram a maior DS e RSP, nas camadas superficiais, a baixa intensidade de preparo. Outro fator que pode-se atribuir quanto a exposição da superfície do solo que, conseqüentemente, foi compactado pelas gotas da chuva.

A DS apresentou diferença significativa entre as áreas, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,30-0,40 m, sendo atribuído o maior valor para área de urucum e guaraná (Tabela 5). Essa maior DS pode ser devido ao uso do fogo para a limpeza da área, onde Redin et al. (2011), citaram, que as principais alterações que podem ocorrer com a queima, são evidenciadas pela diminuição do volume de macroporos, do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis e pelo aumento da densidade do solo.

A PT e MaP apresentaram diferença significativa entre as áreas estudadas apenas na camada de 0,00-0,10 m, enquanto MiP e UV apresentaram diferença significativa na camada de 0,40-0,50 m. Sendo encontrados os maiores valores de PT e MaP na área de cupuaçu na camada de 0,00-0,10 m e

para a MiP e UV foram observados os maiores valores na área de guaraná (Tabela 5). De acordo com Soares et. al. (2016), a redução da PT pode ser um reflexo da redução da MaP, uma vez que a MiP não parece ser influenciada diretamente pelo manejo do solo.

TABELA 5. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da RSP, DS, porosidade do solo e distribuição do sistema radicular em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.

ÁREAS	RSP	DS	PT	MiP	MaP	UV	MSR	DR
	MPa	g dm ⁻³	m ³ m ⁻³			g dm ⁻³		%
Camada 0,00 - 0,10 m								
Floresta	0,81 ab	1,07 ab	0,55 ab	0,35 a	0,20 ab	0,35 a	1,17 ab	43,45 a
Cupuaçu	0,42 b	0,89 b	0,63 a	0,38 a	0,25 a	0,38 a	2,13 a	54,56 a
Guaraná	1,04 a	1,22 a	0,52 b	0,38 a	0,14 b	0,38 a	1,24 ab	58,86 a
Urucum	1,05 a	1,15 a	0,53 b	0,35 a	0,19 ab	0,35 a	0,44 b	63,32 a
CV (%)	41,52	14,42	10,18	6,43	29,16	6,43	70,14	23,59
Camada 0,10 - 0,20 m								
Floresta	0,82 ab	1,13 a	0,57 a	0,37 a	0,20 a	0,37 a	0,67 ab	21,73 a
Cupuaçu	0,54 b	1,13 a	0,58 a	0,38 a	0,20 a	0,38 a	1,10 a	27,37 a
Guaraná	0,72 ab	1,22 a	0,53 a	0,36 a	0,18 a	0,36 a	0,42 ab	19,10 a
Urucum	0,89 a	1,24 a	0,52 a	0,39 a	0,14 a	0,39 a	0,10 b	14,03 a
CV (%)	35,11	11,72	8,52	5,89	25,27	5,89	87,99	54,85
Camada 0,20 - 0,30 m								
Floresta	0,81 a	1,12 a	0,56 a	0,37 a	0,20 a	0,37 a	0,54 a	19,31 a
Cupuaçu	0,55 a	1,21 a	0,54 a	0,36 a	0,18 a	0,36 a	0,33 ab	7,96 b
Guaraná	0,85 a	1,25 a	0,55 a	0,38 a	0,17 a	0,38 a	0,35 ab	13,40 ab
Urucum	0,92 a	1,27 a	0,50 a	0,38 a	0,12 a	0,38 a	0,07 b	10,48 ab
CV (%)	33,59	10,97	8,87	5,43	27,56	5,43	101,12	70,89
Camada 0,30 - 0,40 m								
Floresta	0,94 a	1,26 b	0,52 a	0,37 a	0,15 a	0,37 a	0,29 a	9,80 a
Cupuaçu	1,27 a	1,43 a	0,47 a	0,36 a	0,11 a	0,36 a	0,20 ab	5,41 a
Guaraná	1,02 a	1,35 ab	0,52 a	0,39 a	0,12 a	0,39 a	0,12 ab	4,86 a
Urucum	1,14 a	1,35 ab	0,49 a	0,38 a	0,11 a	0,38 a	0,04 b	7,24 a
CV (%)	32,67	12,00	9,49	5,40	32,56	5,40	116,72	86,8
Camada 0,40 - 0,50 m								
Floresta	0,94 a	1,36 a	0,49 a	0,37 ab	0,12 a	0,37 ab	0,17 a	5,72 a
Cupuaçu	1,38 a	1,46 a	0,48 a	0,36 b	0,11 a	0,36 b	0,13 a	4,70 a
Guaraná	1,14 a	1,46 a	0,51 a	0,40 a	0,11 a	0,40 a	0,10 a	3,77 a
Urucum	1,27 a	1,40 a	0,47 a	0,38 ab	0,09 a	0,38 ab	0,03 a	4,93 a
CV (%)	36,6	13,11	9,89	5,41	36,19	5,41	130,76	100,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey p < 0,05).

De acordo com a Tabela 5, podemos observa diferença significativa para MSR entre as áreas para todas as camadas avaliadas exceto para camada de 0,40-0,50 m sendo os maiores valores encontrados na área sob cultivo de cupuaçu nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, as demais camadas observou-se maiores valores para área de floresta. Podemos atribuir essa maior MSR para o Cupuaçu nessas camadas devido o mesmo ter apresentado menores RSP e DS nas camadas superficiais, e também pela cultura possuir 7 anos de cultivo. Além disso a área de floresta apresentou maiores teores de raiz nas camadas mais profundas, fato esse pode ser explicado pela floresta

apresentar árvores de porte alto, que necessitam distribuir seu sistema radicular mais profundo para sustentar a vegetação.

Em relação a DR foi verificado diferença significativa apenas para camada de 0,20-0,30 m, sendo evidenciado os maiores valores para área de floresta, em relação aos ambientes cultivados (Tabela 5).

Na Figura 7 estão apresentados os parâmetros de compactação, distribuição de raízes e porosidade do solo para as diferentes áreas nas profundidades estudadas. Observa-se que a RSP e DS, de maneira geral, aumentaram de acordo com a profundidade, corroborando com Lima et al. (2013 b), que ao verificarem, a partir dos 0,20 m de profundidade houve maior compactação do solo.

A PT e MaP decresceram em profundidade enquanto, a MiP e UV aumentaram de acordo com a profundidade (Figura 7). Este fator pode ser atribuído ao aumento da DS e conseqüentemente da RSP, que compactam o solo reduzindo a PT e MaP, e aumentam a MiP e UV, onde quanto maior a MiP, maior será a capacidade do solo reter água conseqüentemente, aumentando a UV.

A MSR e a DR decresceram em profundidade, sendo observados os maiores teores até 0,20 m de profundidade. Isso deve principalmente, a menor RSP e DS e a maior PT e MaP, bem como a elevada quantidade de MO, que se encontra nessa profundidade, contribuindo para maiores teores de P, K, Ca e Mg, que são nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta. Segundo Pezzoni et al. (2012), a serrapilheira oriunda da deposição da matéria morta, da parte aérea das árvores, afeta positivamente a qualidade do solo, tanto fisicamente para os atributos RSP, DS e agregados, quanto quimicamente através do processo de ciclagem de nutrientes.

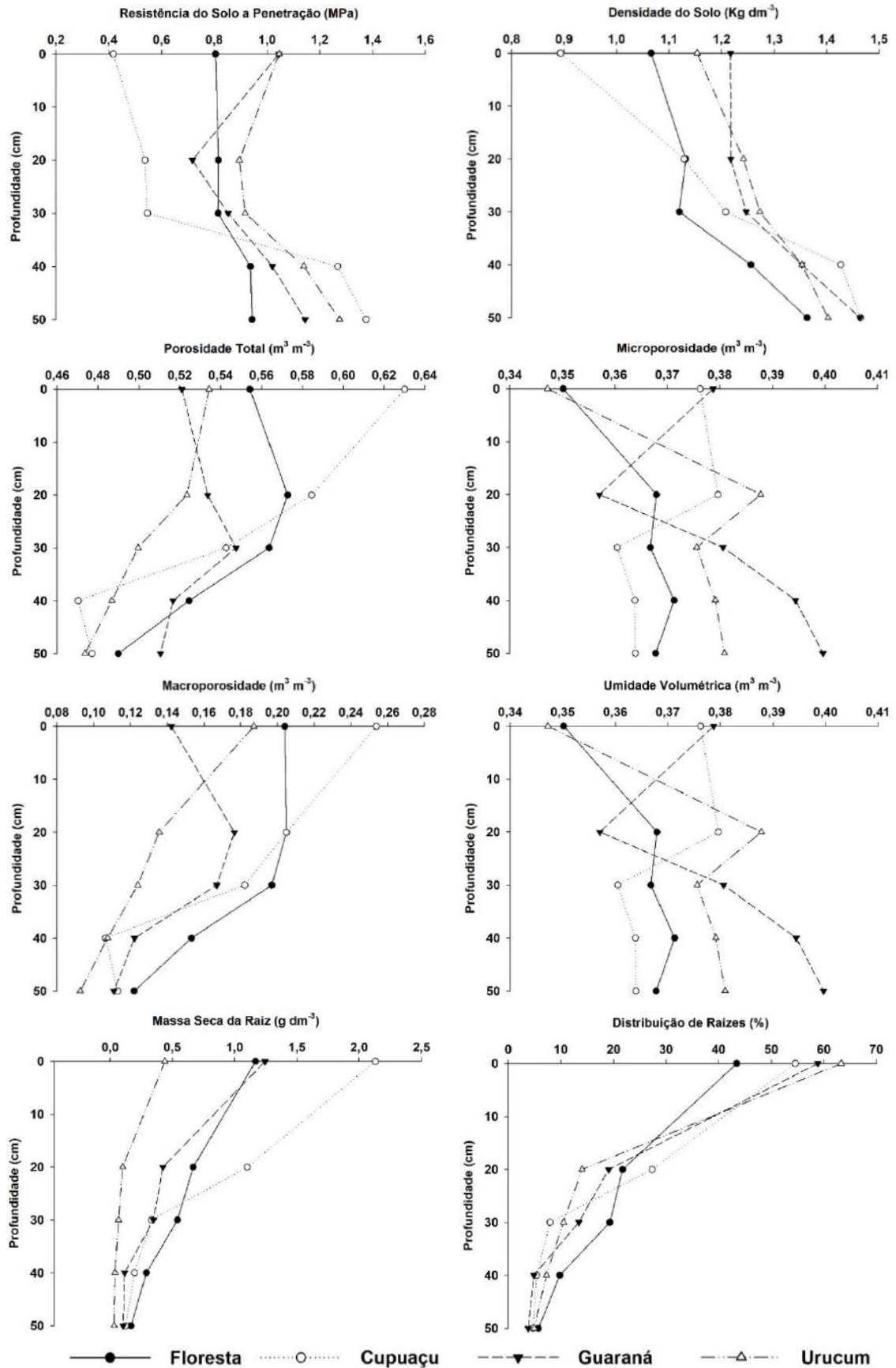


FIGURA 7. Valores médios da RSP, DS, porosidade e distribuição de raízes em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

5.5. Erodibilidade do Solo

Na Tabela 6 está apresentando o teste de média e o coeficiente de variação dos parâmetros erodibilidade, em todas as áreas e profundidades estudadas. Quando analisados os resultados do coeficiente de variação (CV) seguindo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os atributos apresentaram (CV) oscilando entre baixo $\leq 12\%$ e médio para todas as camadas estudadas. Onde, as constantes K nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; e 0,20-0,30 m, Ki em todas as camadas, e Tc na camada de 0,00-0,10 m apresentaram CV baixo, indicando baixa variação entre as áreas estudadas. Os demais atributos em todas as camadas apresentaram CV médio, entre as áreas estudadas.

A constante K apresentou diferença significativa, apenas na camada de 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m entre as áreas estudadas sendo evidenciado os maiores valores de perda de solo para área de floresta secundária ($4,79 \times 10^{-2} \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$) e para os ambientes cultivados valores abaixo de $4,04 \times 10^{-2} \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$ (Tabela 6). As áreas de estudo encontra-se sob um Argissolos, sendo o mesmo um dos solos mais expressivos na região. Foi observado um valor acima da média para floresta e abaixo da média para os ambientes cultivados, sendo a média $4,25 \times 10^{-2} \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}$ que foi apontado por Silva & Alvares (2005), ao elaborarem um banco de informações sobre erodibilidade dos solos ocorrentes no Estado de São Paulo. Esses valores foram inferiores a $5,21 \times 10^{-2} \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$, valor esse encontrado por Nunes et al., (2017) para Argissolos, que estudaram a aplicação da equação universal de perdas de solo, na região sul do Amazonas.

De acordo com Castro et al. (2011), a erodibilidade do solo pode ser definida em classes segundo seu potencial. Portanto, podem ser verificadas as seguintes classificações: $K < 9,00 \times 10^{-3}$ (muito baixa); $9,00 \times 10^{-3} < K \leq 1,50 \times 10^{-2}$ (baixa); $1,50 \times 10^{-2} < K \leq 3,00 \times 10^{-2}$ (média); $3,00 \times 10^{-2} < K \leq 4,50 \times 10^{-2}$ (alta); $4,50 \times 10^{-2} < K \leq 6,00 \times 10^{-2}$ (muito alta), e $K > 6,00 \times 10^{-2}$ (extremamente alta). Nesse sentido, na Tabela 6, nota-se que as áreas apresentam-se variando de $3,52 \times 10^{-2}$ a $4,99 \times 10^{-2} \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$ entre as áreas em todas as camadas estudadas, apresentando classe entre alta e muito alta.

O Ki, Kr e Tc não apresentaram diferença significativa entre as áreas para todas as camadas estudadas. O Ki variou de $7,45 \times 10^{-6}$ a $9,25 \text{ Kg s m}^{-4}$, o

Kr variou de $0,95 \times 10^{-2}$ a $1,68 \times 10^{-2}$ Kg s m⁻⁴, o Tc variou de 2,08 a 3,55 N m⁻² entre as áreas e camadas estudadas.

Os valores médios dos fatores de erodibilidade do solo em entressulcos (Ki) foram maiores do que obtidos por Franco et al. (2012), que estudaram a erodibilidade do solo em entressulcos em um argissolo vermelho obtendo um valor médio de $1,82 \times 10^6$ kg s m⁻⁴. Já Braida & Cassol (1996), em um solo com textura mais arenosa obtiveram Ki de $5,10 \times 10^6$ kg s m⁻⁴ e Rockenbach (1992) para um solo com textura franco-arenosa determinou um Ki de $3,35 \times 10^6$ kg s m⁻⁴.

TABELA 6. Média e Coeficiente de Variação (CV%) da erodibilidade do solo em áreas sob conversão de floresta para ambientes cultivados no Município de Canutama, AM.

ÁREAS	K	Ki	Kr	Tc
	t ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹ ha h	Kg s m ⁻⁴	s m ⁻¹	N m ⁻²
Camada 0,00 - 0,10 m				
Floresta	$4,99 \times 10^{-2}$ a	$8,91 \times 10^{-6}$ a	$1,17 \times 10^{-2}$ a	2,55 a
Cupuaçu	$4,87 \times 10^{-2}$ a	$8,36 \times 10^{-6}$ a	$1,09 \times 10^{-2}$ a	2,79 a
Guaraná	$4,66 \times 10^{-2}$ a	$7,45 \times 10^{-6}$ a	$0,95 \times 10^{-2}$ a	2,91 a
Urucum	$4,44 \times 10^{-2}$ a	$8,28 \times 10^{-6}$ a	$1,11 \times 10^{-2}$ a	2,84 a
CV	7,93	11,02	13,77	11,77
Camada 0,10 - 0,20 m				
Floresta	$4,79 \times 10^{-2}$ a	$9,10 \times 10^{-6}$ a	$1,25 \times 10^{-2}$ a	2,08 a
Cupuaçu	$4,66 \times 10^{-2}$ a	$8,59 \times 10^{-6}$ a	$1,23 \times 10^{-2}$ a	2,80 a
Guaraná	$4,01 \times 10^{-2}$ a	$7,73 \times 10^{-6}$ a	$1,08 \times 10^{-2}$ a	3,00 a
Urucum	$4,14 \times 10^{-2}$ a	$7,74 \times 10^{-6}$ a	$1,18 \times 10^{-2}$ a	3,05 a
CV	11,51	11,60	13,57	27,80
Camada 0,20 - 0,30 m				
Floresta	$4,72 \times 10^{-2}$ a	$8,20 \times 10^{-6}$ a	$1,23 \times 10^{-2}$ a	2,58 a
Cupuaçu	$4,04 \times 10^{-2}$ b	$9,25 \times 10^{-6}$ a	$1,54 \times 10^{-2}$ a	2,79 a
Guaraná	$3,89 \times 10^{-2}$ b	$8,06 \times 10^{-6}$ a	$1,21 \times 10^{-2}$ a	3,11 a
Urucum	$3,92 \times 10^{-2}$ b	$8,28 \times 10^{-6}$ a	$1,45 \times 10^{-2}$ a	3,27 a
CV	10,04	11,06	20,93	16,38
Camada 0,30 - 0,40 m				
Floresta	$4,56 \times 10^{-2}$ a	$8,85 \times 10^{-6}$ a	$1,39 \times 10^{-2}$ a	2,24 a
Cupuaçu	$3,59 \times 10^{-2}$ b	$9,12 \times 10^{-6}$ a	$1,53 \times 10^{-2}$ a	3,29 a
Guaraná	$3,80 \times 10^{-2}$ ab	$8,93 \times 10^{-6}$ a	$1,32 \times 10^{-2}$ a	3,33 a
Urucum	$4,01 \times 10^{-2}$ ab	$8,11 \times 10^{-6}$ a	$1,62 \times 10^{-2}$ a	3,55 a
CV	12,90	12,00	16,48	24,97
Camada 0,40 - 0,50 m				
Floresta	$3,79 \times 10^{-2}$ a	$8,41 \times 10^{-6}$ a	$1,55 \times 10^{-2}$ a	3,08 a
Cupuaçu	$4,27 \times 10^{-2}$ a	$8,19 \times 10^{-6}$ a	$1,47 \times 10^{-2}$ a	3,35 a
Guaraná	$3,71 \times 10^{-2}$ a	$8,16 \times 10^{-6}$ a	$1,68 \times 10^{-2}$ a	3,62 a
Urucum	$3,52 \times 10^{-2}$ a	$8,30 \times 10^{-6}$ a	$1,58 \times 10^{-2}$ a	3,75 a
CV	12,41	8,60	14,44	14,65

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey p < 0,05).

Na Figura 8 estão sendo apresentados os parâmetros de erodibilidade do solo para as diferentes áreas nas profundidades estudadas. Observa-se que a K está diminuindo, de acordo com a profundidade, enquanto a Kr e Tc então aumentando de acordo com a erodibilidade. Houve pouca variação do Ki com o decorrer da profundidade. O decréscimo da erodibilidade pode estar relacionado

com o aumento da Tc, sendo que o aumento deste, proporcionou maior resistência do solo a ruptura das partículas.

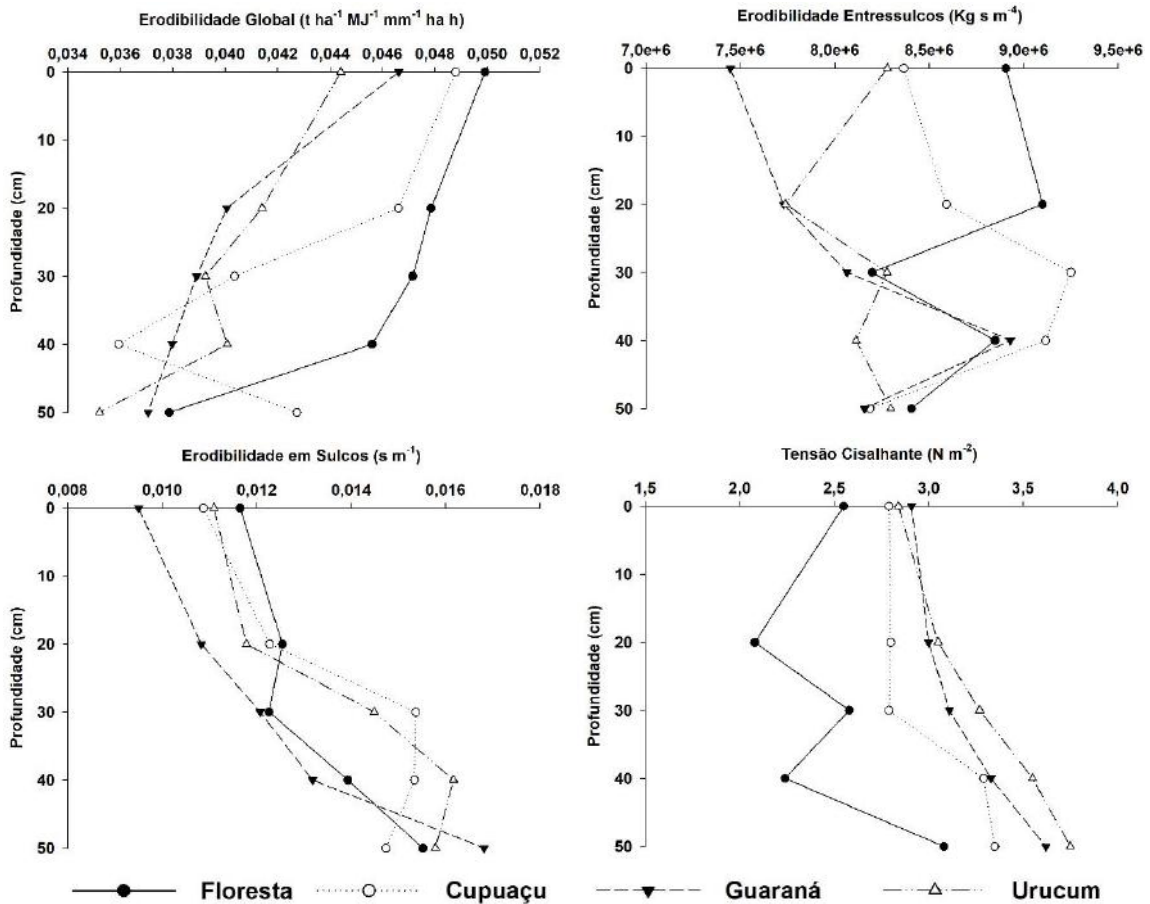


FIGURA 8. Valores médios da erodibilidade do solo em diferentes profundidades, em áreas sob conversão de floresta para ambientes agrícolas no município de Canutama, AM.

5.6. Correlação dos Atributos do Solo, Distribuição de Raízes e Erodibilidade

Na Tabela 7 estão apresentados os valores da correlação de Pearson ao nível de 0,05 e 0,01 de significância, para os atributos do solo, distribuição de raízes e erodibilidade, de todas as áreas estudadas.

Observa-se elevada correlação positiva significativa dos atributos CO, MO e Est. C com os atributos $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , T, P, >2mm, IEA, DMG, DMP, silte, G_{FLO} , PT, MaP, MSR, DR e K (Tabela 7). É importante ressaltar que correlação positiva causa efeito direto nos atributos, onde o aumento do CO, MO e Est. C, irá proporcionar um aumento dos atributos acima. Em contrapartida, os atributos CO, MO e Est. C, apresentaram correlação negativa com os atributos pH, V%, 1-2mm, <1mm, argila, G_{DIS} , RSP, DS, Kr e Tc. A correlação negativa

indica efeito antagônico dos atributos CO, MO e Est. C sobre os demais, onde o aumento desses irá proporcionar decréscimo nos outros atributos, que tiveram correlação negativa. Situação essa proporcionada, muito provavelmente, pela melhoria das condições físicas e estrutural do solo que o material orgânico tende a proporcionar, conforme tem sido apontado, tanto pela literatura clássica (RESENDE et al., 1988), quanto por trabalhos mais recentes sobre a influência do material orgânico no solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Tal correlação ainda é reforçada pelos resultados das interações observadas nos demais atributos que compõe o ciclo do carbono, como a matéria orgânica (MO), entretanto a K apresentou correlação positiva com a MO. Resultados que corroborando com os resultados encontrados por Lima et al. (2016), onde observaram correlação negativa entre MO e a K.

A partir dos dados apresentados na Tabela 7 observa-se que a MSR e DR apresentaram correlação positiva com os atributos $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , K^+ , t, T, P, >2mm, IEA, DMG, DMP, silte, G_{FLO} , PT, MaP, MSR, DR e K. Sendo esses atributos que contribuem de forma direta para um maior desenvolvimento dos sistemas radiculares. E entretanto para $H^+ + Al^{3+}$ e Al^{3+} , que são elementos tóxicos as plantas e contribuem para o aumento da acidez do solo, onde essa correlação positiva pode ser atribuída a tolerância das culturas a esses elementos, sendo que os mesmos podem ainda não está afetando o desenvolvimento das raízes. Também foi possível observar correlação negativa da MSR e DR com pH, V%, 1-2mm, <1mm, argila, G_{DIS} , RSP, DS, Kr e Tc, atributos esses que possuem efeito antagônico com o desenvolvimentos das raízes.

A PT apresentou correlação positiva com $H^+ + Al^{3+}$, Al^{3+} , T, m%, >2mm, IEA, DMG, DMP, silte, G_{FLO} , PT, MaP, MSR e DR e apresentou correlação negativa com pH, Ca^{2+} , 1-2mm, <1mm, argila, G_{DIS} , RSP, DS, Kr e Tc.

O fator K apresentou correlação positiva com os atributos $H^+ + Al^{3+}$, K^+ , Mg^{2+} , T, m%, >2mm, DMG, DMP, silte, G_{FLO} , PT, MaP, MSR e DR. Em contrapartida apresentou correlação negativa com pH, Ca^{2+} , SB, V%, 1-2mm, <1mm, argila, G_{DIS} , RSP, DS, MiP, UV, Kr e Tc (Tabela 7). Observou-se que os atributos do complexo catiônico do solo também contribuíram para as melhorias das condições estruturais do solo em relação à erodibilidade, conforme também reforçam os pares de correlação entre K, SB e V%, corroborando com Lima et al. (2016). A correlação entre K e pH, apresenta-se como um interessante

TABELA 7. Correlação de Pearson dos atributos do solo, distribuição de Raiz e erodibilidade em áreas sob conversão de floresta para ambientes de cultivo no município de Canutama, AM.

Atributos	pH	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V	m	Pr	>2mm	1-2mm	<1mm	IEA	DMG	DMP	CO	MO
pH	1,00	-0,56**	-0,38**	-0,35**	-0,12 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,55**	0,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,35**	-0,53**	0,51**	0,51**	-0,14 ^{ns}	-0,41**	-0,46**	-0,42**	-0,44**
H ⁺ +Al ³⁺	-	1,00	0,50**	0,51**	0,17 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,25*	0,38**	0,99**	-0,38**	-0,04 ^{ns}	0,36**	0,60**	-0,57**	-0,57**	0,40**	0,59**	0,56**	0,82**	0,80**
Al ³⁺	-	-	1,00	-0,12 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,30**	0,76**	0,52**	-0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,27*	0,27*	-0,21 ^{ns}	-0,29**	0,42**	0,36**	0,35**	0,34**	0,32**
K ⁺	-	-	-	1,00	-0,06 ^{ns}	0,35**	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,50**	-0,20 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,47**	0,49**	-0,54**	-0,43**	0,26*	0,43**	0,43**	0,55**	0,57**
Ca ²⁺	-	-	-	-	1,00	-0,11 ^{ns}	0,96**	0,43**	0,32**	0,79**	-0,80**	-0,20 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
Mg ²⁺	-	-	-	-	-	1,00	0,15 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,27*	0,16 ^{ns}	0,25*	-0,29**	-0,21 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,24*	0,23*	0,39**	0,40**
SB	-	-	-	-	-	-	1,00	0,39**	0,40**	0,79**	-0,86**	-0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}
t	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,42**	0,12 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,33**	0,21 ^{ns}	0,19	0,18 ^{ns}	0,16 ^{ns}
T	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,23*	-0,17 ^{ns}	0,32**	0,57**	-0,55**	-0,55**	0,37**	0,57**	0,54**	0,79**	0,76**
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,81**	-0,31**	-0,30**	0,30**	0,28*	-0,28*	-0,31**	-0,29**	-0,41**	-0,43**
m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,20 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,25*	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Pr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,31**	-0,31**	-0,29**	0,23*	0,30**	0,28*	0,43**	0,45**
>2mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,92**	-0,98**	0,53**	0,86**	0,90**	0,70**	0,71**
2-1 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,82**	-0,47**	-0,81**	-0,85**	-0,65**	-0,66**
< 1 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,53**	-0,84**	-0,87**	-0,68**	-0,69**
IEA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,81**	0,75**	0,46**	0,46**
DMG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,97**	0,66**	0,67**
DMP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,64**	0,64**
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,99**
MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

Continuação Tabela 7

Atributos	Est. C	Areia	Silte	Argila	G _{FLO}	G _{DIS}	RSP	DS	PT	MiP	MaP	UV	MSR	DR	K	Ki	Kr	Tc
pH	-0,43*	-0,16 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,31**	-0,38**	0,38**	0,17	0,41**	-0,37**	-0,09 ^{ns}	-0,32**	-0,09 ^{ns}	-0,25*	-0,50**	-0,23*	0,35**	0,58**	0,09 ^{ns}
H ⁺ +Al ³⁺	0,75**	-0,01 ^{ns}	0,30**	-0,29*	0,55**	-0,55**	-0,32**	-0,64**	0,52**	-0,05 ^{ns}	0,50**	-0,05 ^{ns}	0,63**	0,76**	0,53**	-0,17 ^{ns}	-0,59**	-0,15 ^{ns}
Al ³⁺	0,31**	-0,23*	0,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,37**	0,31**	0,18 ^{ns}	0,22*	0,19 ^{ns}	0,48**	0,30**	0,00 ^{ns}	-0,27*	-0,40**	0,25*
K ⁺	0,56**	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,52**	-0,52**	-0,05 ^{ns}	-0,33**	0,16 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,22*	-0,21 ^{ns}	0,28*	0,67**	0,28*	-0,17 ^{ns}	-0,37**	-0,02 ^{ns}
Ca ²⁺	-0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,37**	0,35**	-0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,29**	-0,06 ^{ns}	0,29**	-0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,34**	-0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,27*
Mg ²⁺	0,35**	0,28*	-0,01 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,30**	-0,30**	-0,12 ^{ns}	-0,26*	0,20 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,25*	-0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,24*	0,25*	0,20 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
SB	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,36**	0,28*	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,25*	0,02 ^{ns}	0,25*	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,26*	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}
t	0,18 ^{ns}	-0,32**	-0,01 ^{ns}	0,25*	-0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,28*	0,16 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,24*	0,29**
T	0,72**	0,01 ^{ns}	0,23*	-0,23*	0,52**	-0,52**	-0,33**	-0,62**	0,51**	-0,01 ^{ns}	0,48**	-0,01 ^{ns}	0,60**	0,74**	0,46**	-0,16 ^{ns}	-0,56**	-0,10 ^{ns}
V	-0,37**	0,12 ^{ns}	-0,52**	0,42**	-0,29**	0,29**	0,04 ^{ns}	0,32**	-0,22*	0,26*	-0,30**	0,26*	-0,36**	-0,38**	-0,55**	0,15 ^{ns}	0,39**	0,27*
m	0,07 ^{ns}	-0,27*	0,39**	-0,17 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,23*	-0,16 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
Pr	0,48**	0,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,49**	-0,49**	-0,00 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,27*	0,34**	0,19 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,29**	-0,05 ^{ns}
>2mm	0,63**	0,15 ^{ns}	0,48**	-0,58**	0,56**	-0,56**	-0,44**	-0,74**	0,53**	-0,21 ^{ns}	0,57**	-0,21 ^{ns}	0,54**	0,69**	0,63**	-0,04 ^{ns}	-0,57**	-0,44**
1-2 mm	-0,56**	-0,19 ^{ns}	-0,41**	0,55**	-0,62**	0,62**	0,43**	0,73**	-0,52**	0,15 ^{ns}	-0,54**	0,15 ^{ns}	-0,53**	-0,70**	-0,61**	0,06 ^{ns}	0,50**	0,40**
< 1 mm	-0,62**	-0,12 ^{ns}	-0,49**	0,57**	-0,50**	0,50**	0,41**	0,70**	-0,51**	0,23 ^{ns}	-0,55**	0,23**	-0,52**	-0,65**	-0,61**	0,03 ^{ns}	0,57**	0,43**
IEA	0,41**	-0,22 ^{ns}	0,27*	-0,10 ^{ns}	0,23*	-0,23*	-0,20 ^{ns}	-0,44**	0,32**	-0,04 ^{ns}	0,31**	-0,04 ^{ns}	0,39**	0,36**	0,31**	-0,11 ^{ns}	-0,46**	0,04 ^{ns}
DMG	0,58**	0,08 ^{ns}	0,38**	-0,43**	0,47**	-0,47**	-0,39**	-0,71**	0,52**	-0,17 ^{ns}	0,54**	-0,17 ^{ns}	0,54**	0,64**	0,56**	-0,05 ^{ns}	-0,57**	-0,30**
DMP	0,56**	0,10 ^{ns}	0,43**	-0,50**	0,45**	-0,45**	-0,40**	-0,72**	0,55**	-0,15 ^{ns}	0,56**	-0,15 ^{ns}	0,51**	0,63**	0,57**	-0,06 ^{ns}	-0,59**	-0,36**
CO	0,95**	0,11 ^{ns}	0,41**	-0,48**	0,63**	-0,63**	-0,39**	-0,69**	0,54**	-0,18 ^{ns}	0,56**	-0,18 ^{ns}	0,67**	0,76**	0,67**	0,02 ^{ns}	-0,63**	-0,35**
MO	0,95**	0,11 ^{ns}	0,42**	-0,49**	0,65**	-0,65**	-0,37**	-0,69**	0,53**	-0,19 ^{ns}	0,56**	-0,19 ^{ns}	0,66**	0,76**	0,67**	-0,01 ^{ns}	-0,66**	-0,34**
Est. C	1,00	0,12 ^{ns}	0,36**	-0,45**	0,59**	-0,59**	-0,23*	-0,49**	0,35**	-0,12 ^{ns}	0,37**	-0,12 ^{ns}	0,56**	0,70**	0,60**	-0,01 ^{ns}	-0,63**	-0,31**
Areia	-	1,00	-0,36**	-0,41**	0,20 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,071	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,39**	0,16 ^{ns}	-0,49**
Silte	-	-	1,00	-0,71**	0,18 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,30**	-0,45**	0,45**	-0,12 ^{ns}	0,46**	-0,12 ^{ns}	0,32**	0,27*	0,72**	-0,23*	-0,53**	-0,47**
Argila	-	-	-	1,00	-0,32**	0,32**	0,41**	0,53**	-0,41**	0,25*	-0,47**	0,25*	-0,37**	-0,38**	-0,71**	-0,07 ^{ns}	0,39**	0,82**
G _{FLO}	-	-	-	-	1,00	-1,00**	-0,21 ^{ns}	-0,47**	0,25*	-0,18 ^{ns}	0,30**	-0,18 ^{ns}	0,44**	0,57**	0,38**	-0,02 ^{ns}	-0,36**	-0,20 ^{ns}
G _{DIS}	-	-	-	-	-	1,00	0,21 ^{ns}	0,47**	-0,25*	0,18 ^{ns}	-0,30**	0,18 ^{ns}	-0,44**	-0,57**	-0,38**	0,02 ^{ns}	0,36**	0,20 ^{ns}
RSP	-	-	-	-	-	-	1,00	0,71**	-0,69**	0,25*	-0,73**	0,25*	-0,40**	-0,25*	-0,37**	-0,09 ^{ns}	0,28*	0,33**
DS	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,82**	0,31**	-0,88**	0,31**	-0,65**	-0,64**	-0,65**	-0,01 ^{ns}	0,55**	0,41**
PT	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,02 ^{ns}	0,93**	-0,02 ^{ns}	0,52**	0,44**	0,50**	-0,09 ^{ns}	-0,51**	-0,25*
MiP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,37**	1,00**	-0,03 ^{ns}	-0,23*	-0,29**	-0,25*	-0,01	0,40**
MaP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,37**	0,49**	0,49**	0,57**	0,00 ^{ns}	-0,47**	-0,38**
Uv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,03 ^{ns}	-0,23*	-0,29**	-0,25*	-0,01 ^{ns}	0,395**
MSR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,69**	0,50**	-0,05 ^{ns}	-0,43**	-0,23*
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,54**	-0,12 ^{ns}	-0,55**	-0,26*
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,07 ^{ns}	-0,48**	-0,66**
Ki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,53**	-0,49**
Kr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,08 ^{ns}
Tc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

parâmetro para uma avaliação mais generalizada das condições dos solos. Assim, essa correlação apontou uma interação negativa entre causa e efeito, ou seja, nos solos mais ácidos (considerados quimicamente pobres, no sentido do complexo catiônico), tem-se o aumento da erodibilidade do solo. A área de floresta secundária e os ambientes cultivados apresentam limitações químicas para produção agrícola, em contrapartida os atributos físicos apresentaram valores satisfatórios.

6. CONCLUSÕES

Os atributos químicos sofreram maiores alterações e degradações na conversão de floresta, em ambientes cultivados.

Foram observadas maiores alterações nas camadas superficiais nas áreas estudadas.

Os atributos que mais sofreram alterações, na conversão de floresta em ambientes cultivados foram: K^+ , Mg^{2+} , P, CO, MO, Est. C, G_{FLO} , RSP, DS e K.

O Cultivo de cupuaçu apresentou maiores valores de MSR e DR, sendo os maiores valores encontrados nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Os atributos Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, t, m%, areia, MiP, UV e Ki apresentaram pouca correlação, com os outros parâmetros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTINO, S. M. F.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; SILVA, J. F.; ATROCH, A. L.; GALVÃO, A. K. L. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n.10, p.1449-1454, 2012.
- 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.; FERNANDES, B.; SILVA, T. C. A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palha do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, n. 2, p.273-277, 1986.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 411-8, 2009.

- AQUINO, R. E. de; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; OLIVEIRA, I. A. de; FRANCISCON, U.; SILVA, D. M. P. da; CUNHA, J. M. da. Chemical soil attributes evaluated by multivariate techniques and geostatistics in the area with agroforestry and sugarcane in Humaitá, AM, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, p. 61-72, 2016.
- AQUINO, R. E., CAMPOS, M. C. C. ; MARQUES JUNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p. 397-406, 2014.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, K. O. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011.
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- BARBIERI, D. J.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; ROQUE, C. G. Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, p.129-138, 2011.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: **SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.681-691, 2010.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.485-494, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 355 p. 1999.
- BEZERRA, R. P. M., LOSS, A., PEREIRA, M. G., PERIN, A. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-

- pecuária no cerrado, Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2637-2654, 2013.
- BONFIM-SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, F. C. M.; DOURADO, L. G. A.; AGUERO, N. F. Compactação do solo na cultura do trigo em Latossolo do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.7, n.12, p.1-8, 2011.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlir: Springer-Verlag, 1979. 188 p.
- BRAIDA, J.A. & CASSOL, E.A. Erodibilidade em sulcos e em entressulcos de um Podzólico Vermelho-Escuro franco arenoso. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:127-134,1996.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil** - Folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561p.
- BRITO, J. G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, A. S. Armazenamento de grãos residuais de urucum sob atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1185-1191, 2015.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; OLIVEIRA, I. A. de. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma toposequência de transição Campo/Floresta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 4, n. 4, p. 527-535, 2010.
- CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 102-109, 2012.
- CARDOSO, E. L; SILVA, M, L, N; CURI, N; FERREIRA, M. M; FREITAS, D. A. F; Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 613622, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; 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, n. 1, p. 147157, 2009.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.
- CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T. J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, n.1, p.1407-1413, 1991.

- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p.527-538, 1998.
- CASTRO, W.J.; LEMKE-DE-CASTRO, M.L.; LIMA, J.O.; OLIVEIRA, L.F.C.; RODRIGUES, C.; FIGUEIREDO, C.C. Erodibilidade de solos do cerrado goiano. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 305-320, 2011.
- CAVALCANTE, P. B. Frutas comestíveis da Amazônia. Manaus: INPA, 1976. 166 p.
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos tabuleiros costeiros da Paraíba: solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2008.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; HERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M.V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- CLEMENT, C. R.; CRISTO-ARAÚJO, M. de; D'EECKENBRUGGE, G. C.; PEREIRA, A. A.; PICANÇO-RODRIGUES, D. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, Basileia, v. 2, n. 1, p. 72-106, 2010.
- CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A; MELO, D. V. M de. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 305-314, 2009.
- CAMPOS, M. C. C., RODRIGUES SOARES, M. D., FERREIRA NASCIMENTO, M., & PINHEIRO SILVA, D. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, 2016.
- COSTA, E. L.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A. Matéria orgânica de solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.9, n.17, p.1842-1860, 2013.
- COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.100-105, 2010.

- COUTO, Wanderson Henrique do, et al. Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. **Ciência Florestal**, 26.3: 811-823, 2016.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V. M.; SANTOS, G. A. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the brazilian amazon basin. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, n. 1, p. 85-93, 2009.
- DÉCOURT, P. **Botânica geral**. São Paulo: Melhoramentos, 825p. 1979.
- DENARDIN, J.E. Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. 1990. 81p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.
- DOWDESWELL, E., 1998. Extent and impacts of soil degradation on a world-wide scale. In: H.P. BLUME, H. EGER, E. FLEISCHHAUER, A. HEBEL, C. REIJ and K.G. STEINER, editors. Towards sustainable land use. Furthering cooperation between people and institutions. (Volume I) **Reiskirchen: Catena Verlag**. 818 p. (Advances in Geoecology 31).
- EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisas de solo (Rio de Janeiro – RJ). **Avaliação da aptidão agrícola de áreas de cerrados em municípios do estado do Amazonas**. Brasília, 1997. 91 p. Relatório Técnico.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Revista e Ampliada – Brasília, DF: Embrapa, p. 20-184, 2017.
- FABRIZZI, K. P.; RICE, C. W.; AMADO, T. J. C.; FIORIN, J.; BARBAGELATA, P.; MELCHIORI, R. Protection of soil organic C and N in temperate and tropical soils: effect of native and agroecosystems. **Biogeochemistry**, v. 92, n. 1, p. 129-143, 2009.
- FALESI, I. C.; KATO, O. R. **A cultura do urucum no Norte do Brasil**. Belém: EMBRAPAUEPAE de Belém, n.3, 1992, p. 47.
- FARIAS, D. D. L., ALBUQUERQUE, M. C. D. F. E., Ferraz, I. D. K., & CALVI, G. P. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Rev. Bras. Frutic.** V.34, n. 3, p. 905-914, 2012.
- FERREIRA, E.P.B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017.
- FLANAGAN, D. C.; LIVINGSTON, S. J. **USDA - Water erosion prediction project: WEEP user summary**. West Lafayette: National Soil Research Laboratory & USDA - Agricultural Research Service, 1995. p. 25-26. (Report, 11).

- FRANCO, Â. M. P., CASSOL, E. A., PAULETTO, E. A., & INDA, A. V. Erodibilidade do solo em entressulcos determinada experimentalmente e por modelos matemáticos em um argissolo vermelho. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 18, n. 2, 2012.
- FRANCO, C.F.O.; SILVA, F.C.P. da; CAZÉ FILHO, J.; BARREIRO NETO, M.; SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; FONTINÉLLI, I.S.C. **Etnobotânica e Taxonomia do Urucuzeiro**. 2008.
- FREITAS, L., CASAGRANDE, J. C., OLIVEIRA, I. A., CAMPOS, M. C. C., SILVA, L. S. Técnicas multivariadas na avaliação de atributos de um Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p.17-26, 2015.
- FUKUMASU, H, SILVA T. C.; AVANZO, J. L.; LIMA, C. E.; MACKOWIAK, I. I.; ATROCH, A.; SPINOSA, H. S.; MORENO, F. S.; DAGLI, M. L. Z. Chemopreventive effects of *Paullinia cupana* Mart var. *sorbilis*, the guarana, on mouse hepatocarcinogenesis. **Cancer Lett**; 233: 158–64. 2006.
- GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, 2004.
- GAMA, J.R.F.N.; CARVALHO, E.J.M.; RODRIGUES, T.E. & VALENTE, M.A. Solos do Estado do Pará. In: CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M. & BRASIL, E.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.19-29.
- GÓES, A. V. M.; AUGUSTO, S. G.; MARTINS, P. F. S. Caracterização do sistema radicular efetivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), da pupunheira (*Bactris gaesipaes* H. B. K.) e do açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) em Latossolo Amarelo Álico na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [S.l.], n. 41, p. 57-65, maio 2016.
- GONDIM, T. M. S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. J. B.; SOUZA, J. M. L. Aspectos da Produção de Cupuaçu. Rio Branco: Embrapa Acre, n. 43 p. 2001.
- GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. (eds.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam, Elsevier, 1997. 448p.
- HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. **Soil and Tillage Research**, v.46, p.209-223, 1998.
- HANCOCK, G.R., WELLS, T., MARTINEZ, C., DEVER, C. Soil erosion and tolerable soil loss: Insights into erosion rates for a well-managed grassland catchment. **Geoderma**, vol. 237-238, p. 256-265. 2015.

- HEID, D. M.; VITORINO, A. C. T.; TIRLONI, C.; HOFFMANN, N. T. K. Frações orgânicas e estabilidade dos agregados de um latossolo vermelho distroférico sob diferentes usos. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 51, p. 143-160, 2009.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1055–1061, 2012.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Aggregate stability and size distribution. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA, p. 499-510, 1965.
- LAL, R., 1988. Erodibility and erosivity. In: R. LAL, ed. Soil erosion research methods. **Ankeny: Soil Water Conservation Society**, pp. 141-160.
- LI, L., SHUHAN, D., WU, L., LIU, G. An overview of soil loss tolerance. **Catena**, vol.78, p. 93–99, 2009.
- LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P. C.; SOUZA, A.; COSTA, N. R. Influência de atributos químicos na erodibilidade e tolerância de perda de solo na bacia hidrográfica do baixo São José dos Dourados. **Geociências** (São Paulo), 35(1), 63-76, 2016.
- LIMA, J. S. S. et al. Distribuição espacial da matéria orgânica, grau de flocculação e argila dispersa em água em área de vegetação natural em regeneração e pastagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 539-546, 2013 a.
- LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. Resistência mecânica à penetração sob diferentes sistemas de uso do solo. **Scientia Plena**, São Cristóvão -SE, v. 9, n.6, p.1-7, 2013 b.
- LOCATELLI, M.; PAULA, T.C.; MARTINS, E.P.; VIEIRA, A.H.; SOUZA, V.F. Características silviculturais de castanha-do-brasil – plantio em consórcio em área de pequeno produtor no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 1.103-1.106, 2007.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. de P.; OLIVEIRA, R. A. de; KURTZ, C.; LOVATO, P. M.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **BioScience Journal**, v.27, p.70-76, 2011.

- MAGALHÃES, S. S. A.; WEBER, O. L. S.; SANTOS, C. H.; VALADÃO, F. C. A. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 63-72, 2013.
- MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; FRANCISCON, U. NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, L. A. C. dos. Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 01-09, 2016.
- MANTOVANELLI, B. C.; SILVA, D. A. P.; CAMPOS, M. C. C.; GOMES, R. P.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015.
- MARQUES, J.J.G. de S. e M.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, D.F. Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.457-465, 1997.
- MARTIM, S. R.; CARDOSO NETO, J.; OLIVEIRA, I. M. A. Características físico-químicas e atividade da peroxidase e polifenoxidase em genótipos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) submetidos ao congelamento. 2013.
- MARTINS, E. C. A.; PELUZIO, J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P. de; TSAI, S. M.; NAVARRETE, A. A.; MORAIS, P. B. de. Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 56-62, 2015.
- MARTINS, S.G., AVANZI, J.C., SILVA, M.L.N., CURI, N., FONSECA, S., 2011. Erodibilidade do solo nos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 41, pp. 322-327.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S.; GARCIA, A. W. R.; SANTINATO, R. **Cultura de café no Brasil- Manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/ PROCAFÉ, 2010. 544 p.
- MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos de cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 243-253, 2010.
- MILLER, C. H., FIGUEIREDO, F. J. C., NASCIMENTO, W. D., GALVÃO, E. U. P., STEIN, R. L. B., SILVA, A. D. B., ... & BARBOSA, W. C. A cultura do cupuaçu. **EMBRAPA**, SPI, 1995.
- MOLINE, E. F. V. & COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.

- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.
- NASCIMENTO FILHO, A.L. ATROCH, C.D. CRUZ, P.C.S. CARNEIRO. Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 44, pp. 1138-1144. 2009.
- NASCIMENTO FILHO, F.J.; ANDO, A.; CRUZ, C.D.; GARCIA,T.B. Análise de caminhamento em mudas de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.447-452, 1993.
- NUNES, J. G., CAMPOS, M. C. C., NUNES, J. C., MANTOVANELLI, B. C., CUNHA, J. M., & SOARES, M. D. R. (2017). **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 2, p. 548-557, 2017.
- OHLAND, T.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, F.; RAMPIM, L.; BERGMANN, J. R.; CABREIRA, D. T. Influência da densidade do solo no desenvolvimento inicial do pinhão-manso cultivado em Latossolo Vermelho eutroférico. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 61, n.5, p. 622-630, 2014.
- OLIVEIRA, A. P. P. de.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. dos.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Sistemas de colheita da canade-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.18, n.9, p. 939–947, 2014.
- OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazônica**, v.45, n.1, p.1-12, 2015.
- OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONSELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v. 14, n.. 7, p.914-920, 2010.
- PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Atributos químicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso e manejo no município de Reserva – PR. **Caminhos de geografia**, v. 16, n. 55, p. 186-194, 2015.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia agricola**, v. 57, n. 3, p. 531-537, 2000.
- PEZZONI, T.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e

- valor nutritivo de em sistema *Urochloa decumbens* Stapf silvipastoril. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 18, n. 2, p. 293-301, 2012.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas e de um Latossolocor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringa, v.25, n.1, p.45-52, 2003.
- QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.929-938, 2000.
- REBOUÇAS, T. N. H.; SÃO JOSÉ, A. R. **A cultura do urucum: práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista: [s.n.], 1996. 42 p
- REDIN, M. et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011.
- REIS, M. S., FERNANDES, A. R., GRIMALDI, C., DESJARDINS, T., GRIMALDI, M. Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia Oriental. **Revista de Ciência Agrária**. v.52, n.3. p.37-47, 2009.
- RESENDE, A. V.; COELHO, A. M. **Amostragem para o mapeamento e manejo da fertilidade do solo na abordagem de agricultura de precisão**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute-IPNI, setembro/2017. (Informações Agronômicas nº 159).
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Mec/Potafos, 81p., 1988.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMRÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p.25 - 30, 1999.
- ROCKENBACH, C.A **Erosão em entressulco sob diferentes coberturas por resíduos de trigo em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo sob chuva simulada**. Porto Alegre, 1992. 108p. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do sul. (Dissertação de Mestrado)
- RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa monitoramento por satélite: Campinas, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K. PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

- SANTOS, L. A. C. dos; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S.; PEREIRA, A. R. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 319-331, 2012.
- SCHICK, J., BERTOL, I., COGO, N.P., PAZ GONZÁLEZ, A., BARBOSA, F.T., 2014. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico em Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, pp. 1906-1917.
- SCHUURMANN, J.J.; GOEDEWAAGEN, M.A. **Methods for the examination of root systems and roots** 2nd ed. Wageningen: Pudoc, 1971. 24p.
- SILVA JÚNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 566-572, 2012.
- SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica, Manaus**, v. 37, n. 4, p. 543–548, 2007.
- SILVA, A. M da; MORAES, M. L. T. de; BUZETTI, S. Propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 97-106, 2011.
- SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas**: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 23p. (Documentos, 19).
- SILVA, K. R., AMARAL, E. T. O. P., DE OLIVEIRA, A. N., DE MELLO, A. H., & DE OLIVEIRA, G. F. Indicadores químicos do solo sob diferentes usos e manejo no lote 31 do projeto de assentamento veneza no sudeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, Marabá, v. 9, n. 1, p. 227-235, 2017.
- SILVA, L. F. S., DE ANDRADE MARINHO, M., DE OLIVEIRA ROCCO, E., WALTER, M. K. C., & BOSCHI, R. S. Métodos indiretos de estimativa da erodibilidade de um latossolo vermelho da região de Campinas, SP. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 51-58, 2016.
- SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, (Belém), v. 59, p. 9-15, 2016.
- SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2015, 13 p. (Documentos, 206).
- SOUZA, A. G. C.; BERNI, R. F.; SOUZA, M. G.; SOUSA, N. R.; SILVA, S. E.L.; TAVARES, A. M.; ANDRADE, J. S.; BRITO, M. A. M.; SOARES, M. S.

- C. Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 2007.
- 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.
- SOUZA, M. D. VIEIRA LIGO, M. A.; SKORUPA, L. A.; PIRES, A. M. M.; FILIZOLA, H. F. **Atributos físicos e químicos de área degradada tratada com lodo de esgoto**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 6 p. (Circular técnica, 21).
- SPSS Inc. Statistical Analysis Using SPSS. Chicago. 2001.
- STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. S.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.17, n.12, p.1301-309, 2013.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 229-35, 1991.
- SUDHARHSAN, S.; SENTHILKUMAR, S.; RANJITH, K. Physical and nutritional factors affecting the production of amylase from species of Bacillus isolated from spoiled food waste. **African Journal of Biotechnology**, v.6, p 430-435, 2007.
- SUFRAMA. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: cupuaçu**. Manaus: Fundação Getúlio Vargas, 2003. v. 4, 62p.
- TAVARES FILHO, J. et al. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p.436-441, 2012.
- TAVARES, A. M.; ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; PEREIRA, J. C. R.; ARAÚJO, J. C. A.; MOARES, L. A. C.; SANTOS, L. P.; GARCIA, M. V. B.; ARRUDA, M. R.; SOUSA, N. R.; ANGELO, P. C. S. **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. 4. ed. Manaus, 2005. 40 p. (Embrapa Amazônia Ocidental - Sistemas de Produção; 2).
- TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J. & PEREIRA, M.G. Alterações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Ci. Agrotec.**, 35:437-445, 2011.
- TRINDADE, E. F. S.; KATO, O. R.; CARVALHO E. J. M.; SERAFIM E. C. S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Belém, v. 6, n. 12. 2011.

- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National Soil Survey Handbook n. 430. Washington, DC: USDA, 1983.**
- VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: Etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente**, 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, n.3, p.631-637, 2011.
- VASCONCELOS, R. F. B. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-deaçúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 309-316, 2010.
- VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009.
- VOGEL, G. F., & FEY, R. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 21-26, 2016.
- 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.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. P. 319-344, 1980.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (**Agriculture Handbook, 5**).
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **J. Soil Water Conserv.**, 26:189-193, 1971.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, 1988.