

ARLEY FIGUEIREDO PORTUGAL

**GEOAMBIENTES DE TERRA FIRME E VÁRZEA DA REGIÃO DO JURUÁ,
NOROESTE DO ACRE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

ARLEY FIGUEIREDO PORTUGAL

**GEOAMBIENTES DE TERRA FIRME E VÁRZEA DA REGIÃO DO JURUÁ,
NOROESTE DO ACRE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2009.

João Luiz Lani
(Coorientador)

Rogério Mercandelle Santana

Edson Alves de Araújo

Genelício Crusoé Rocha

Luiz Eduardo Ferreira Fontes
(Orientador)

À Deus, pela vida, salvação e o amor, que é sem medida
À minha querida esposa, pela vida vivemos juntos
Às minhas filhas Milena e Hadassa, que Deus as abençoe
Aos meus pais, Paulo (in memorian) e Marlene
Aos meus irmãos, Allysson e Gisselli

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Senhor da minha vida, na pessoa de Jesus Cristo.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV), e ao Departamento de Solos que me concederam o privilégio desta oportunidade.

A FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudo.

Ao programa PPG7/CNPq, pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

Ao professor Luiz Eduardo Ferreira Fontes, pela orientação e presteza no decorrer deste percurso.

Aos conselheiros, Carlos Ernesto R. G. Schaeffer e João Luiz Lani, pela paciência, pelos ensinamentos, pela colaboração e dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

A sede do IBAMA de Cruzeiro do Sul, por todo o apoio logístico que forneceu para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores, com os quais tive a oportunidade de cursar disciplinas, pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os funcionários do Departamento de Solos/UFV, pela ajuda e amizade.

Aos colegas de curso, que ao meu lado estiveram, nos estudos e também nos momentos de lazer.

A toda minha família, que sempre esteve do meu lado, podendo sempre contar com a ajuda deles.

Aos velhos amigos..., e aos novos também, todos mesmo!!!

E a todos que, de alguma forma, tiveram contribuição na realização deste trabalho.

..... que Deus lhes seja grato, em todos os sentidos!!!

..... Meu Muito Obrigado!!!

BIOGRAFIA

ARLEY FIGUEIREDO PORTUGAL, filho de Paulo Legs Amon Portugal e Marlene Figueiredo Portugal, nasceu 02 de dezembro de 1977 na cidade de Boa Esperança, Minas Gerais.

Em março de 2003, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2005, obteve o título de *Magister Scientiae* em Solos e Nutrição de Plantas, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Em março de 2005 ingressou no Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, vindo a defender o título de *Doctor Scientiae* nesta ocasião.

SUMÁRIO

	Pg.
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1 – ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1. Caracterização da região de estudo	7
2.2. Amostragem de solo	8
2.3. Análises laboratoriais.....	11
2.4. Análise estatística	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1. Textura, argila dispersa em água e grau de flocculação	15
3.2. Ataque sulfúrico e teor de Fe solúvel em citrato-ditionito e em oxalato..	17
3.3. Densidade do solo.....	18
3.4. Porosidade total, macroporosidade e microporosidade.....	20
3.5. Distribuição de tamanho de poros e carbono orgânico do solo.....	22
3.6. Condutividade hidráulica meio saturado.....	24
3.7. Retenção de água no solo e curva de retenção de água a baixas tensões..	26
3.8. Índices de estabilidade estrutural.....	30
3.9. Resistência do solo à penetração.....	33
4. CONCLUSÕES.....	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

CAPÍTULO 2 - ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NOS COMPARTIMENTOS DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE.....	43
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.1. Caracterização da região de estudo.....	45
2.2. Amostragem de solo.....	49
2.3. Análises de carbono e nitrogênio total e compartimentos de carbono do solo.....	49
2.4. Análises químicas do solo.....	50
2.5. Análise estatística.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.1. Caracterização textural dos Argissolos.....	52
3.2. Análises químicas.....	53
3.3. Carbono orgânico e nitrogênio total	62
3.4. Substâncias húmicas.....	65
3.5. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.....	69
3.6. Carbono orgânico lábil e índice de manejo de carbono (IMC).....	71
4. CONCLUSÕES.....	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DA VÁRZEA DO RIO JURUÁ NAS PROXIMIDADES DE CRUZEIRO DO SUL - NOROESTE DO ACRE.....	80
1. INTRODUÇÃO.....	80
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	82
2.1. Caracterização da região de estudo e amostragem.....	82
2.2. Análises laboratoriais	86
2.2.1. Análises químicas.....	86

2.2.2. Análises mineralógicas	88
2.2.3. Análises físicas.....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
3.1. Caracterização morfológica dos Neossolos flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá.....	91
3.2. Caracterização química dos Neossolos flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá.....	94
3.3. Caracterização mineralógica dos Neossolos flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá.....	104
3.4. Ataque sulfúrico e extração de Fe por ditionito e oxalato.....	111
3.5. Caracterização física dos Neossolos flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá.....	114
4. CONCLUSÕES.....	125
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	126
2.CONCLUSÕES GERAIS.....	134

RESUMO

PORTUGAL, Arley Figueiredo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Geoambientes de terra firme e várzea da região do Juruá, noroeste do Acre.** Orientador: Luiz Eduardo Ferreira Fontes. Co-Orientadores: João Luiz Lani e Carlos Ernesto G.R. Scheafer.

No Acre há dois ambientes principais, com características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e fitossociológicas bem distintas, sendo eles: a várzea, que são terras marginais aos rios com inundações periódicas, e a terra firme, onde não há inundações. O Acre possui 88 % do seu território sob floresta, e do total desmatado, 81 % tem sido utilizado com pastagens extensivas. No Acre, especialmente a noroeste do Estado, os ambientes de várzea e terra firme ainda são pouco estudados, o que justifica trabalhos para entender estes ambientes e avaliar impactos antrópicos. Nesse sentido o objetivo deste trabalho é caracterizar física, química e mineralogicamente o ambiente de várzea e avaliar alterações físicas, químicas e nos estoques de carbono no ambiente de terra firme, a noroeste do Acre. O trabalho foi realizado na microregião do Juruá, nos municípios de Cruzeiro do Sul e Rodrigues Alves. O clima da região é caracterizado pelas altas temperaturas e elevados índices pluviométricos, com média anual de 2.171 mm, sendo classificado como tropical úmido Awi (Köppen). No geoambiente de várzea foram avaliados quatro perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico e três de Vertissolos Háplico órtico. No geoambiente de terra firme foram estudados os usos com mata nativa, pastagem com 10 anos, pastagem com 20 anos e capoeira com 10 anos, em Argissolo Vermelho-amarelo distrófico. Foi realizada descrição morfológica dos perfis e foram avaliados parâmetros físicos, químicos, mineralógicos e biológicos dos solos. No ambiente de terra firme houve predomínio das frações areia (areia grossa + areia fina) em todos os usos e profundidades avaliadas. A retirada da mata nativa e implantação de pastagens causaram um impacto negativo sobre as propriedades físicas e no estoque de carbono do Argissolo. Houve maiores valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração e redução da porosidade (macroporos maiores que 145 μm) e da condutividade hidráulica, entretanto não houve alteração na estabilidade de agregados

e água disponível. Os estoques de carbono e nitrogênio total, as frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina bem como o carbono microbiano foram reduzidos na pastagem. A capoeira apresentou recuperação parcial das propriedades físicas do solo, bem como dos estoques de carbono microbiano do solo, demonstrando que o pousio e a formação de capoeira possuem efeitos benéficos na reabilitação dessas áreas. No ambiente de várzea pode-se observar que os solos são predominantemente siltosos, com ausência de areia grossa e elevada argila dispersa em água, provavelmente devido aos teores elevados de magnésio. Os solos também apresentaram pH elevado e altos teores de nutrientes, especialmente Ca^{2+} , porém os teores de carbono do solo foram muito baixos. Na fração argila e silte dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos predominam os minerais primários mica, feldspato, olivina e plagioclásios, além de conteúdo significativo de esmectitas, vermiculitas, ilita, caulinita e quartzo, refletindo a natureza geológica andina, onde o Rio Juruá tem sua nascente. Houve predomínio da fração areia leve, que é composta predominantemente pelos minerais quartzo, feldspato, plagioclásio e rutilo. Os solos apresentaram elevados teores de SiO_2 e baixos teores de Fe_2O_3 , além de elevada relação Fe_o/Fe_d , indicando a baixa pedogênese destes solos e presença de formas menos cristalinas de ferro. Os Neossolos Flúvicos apresentaram boa porosidade, entretanto com baixos valores de macroporosidade e elevada microporosidade, o que resultou em reduzida condutividade hidráulica e boa capacidade de retenção de água. Não obstante a baixa macroporosidade, os valores de resistência do solo à penetração foram baixos, não representando impedimento físico ao crescimento radicular. Os valores de densidade do solo para os Vertissolos foram elevados, o que pode configurar uma barreira física ao crescimento radicular.

ABSTRACT

PORTUGAL, Arley Figueiredo, D.Sc., University of Viçosa, February, 2009. **Juruá dry land and wet land geoenvironments, northwest of Acre state** Adviser: Orientador: Luiz Eduardo Ferreira Fontes. Co-Advisers: João Luiz Lani and Carlos Ernesto G. R. Scheafer.

There are two main environments in Acre State, with distinct geologic, geomorphologic, pedologic and fitossociologic characteristics and they are known as wetland which is marginal lands to Rivers, with periodic flooding and a dry land with no flood. In the State of Acre 88% of its land is cover by forest and from all deforested area 81% is used for extensive pastures. In this region, especially in the northwest, the wet and dry lands are little studied, which, justifies researches to better understanding those environments and evaluate the anthropogenic impacts. In this sense, the objective of this research is characterize physically, chemically and mineralogically the wet land environment, and also evaluate the physical, chemical and carbon storage disturbances in the northwest of Acre State. The research was executed in the Juruá micro region at the Cruzeiro do Sul and Rodrigues Alves counties. The region climate is characterized by high temperatures and pluviometric measures, with an annual precipitation average of 2.171mm. The climate is classified as Tropical Humid Awi (Koppen). In the wet land geoenvironment were evaluated 04 (four) Neossolo Flúvico Ta eutrófico profiles and 03 (three) Vertissolos Háplicos órtico profiles. In the dry land environment were studied the land use with native forest, 10 year old pasture, 20 year old pasture, and 10 year old forest regeneration, all of them in Argissolo Vermelho-amarelo distrófico. The soil profiles had a morphological description and were evaluated its physical, chemical, mineralogical and biological parameters. In the wet land environment there was a domination of sand fraction in every land use and different depths evaluated. The removal of native forest and pasture introduction caused a negative impact over the physic properties of the soil and carbon storage in the soil. There was high values of soil density and soil resistance to penetration and porosity (macroporosity higher than 145 μm) and hydraulic conductivity, although,

there were not found disturbances in the aggregated stability and available water. The total carbon and nitrogen storages, fulvic acids, humic acids and humin, as well as the microbiological carbon were reduced in the pasture. The forest regeneration area showed partial recovering in the soil physic properties, as well as in the microbiological carbon soil storage, showing that the non-use and forest regeneration contributes to positive effects to those areas rehabilitation. In the wet land area can be observed that the silted soils are dominant with an absence of thick sand and high water dispersed clay, due to a high level of magnesium. The soils also showed high pH and nutrient levels, especially Ca^{2+} , but the levels of carbon were much reduced. In the clay and silt fraction of Neossolos Flúvicos and Vertissolos, the predominant are: primary minerals, mica, feldspar, olivine and plagioclase, besides the significant content of smectite, vermiculite, illite, kaolinite and quartz, this reflects the Andes geological nature, where Juruá River has its spring. There was a soft sand fraction domination, which, is formed basically by minerals as quartz, feldspar, plagioclase and rutile. The soils showed high levels of SiO_2 and low levels of Fe_2O_3 , besides of having high Fe_o/Fe_d ratio, indicating low paedogenesis of this soils and less crystallized iron presence. The Neossolos Flúvicos showed good porosity, although with low levels of macroporosity and high levels of microporosity, which leads to a reduced hydraulic conductivity and good water retention capacity. Besides having a low macroporosity, the soil resistance to penetration values were low, which indicates that there is no physical barrier for root growing. The soil density values for Vertissolos were high, which indicates that can be a physical barrier for root growing.

INTRODUÇÃO GERAL

A ocupação da Amazônia preocupa na medida em que os efeitos do uso desordenado causam degradação ao meio ambiente. Essa situação justifica a necessidade de estudos que venham contribuir na determinação de fatores para o conhecimento real desses níveis de degradação, e pesquisas que possibilitem definir os vários tipos de “áreas degradadas”.

O Acre, situado na Amazônia ocidental, possui uma das maiores regiões preservadas do Brasil, cerca de 88,3 % do seu território. Do total desmatado até 2004, em torno de 81 % (13.352 km², o equivalente a 1,3 milhões de hectares) são utilizados com pastagens extensivas. A gramínea forrageira com maior área plantada tem sido a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A exemplo dos demais estados que compõem a Amazônia Legal, estima-se também que no Acre, metade das áreas ocupadas por pastagens (cerca de 667.000 ha) apresentem algum tipo de degradação (Oliveira et al., 2006).

Os assentamentos e a pecuária extensiva são as principais formas de ocupação da terra, responsáveis pela maior parte do desmatamento do Estado. O uso da terra no Acre por pequenos produtores em áreas de assentamentos baseia-se, em grande parte, no processo de derruba e queima da floresta primária e, ou, secundária (capoeira) seguida do plantio de culturas anuais como arroz, milho, feijão e mandioca por um período médio de um a dois anos. Após este período, em razão de fatores como o empobrecimento químico do solo, surgimento de plantas espontâneas, ocorrência de pragas e doenças, dentre outros, o produtor deixa a terra em pousio. Esse pousio ocorre em ciclos que variam em média 5 a 10 anos, para recuperação de sua fertilidade e, ou,

incorpora pastagens extensivas, enquanto novas áreas são desmatadas para utilização com culturas ou formação de pastagens.

Medidas de melhoramento e reabilitação dessas áreas devem ser adotadas, a fim de reverter o processo de deterioração ambiental e social, estimulando a permanência dos agricultores em suas áreas. Iniciativas técnicas sustentáveis proporcionarão de forma viável e racional, uma melhor qualidade de vida a esses produtores, minimizando o êxodo para os centros urbanos e, conseqüentemente, os graves problemas sociais.

Além da pressão do desmatamento nos geoambientes de “terra firme”, os geoambientes de várzeas também têm sofrido grande pressão antrópica no Acre. As várzeas são áreas periodicamente inundadas, com sedimentos de composição química e mineralogia variável, que estão sendo constantemente retrabalhados pelos rios, erodindo algumas formações e criando outras através do processo de deposição.

Para a Amazônia as áreas de várzea desempenham um papel fundamental na economia desde a época pré-colombiana, devido à melhor fertilidade de seus solos, sendo de extrema importância, quer nos aspectos do manejo do solo, segurança alimentar, localização de moradias e distribuição espacial do uso da terra. Entretanto, o acesso mais fácil e a riqueza natural fizeram das várzeas um dos ecossistemas mais ameaçados da Amazônia.

O ambiente de várzea no Acre, e na Amazônia em geral, é onde se concentra a população ribeirinha, e onde constroem suas casas e plantam seus alimentos, bem como tem papel fundamental como principal via de transporte. São áreas extensas, com diferentes características de solos de acordo com os sedimentos carreados pelos rios, porém muito pouco conhecidas em relação as suas potencialidades e limitações.

Assim, urge a necessidade de definir uma estratégia eficiente de uso da terra nos ambientes de terra firme e várzea no Acre e na Amazônia em geral. Neste contexto, o objetivo deste estudo é caracterizar física, química e mineralogicamente os geoambientes de várzea, e avaliar as alterações físicas e químicas do solo e na dinâmica do carbono com a retirada da mata e implantação de pastagem na terra-firme, na microrregião do Juruá. Assim, de modo a alcançar os objetivos propostos, esta tese foi compartimentalizada em três capítulos, sumarizados a seguir.

O **capítulo 1**, intitulado “ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ECOSSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE” objetivou avaliar os impactos nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico com a retirada da floresta original, onde foi avaliada uma pastagem com 10 anos, uma pastagem com 20 anos e uma área em pousio (capoeira) de 10 anos, tendo a mata como referência.

O **capítulo 2**, intitulado “ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NOS COMPARTIMENTOS DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM ECOSSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE” objetivou avaliar as alterações nos atributos químicos e nos estoques de carbono dos compartimentos de carbono orgânico e nitrogênio de um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico após a retirada da mata nativa e implantação de pastagens no noroeste do Acre.

O **capítulo 3**, intitulado “CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DA VÁRZEA DO RIO JURUÁ NAS PROXIMIDADES DE CRUZEIRO DO SUL - NOROESTE DO ACRE” objetivou caracterizar os dois principais pedoambientes presentes na várzea do Rio Juruá utilizados para a agricultura. Esses pedoambientes são constituídos pelos Neossolo Flúvicos, que são áreas inundadas pelo rio no período chuvoso, resultando no aporte de minerais trazidos pelo rio; e os Vertissolos, presentes no primeiro terraço do Rio Juruá, que são áreas que não sofrem mais inundações.

CAPÍTULO 1

ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE

1. INTRODUÇÃO

O Acre é uma das últimas fronteiras da Amazônia Ocidental brasileira e localiza-se entre as latitudes de 07°07S e 11°08S, e as longitudes de 66°30 W e 74°WGr, e ocupa uma área de aproximadamente 164.221,36 Km² (16.422.136 ha) correspondente a 4% da área amazônica brasileira e a 1,9% do território nacional (PASSOS, 2006).

No Acre, o uso da terra por pequenos produtores em áreas de assentamentos baseia-se, em grande parte, no processo de derruba e queima da floresta primária e, ou, secundária (capoeira) seguida do plantio de culturas anuais como arroz, milho, feijão e mandioca por um período médio de um a cinco anos (FUJISAKA et al., 1996; FUJISAKA & WHITE, 1998; AMARAL et al., 2001). Após este período, em razão de fatores como o empobrecimento químico do solo, surgimento de plantas daninhas, ocorrência de pragas e doenças, dentre outros, o produtor deixa a terra em pousio, em ciclos que variam em média cinco a dez anos, para recuperação de sua fertilidade e, ou, incorpora pastagens extensivas, enquanto novas áreas são desmatadas para

utilização com culturas (AMARAL, et al., 2001, MATHIEU et al., 2004; NUMATA et al., 2007).

O Acre possui uma das maiores regiões preservadas do Brasil, cerca de 88 % do seu território encontram-se sob floresta (INPE, 2008). Do total desmatado, em torno de 81 % (13.352 km², o equivalente a 1,3 milhões de hectares) tem sido utilizado com pastagens extensivas (OLIVEIRA et al., 2006), o que demonstra a grande expressão da pecuária no Estado.

Especialmente, as áreas com pastagens ocupam o maior percentual entre as tipologias agrícolas, apresentando uma grande área de ocupação entre as áreas desmatadas no Estado do Acre. Os rebanhos se caracterizam pela criação com a finalidade de corte nas grandes fazendas e pelo criatório destinado ao corte e leite em áreas dos projetos de assentamento (VALENTIN & GOMES, 2006).

Com o advento do Zoneamento Ecológico Econômico do Acre, o Estado passou a ser dividido em cinco regionais de desenvolvimento: Microrregiões do Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá/Envira e Juruá, estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (ACRE, 2000; ACRE, 2006).

A regional do Alto Juruá, constitui-se numa área de grande diversidade biológica, mas em decorrência da colonização recente, a tendência tem sido a mudança no padrão de ocupação da terra (ACRE, 2006). A microrregião do Juruá, até o ano de 2004, apresentava área desflorestada de 1604,5 km², o correspondente a 5,11 % dessa microrregião. Os municípios de Cruzeiro do Sul e Rodrigues Alves foram os que apresentaram maiores áreas desflorestadas, com 7,2 e 11,7 % da área do município (INPE, 2008).

Neste sentido, a identificação e realização de medidas de melhoramento e reabilitação de áreas com pastagem alteradas e subutilizadas em bases sustentáveis, devem ser adotadas, com o intuito de reverter o processo de deterioração ambiental e social, e estimular a permanência do agricultor no meio rural.

A expansão das áreas de pastagens no Acre vem se tornando menos viável devido às crescentes restrições da legislação ambiental (VALENTIN & GOMES, 2006). Assim, a alternativa dos produtores deve ser a busca de sistemas sustentáveis de produção de maneira a propiciar o incremento na produtividade das áreas de pastagens

já existentes por meio da incorporação de tecnologias aos sistemas produtivos com o mínimo de impacto aos ecossistemas.

Ao derrubar a vegetação nativa para instalar plantações, há remoção de sistemas biológicos complexos, multiestruturados, diversificados e estáveis, e a sua substituição por sistemas simples e instáveis provoca variações nas suas propriedades físicas. A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. A introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso e manejo adotados e a natureza do solo. De maneira geral, com o uso intensivo dos solos, geralmente ocorre deterioração de suas propriedades físicas.

O pisoteio animal em toda superfície e, às vezes, repetidamente no mesmo local, pode promover drásticas alterações nas condições físicas do solo para o crescimento do sistema radicular, como resultado da compactação do solo. A compactação é um processo de degradação do solo usualmente descrito como uma deterioração de sua estrutura, manifestada pela alteração de importantes propriedades físicas (LAL, 1979). Qualquer alteração significativa que ocorra na estrutura do solo, seja pela compactação, seja por outro processo, provocará mudanças nas relações solo-água-ar (PEDROTTI & DIAS JUNIOR, 1996). Portanto, é de fundamental importância buscar práticas de manejo que mantenham ou melhorem as condições estruturais dos solos.

A degradação das pastagens cultivadas tem representado uma ameaça a sustentabilidade do sistema de produção de carne no Brasil. A maior parte dos estudos que abordam o problema relaciona o processo de degradação com as interações entre fatores zootécnicos (taxa de lotação animal), da planta (perda de vigor, alteração morfológica) e do solo (propriedades químicas), enquanto o problema de degradação física do solo tem sido deixado em segundo plano (LEÃO et al., 2004).

No Acre, as alterações em propriedades físicas do solo em sistemas agropecuários são ainda pouco estudadas, especialmente pastagens instaladas no extremo oeste do estado, que se constitui como uma importante área de ocupação

antrópica no Estado. Neste sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar alterações em propriedades físicas do Argissolo Vermelho-amarelo após a retirada da floresta e implantação de pastagem, no noroeste do Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na microrregião do Alto Juruá, no noroeste do Acre, no assentamento Iucatã, localizado no município de Rodrigues Alves. O assentamento situa-se nas coordenadas 72° 39'30''W e 7° 46'30''S, e foi implantado há aproximadamente 25 anos, apresentando módulos de aproximadamente 10 ha, representa bem a realidade da pecuária extensiva nesta região.

O clima da região é caracterizado pelas altas temperaturas e elevados índices pluviométricos, com média anual de 2.171 mm, sendo classificado como tropical úmido Awi (Köppen), predominando período seco, nos meses de maio a outubro com alta umidade relativa (BRASIL, 1977; LATRUBESSE & RAMONELL, 1994; IBAMA & SOS AMAZÔNIA, 1998). Quanto à geologia, a área esta inserida na província geológica dos depósitos cenozóicos, representada pela Formação Solimões, predominando as rochas sedimentares argilito, siltito e arenito (MOURA & WANDERLEY, 1938; BRASIL, 1977 e CAVALCANTE, 2006).

Estudaram-se os seguintes usos da terra, considerados os tratamentos (Figura 1, Quadro 1):

- (a) mata nativa - Floresta Ombrófila Densa, utilizada com testemunha;
- (b) pastagem com 20 anos de implantação, após cultivo com culturas anuais;
- (c) pastagem com 10 anos de implantação, após a derrubada da mata;
- (d) mata secundária (capoeira), após cultivo com culturas e uso como pastagem.

Em todos os usos ocorre a classe do Argissolo Vermelho-amarelo distrófico. A altitude média do local é de 210 metros e o comprimento médio das lançantes é de aproximadamente 300 metros, sendo que a área avaliada dentro dos usos foi localizada no terço médio da paisagem para todos os usos.

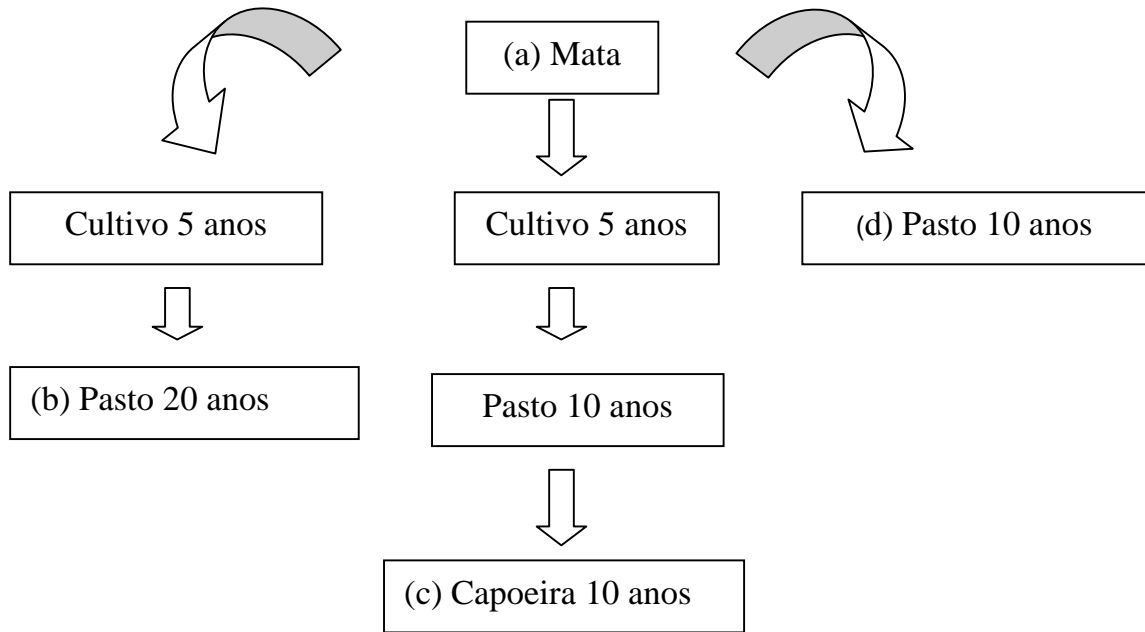


Figura 1. Esquema identificando o histórico de ocupação das áreas que serão avaliadas no ecossistema de pastagens.

A região está situada em duas grandes regiões fitoecológicas: o domínio da Floresta Ombrófila Aberta (FOA) e o domínio da Floresta Ombrófila Densa (FOD) de acordo com BRASIL (1977) e PEREIRA & BERSCH (2006). Estas duas regiões fitoecológicas regionais estão geralmente associadas às grandes feições climáticas e morfoestruturais presentes na bacia amazônica (os Baixos Platôs da Amazônia, o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental e Região Aluvial da Amazônia). Tais feições fitoecológicas regionais (FOA e FOD) estão também condicionadas a fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, coexistindo uma grande diversidade de formações vegetais, sendo o solo o fator principal desta diferenciação. No local do experimento predomina o Domínio da Floresta Ombrófila Densa (FOD).

2.2. Amostragem de solo

A amostragem foi realizada no mês de julho de 2006. Em cada uso (tratamento) foi feita a descrição morfológica do perfil (Santos et al., 2005) (Quadro 2).

Quadro 1. Usos do solo após a retirada da mata e respectivos históricos de cada área estudada

Usos	Histórico de uso da área
Pasto 20 anos	A mata primária foi retirada (derrubada e queima), seguindo-se o plantio de culturas, como o arroz, milho, feijão e mandioca (culturas brancas), durante um período de 5 anos. Nesse sistema não se utilizaram corretivos e fertilizantes químicos, e em razão do empobrecimento do solo e surgimento de plantas espontâneas, pragas e doenças, este sistema foi abandonado e instalou-se o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>) há 20 anos. Na pastagem não se utilizou corretivos e fertilizantes químicos, e o manejo é o de pastoreio contínuo o ano todo, com lotação de 1 a 2 cabeças ha ⁻¹ , podendo ser maior, dependendo das necessidades do produtor. Há ocorrência de queimas esporadicamente, não intencional. Não há ocorrência de solo exposto, e a ocorrência mínima de plantas invasoras.
Pasto 10 anos	A mata primária foi retirada (derruba e queima), seguindo-se o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>), sem antes haver o cultivo do solo com culturas perenes. O manejo é o mesmo da pastagem com 20 anos. Não há ocorrência de solo exposto, e não se tem presença de plantas invasoras.
Capoeira	A mata primária foi retirada (derrubada e queima), seguindo-se o plantio de culturas (arroz, milho, feijão e mandioca), durante 5 anos, depois se instalou o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>), por um período de 10 anos, com o mesmo manejo das pastagens citadas anteriormente. Há 10 anos a pastagem foi abandonada, constituindo-se a capoeira. Portanto foram 15 anos de uso agropecuário e 10 anos na forma de capoeira.



Figura 2. Vista geral do ambiente no noroeste do Acre, no assentamento no município de Rodrigues Alves, onde foi realizado o trabalho.

Para a coleta de amostras, uma área de aproximadamente 1 hectare dentro de cada uso foi separada em quadrantes (parcelas). Em cada quadrante, de modo aleatório, foram abertas três trincheiras, nas quais foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 45 a 55 cm, a fim de se avaliar os impactos do uso antrópico nas propriedades físicas do solo. Também, dentro de cada quadrante, foram retiradas 20 amostras simples para formar uma amostra composta, em cada profundidade, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Quadro 2. Descrição sumária dos atributos morfológicos dos perfis de Argissolo Vermelho-amarelo distrófico nos diferentes usos

Horiz.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura
Mata				
A	0 - 15	5 YR 4/3	Franco-Arenosa	Fraca pequena granular e fraca pequena blocos subangulares;
A/B	15 - 30	5 YR 4/6	Franco-Argilo-Arenosa	Fraca pequena/média blocos subangulares;
B/A	30 - 45	5 YR 5/4	Franco-Argilo-Arenosa	Forte média/grande blocos subangulares e angulares;
B _t	45 - 70	5 YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Forte média/grande blocos subangulares e angulares; (cerosidade moderada e comum)
Capoeira				
A _p	0 - 8	5 YR 4/4	Franco-Argilo-Arenosa	Fraca pequena granular e fraca pequena blocos subangulares;
A/B	8 - 20	5 YR 4/6	Franco-Arenosa	Fraca pequena/média blocos subangulares;
B/A	20 - 45	5 YR 5/4	Franco-Arenosa	Forte média/grande blocos subangulares e angulares;
B _t	45 - 60	5 YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Moderada/forte grande blocos subangulares e angulares; (cerosidade moderada e comum)
Pasto 10 anos				
A _p	0 - 8	5 YR 4/4	Franco-Arenosa	Fraca pequena granular e moderada média blocos subangulares;
A/B	8 - 15	5 YR 4/6	Franco-Argilo-Arenosa	Fraca pequena/média blocos subangulares;
B/A	15 - 25	5 YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa	Moderada grande blocos subangulares;
B _t	25 - 60	5 YR 5/8	Argilo-Arenosa	Moderada média/grande blocos subangulares; (cerosidade moderada e comum)
Pasto 20 anos				
A _p	0 - 8	5 YR 4/3	Franco-Arenosa	Fraca média blocos subangulares e fraca pequena granular;
A/B	8 - 20	5 YR 4/3	Franco-Arenosa	Fraca pequena/média blocos subangulares;
B/A	20 - 45	5 YR 4/3	Franco-Argilo-Arenosa	Moderada media blocos subangulares;
B _t	45 - 60	5 YR 4/3	Franco-Argilo-Arenosa	Moderada/forte média/grande blocos subangulares; (cerosidade moderada e comum)

2.3. Análises laboratoriais

O carbono orgânico total (COT) foi determinado utilizando o método de Yeomans & Bremner (1988). As análises físicas foram: densidade do solo (método do anel volumétrico), análise textural, argila dispersa em água, grau de flocculação, porosidade total, condutividade hidráulica (meio saturado) e estabilidade de agregados em água, sendo realizadas conforme metodologia descrita por Embrapa (1997). Também foi realizado o ataque sulfúrico para determinar os teores de SiO₂, Al₂O e

Fe₃O₂ nos horizontes A e B dos Argissolos segundo metodologia proposta por Embrapa (1997).

As formas de Fe livre foram extraídas pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (MEHRA & JACKSON, 1960) e as formas de Fe de baixa cristalinidade foram extraídas com oxalato de amônio em concentração de 0,33 mol L⁻¹ a pH 3,0 (McKEAGUE, & DAY, 1966).

Além das análises acima descritas, determinou-se a estabilidade de agregados, adotando-se a técnica descrita por Kemper & Chepil (1965) que separa os agregados em função de seus diâmetros. Utilizou-se jogo de peneiras de malhas 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,105 mm. Forão calculados os índices de agregação: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) (KEMPER & CHEPIL, 1965) e a porcentagem de agregados estáveis na classe > 2 mm (AGRE2), usando as seguintes equações:

$$\text{DMP} = \sum_{xi} \text{DMi}$$

$$\text{DMG} = 10^{\sum_{xi} \log(\text{DMi})}$$

$$\text{AGRE2} = x_{i>2} * 100$$

onde:

x_i - proporção de agregados de cada classe em relação ao total;

DMi - diâmetro médio de cada classe de agregados;

$x_{i>2}$ - proporção de agregados da classe > que 2 mm.

Também foram calculado os macroagregados (MACR) e microagregados (MICRO), somando-se os agregados retidos nas classes acima e abaixo de 250 µm, respectivamente (TISDALL & OADES, 1982). Foi calculado o índice de sensibilidade, sugerido por Bolinder et al. (1999), segundo a expressão:

$$\text{Is} = \text{As}/\text{Ac}$$
, em que

Is - índice de sensibilidade;

As - valor do DMP do solo para cada uso agrícola, e

Ac - valor do DMP do solo sob mata.

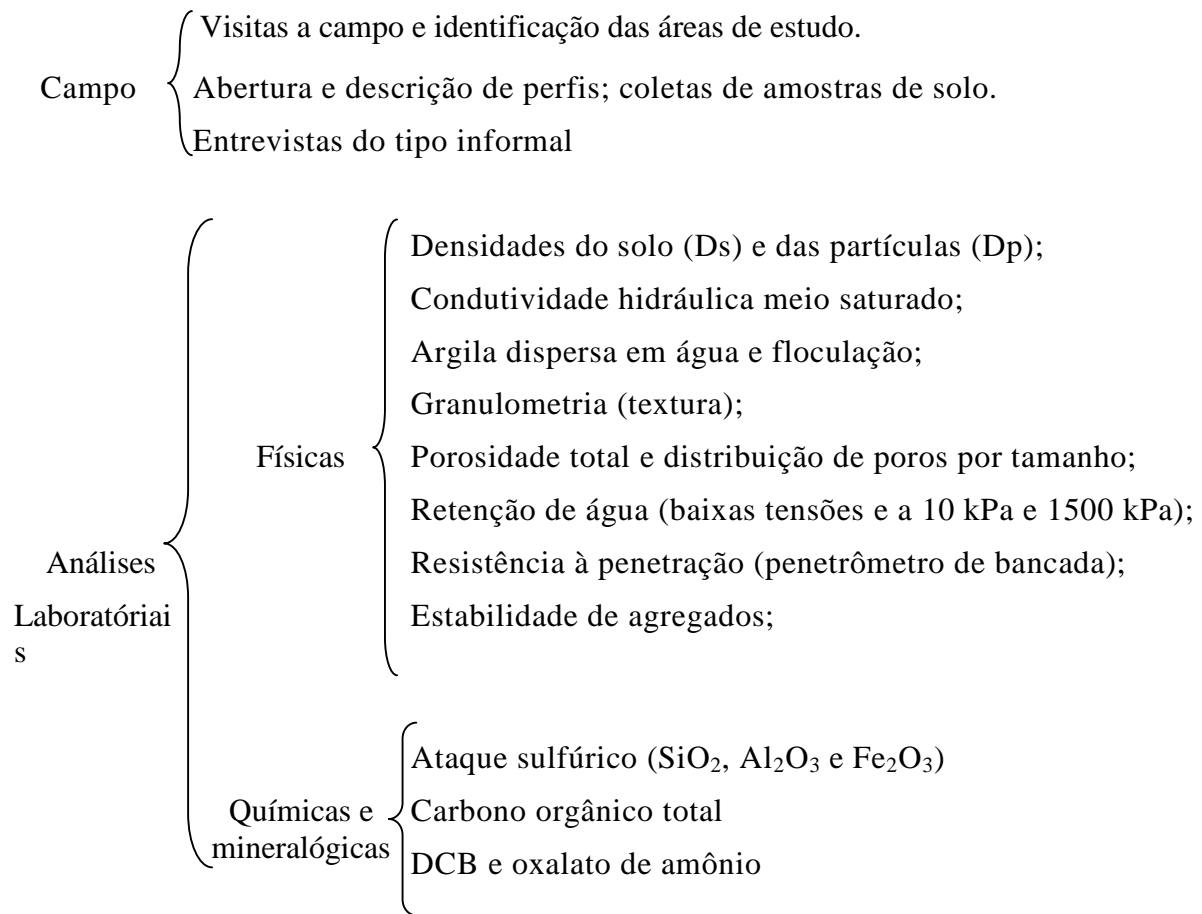


Figura 3. Resumo de atividades desenvolvidas no campo e no laboratório.

Também foi determinada a resistência à penetração em um penetrômetro de bancada, marca marconi, modelo MA-933, com velocidade de avanço de $14,99 \text{ mm min}^{-1}$ e dotado de registro automático de dados em computador, permitindo grande sensibilidade de leitura (utilizou-se as leituras de dados a cada $0,5 \text{ mm}$). Foram realizadas nove leituras em cada uso do solo e em cada profundidade, sendo que as amostras foram anteriormente submetidas à pressão de 1500 kPa , estando, portanto com a umidade referente ao ponto de murcha permanente.

Para determinar a distribuição de poros por tamanho utilizaram-se amostras com estrutura não deformada. Utilizou-se o modelo capilar proposto por Bouma (1991) para o cálculo do diâmetro dos poros, a partir da seguinte equação:

$$DP = 4\sigma \cos \theta / \psi m$$

em que:

DP o diâmetro dos poros (μm);

σ a tensão superficial da água (73,43 kPa a 20 °C);

θ o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado 0); e

ψ_m a tensão de água no solo (kPa).

Utilizou-se o método da mesa de tensão para a determinação do conteúdo de água a 20, 40, 60, 80 e 100 cm de tensão de coluna de água, classificando os poros de acordo com a retenção de água nestas alturas de coluna de água. O limite entre macroporos e microporos foi estabelecido como a tensão de 60 cm de coluna de água, conforme Embrapa (1997). Com estes mesmos valores de tensão foi montada a curva de retenção de água a baixas tensões.

Para a retenção de água foi utilizado amostras com estrutura preservada, submetidas às respectivas pressões por 7 dias. A capacidade de água disponível (CAD) foi determinada subtraindo a água retida no solo sob a pressão equivalente a 10 kPa (capacidade de campo) da quantidade de água retida na pressão equivalente a 1500 kPa (ponto de murcha permanente). Foi utilizada a pressão de 10 kPa para representar a capacidade de campo (CC), baseado em resultados obtidos por Reichardt (1988), que considera essa a melhor tensão para representar a CC em solos tropicais. Foi calculada a relação CC/PT com os dados supra citados.

2.4. Análise estatística

Na análise dos dados, os usos do solo foram os tratamentos, e considerou-se o delineamento inteiramente casualizado. Os efeitos dos tratamentos de uso do solo sobre as suas propriedades foram testados por meio de análise de variância. Analisaram-se os efeitos dos tratamentos em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Textura, argila dispersa em água e grau de flocação

Verifica-se pela análise granulométrica dos solos sob os usos avaliados (Quadro 3), que a fração areia (areia grossa + areia fina) predomina nos quatro solos sob os diferentes usos, mostrando que possivelmente os solos foram formados de rochas com sedimentos mais grosseiros, o que indica que o ambiente de sedimentação no período de formação da rocha foi de maior energia, permitindo maior sedimentação de partículas mais grosseiras. A natureza predominante de areia desses solos se deve ao fato dos mesmos serem originários dos sedimentos areno-argilosos da Formação Solimões (BRASIL, 1977; CAVALCANTE, 2006) indicando que nesta região há um predomínio das frações mais grosseiras.

O teor de argila variou de 11,0 a 38,7 dag kg⁻¹ e os de silte de 15,3 a 24,7 dag kg⁻¹ entre todos os usos e profundidades avaliados. Nota-se que a argila aumenta em profundidade, o que se justifica pelas características climáticas da região, com elevada pluviosidade, que devem favorecer vários processos tais como a translocação de argila para os horizontes inferiores (eluviação e iluviação), perdas laterais de argila e, ou por meio da destruição de argilas através do processo de ferrólise (BRINKMAN, 1970; ARAÚJO, 2000; PHILLIPS, 2004), típico da classe de Argissolo. Também a origem sedimentar da rocha de origem ajuda a explicar a variação textural ao longo do perfil dos Argissolos.

Os teores de argila dispersa em água variaram de 7 a 28 dag kg⁻¹ e os valores de grau de flocação variaram de 11 a 38 % nos Argissolos avaliados (Quadro 4). Estes valores evidenciam uma expressiva dispersão de argila ocorrendo nestes solos, ajudando a explicar as perdas superficiais por processos de translocação. Os baixos valores de grau de flocação, mesmo em camadas mais profundas (45 a 55 cm), sugerem que sejam solos ainda pouco desenvolvidos pedogeneticamente.

Os valores de relação silte/argila variaram de 0,5 a 1,8, sendo que a maioria dos valores foi elevada, indicando menor desenvolvimento pedogenético, conforme Embrapa, (2006) (Quadro 3). Araújo (2008) encontrou valores de relação silte/argila

semelhantes para Argissolos na região leste do Acre, indicando haver semelhanças nos processos pedogenéticos em ambas as regiões.

Quadro 3. Textura, teores médios de argila dispersa em água (Ada), grau de flocculação e relação silte/argila (s/Arg) do Argissolo Vermelho-amarelo sob os usos com mata, capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm.

Usos	Ag ¹	Af ²	s ³	Arg ⁴	Ada	Gf	s/Arg
	..... dag kg ⁻¹ % ..		
0 - 10 cm							
Mata	30,0	39,0	15,3	15,3	10	38	1,0
Capoeira	36,7	32,2	20,0	11,0	7	38	1,8
Pasto 10 anos	40,7	23,7	16,7	19,0	14	24	0,9
Pasto 20 anos	34,0	28,3	20,3	17,3	15	11	1,2
10 - 20 cm							
Mata	25,7	33,3	18,3	22,7	15	33	0,8
Capoeira	32,7	29,7	23,7	14,0	11	20	1,7
Pasto 10 anos	33,0	23,3	17,3	26,3	21	17	0,7
Pasto 20 anos	22,0	18,7	20,7	38,7	19	13	0,5
45 - 55 cm							
Mata	22,0	32,3	20,0	25,7	20	23	0,8
Capoeira	26,0	24,0	24,7	25,3	20	23	1,0
Pasto 10 anos	27,3	21,0	18,0	33,7	28	14	0,5
Pasto 20 anos	29,0	28,0	21,0	22,0	20	11	0,9

¹areia grossa; ²areia fina; ³silte; ⁴argila

Os solos, em todos os usos, na profundidade de 0 a 10 cm, enquadram-se como sendo da classe textural franco-arenoso, segunda classificação de Santos et al., (2005). Na profundidade de 10 a 20 cm, os solos sob a mata e a pastagem com 10 anos foram classificados como franco-argilo-arenoso, e a capoeira como franco-arenoso, ao passo

que o solo sob pastagem com 20 anos foi classificado na classe textural argila. Na profundidade de 45 a 55 cm, todos os solos foram classificados como franco-argilo-arenoso (Quadro 3).

3.2. Ataque sulfúrico e teor de Fe solúvel em citrato-ditionito e em oxalato

Os teores de ferro (Fe_2O_3) variaram de 1,0 a 4,0 dag kg^{-1} , com os menores valores ocorrendo no horizonte A e os maiores no horizonte B_t , o que é função do maior teor de argila nesse horizonte (Quadro 4). Entretanto, os valores de Fe_2O_3 foram baixos, sendo todos menores de 8 dag kg^{-1} utilizado na classificação da Embrapa (2006), e, portanto, são solos hipoférricos.

Esses valores indicam que provavelmente ocorreu baixo teor de ferro na gênese da rocha sedimentar nesta região. Por outro lado os teores de SiO_2 e Al_2O foram mais elevados que os de Fe_2O_3 . Os valores elevados de Ki indicam que estes solos são predominantemente de natureza caulinítica (EMBRAPA, 2006), o que está de acordo com o afirmado por Schaefer (2000) em relação aos solos do Acre. Os teores de Al_2O foram menores no horizonte A em todos os usos, o que será devido à complexação do Al pela matéria orgânica, em maior quantidade neste horizonte. Os teores de ferro solúveis em citrato-ditionito (Fed) e em oxalato (Feo) mostram que há o predomínio de formas cristalinas de ferro nos Argissolos, e pouca ocorrência de formas amorfas.

Quadro 4. Caracterização do Argissolo Vermelho-amarelo com relação aos óxidos de silício, alumínio e ferro pelo ataque sulfúrico e teores de ferro solúveis em citrato-ditionito (Fed) e em oxalato (Feo), relação Feo/Fed e teor de ferro cristalino (Fec) nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm

Horizontes	SiO ₂	Al ₂ O	Fe ₂ O ₃	Ki ¹	Fe _d	Fe _o	Fe _c ²
	..... dag kg ⁻¹ .....				..... dag kg ⁻¹		
Mata							
A	9,5	4,0	1,9	4,0	3,5	0,7	2,8
B _t	11,0	6,1	2,7	3,0	5,5	0,5	5,0
Capoeira							
A	9,1	2,0	1,0	7,7	2,9	0,8	2,1
B _t	10,4	7,9	3,7	2,3	9,8	0,4	9,4
Pasto 10 anos							
A	7,5	3,4	1,5	3,7	3,0	0,7	2,3
B _t	12,7	8,0	3,2	2,7	4,3	0,5	3,8
Pasto 20 anos							
A	4,7	3,4	1,6	2,3	3,5	0,7	2,8
B _t	12,7	9,4	4,0	2,3	4,8	0,7	4,1

¹ Ki = SiO₂/ Al₂O*1,724 ² Fe_c = Fe_d - Fe_o

3.3. Densidade do solo

De maneira geral, os solos apresentaram proporções equivalentes de tamanhos de partículas (areia, silte e argila) (Quadro 3), de forma que não há o favorecimento do ajuste das partículas (RESENDE et al., 1999), o que poderia favorecer no incremento da densidade do solo.

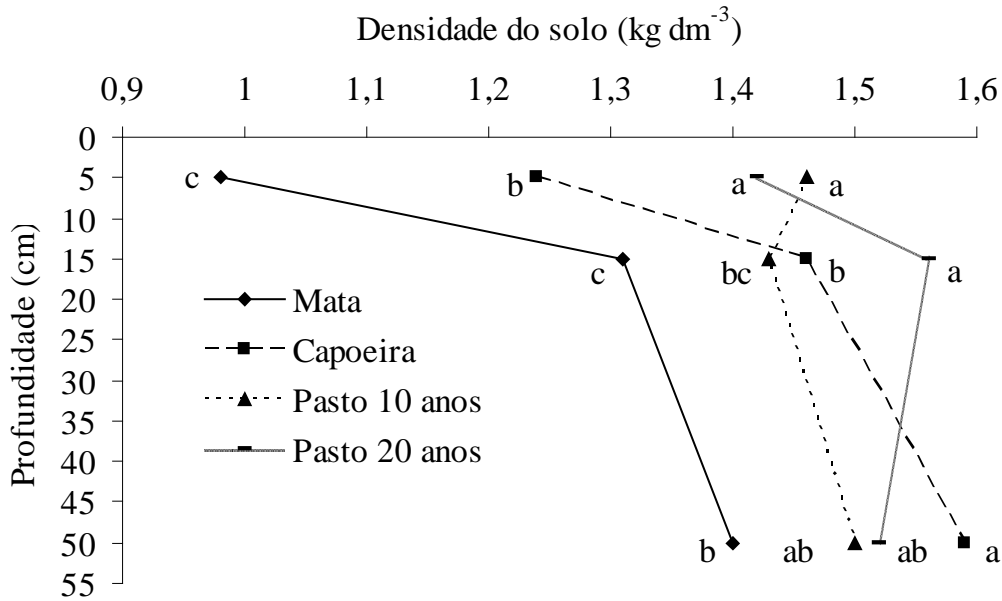


Figura 3. Densidade do solo na mata, capoeira, pasto 10 anos e pasto 20 anos, nas diferentes profundidades. As médias seguidas da mesma letra, dentro de cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Os valores de densidade do solo foram menores para mata em todas as profundidades, evidenciando que a retirada da mata nativa e implantação de pastagem extensiva no noroeste do Acre compactação do solo, tanto em superfície como em subsuperfície (Figura 3).

Houve um aumento na DS em relação à mata de 26, 49 e 45 % para capoeira, pastagem com 10 anos e 20 anos, respectivamente, na profundidade de 0 a 10 cm. De 10 a 20 cm o aumento da DS em relação à mata foi de 11, 9 e 19 % para capoeira, pasto com 10 anos e 20 anos, respectivamente, enquanto na profundidade de 45 a 55 cm houve um aumento da DS de 13, 7 e 8 % respectivamente.

Os resultados de densidade do solo mostram que houve a compactação significativa do solo em superfície após a implantação da pastagem, e que essa compactação foi menor em subsuperfície. Também se observa que o pousio e a formação de capoeira possuíram efeito benéfico sobre os atributos físicos do solo, em especial a densidade do solo. Não obstante os maiores valores de densidade do solo na pastagem, estes valores foram menores que o índice crítico do crescimento radicular de solos arenosos (1,75 kg dm⁻³) (MEDINA, 1985; CORSINI & FERRAUDO, 1999).

Na pastagem, tanto de 10 quanto de 20 anos, os altos valores de DS na superfície estão associados às altas pressões exercidas pelo pisoteio animal, às vezes, repetidamente no mesmo local, que é agravado pelo manejo aplicado, onde se tem superpastejo e uso contínuo da pastagem. Na literatura são mencionados valores de pressões que variam entre 0,25 e 0,49 kPa para bovinos de 400 a 500 kg, podendo atingir a profundidade de 5 a 10 cm (PROFFITT *et al.*, 1993).

Outro fator que contribui para maior DS na pastagem é que com o desmatamento, o solo é exposto à ação direta das gotas da chuva e raios solares, tornando-se fisicamente mais frágil, caracterizando assim o início da sua degradação (PORTUGAL *et al.*, 2008). Dessa forma, há o aumento da ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem, que promovem o rearranjo das partículas, causando o adensamento do solo, especialmente em superfície (OLIVEIRA *et al.*, 1996).

3.4. Porosidade total, macroporosidade e microporosidade

Os valores de porosidade total mostraram comportamento inverso aos de densidade do solo, com maiores valores ocorrendo no solo sob a mata, e os menores nos solos sob pastagens, em todas as profundidades (Figura 4). Pode-se observar que o uso antrópico do solo com pastagem alterou estatisticamente a porosidade total do solo nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, ao passo que de 45 a 55 cm não houve impacto negativo do uso sobre a porosidade total do solo.

Também, 10 anos de abandono das áreas com pastagem para formação de capoeira resultou em recuperação da porosidade total de 0 a 10 cm.

Considera-se um solo com boas condições físicas o que apresente em média 50 % do seu volume ocupado por sólidos, e os outros 50 % por volume poroso, ocupado por gases e água (BRADY, 1989). Nos solos sob pastagem, em todas as profundidades avaliadas, observa-se que a porosidade total é menor que 50 %, especialmente de 0 a 10 cm, evidenciando o efeito deletério do uso com pastagem sobre o espaço poroso do solo nesta região.

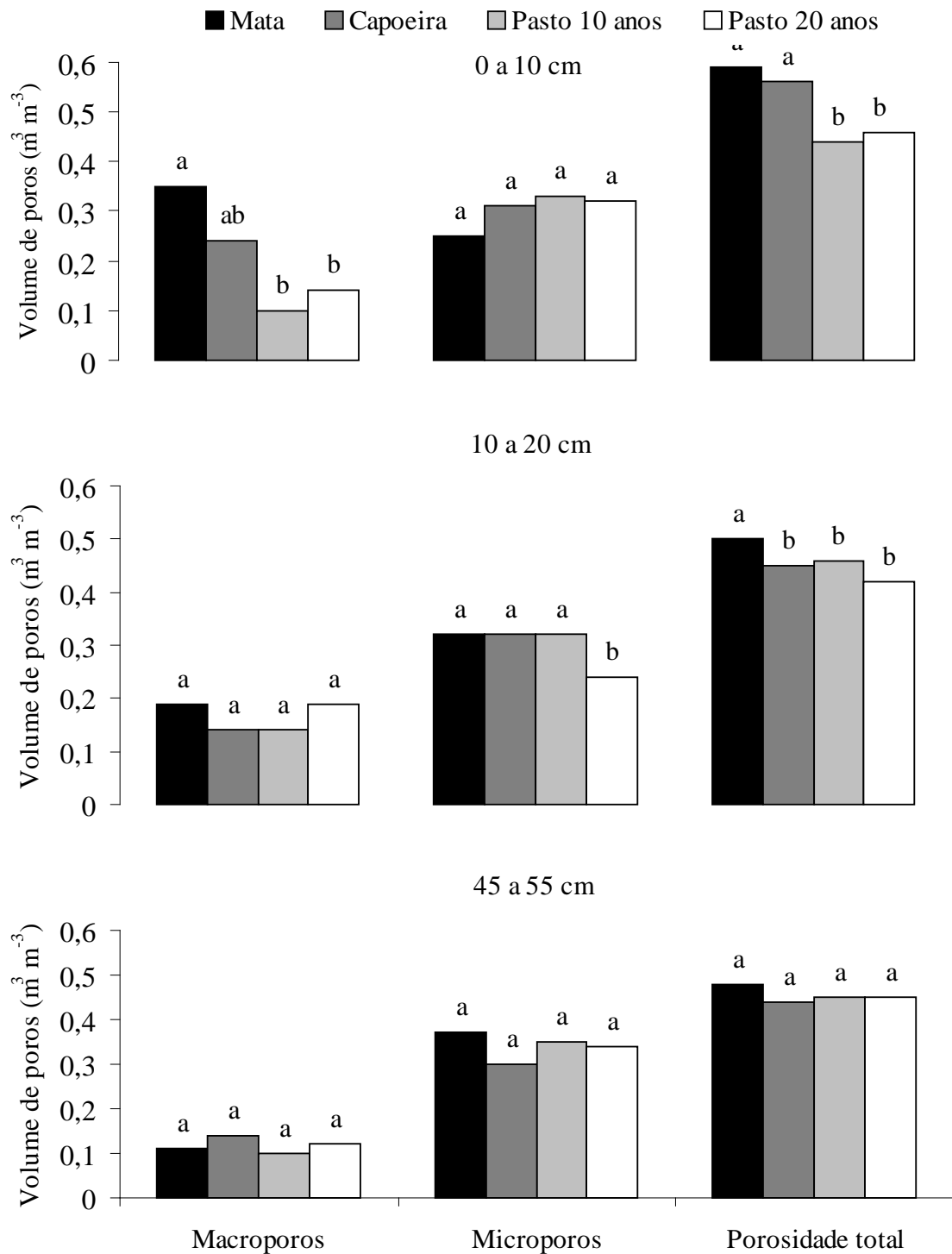


Figura 4. Valores médios de macro, micro e porosidade total do solo nas áreas com mata nativa, capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, nas profundidades avaliadas. Médias seguidas pela mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Com relação à microporosidade, pode-se notar que em nenhum dos usos e profundidades avaliados apresentaram diferença estatística, a exceção da pastagem com 20 anos, que apresentou menor microporosidade de 10 a 20 cm (Figura 4). Isso indica que a redução da porosidade total observada nos solos é devida, preferencialmente, a alterações na redução da proporção macroporos em relação ao número de microporos. Silva & Kay (1997) salientam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura, teor de carbono orgânico e pouco influenciada pela pressão exercida sobre o solo, culminando em aumento da densidade do solo, o que concorda com o observado neste trabalho.

Por outro lado, a macroporosidade apresentou uma redução significativa em relação à mata de 31%, 71% e 60 % para capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, respectivamente, na profundidade de 0 a 10 cm. Nas demais profundidades não houve diferenças estatísticas. Estes resultados confirmam que a redução da porosidade na superfície dos solos sob pastagem foi devido às diferenças na macroporosidade.

Nota-se que os poros de maior diâmetro são os principais afetados pelo efeito da compactação do solo, o que irá afetar grandemente a capacidade de aeração e infiltração de água no solo, já que os macroporos são os responsáveis pela movimentação da água e ar no solo. Este fato é confirmado pelos dados de condutividade hidráulica (Figura 5).

3.5. Distribuição de tamanho de poros e carbono orgânico total

Pela distribuição de tamanhos de poros pode-se notar que, com exceção da pastagem com 10 anos na classe de poros entre 50 e 9 μm , todos os demais usos do solo, em todas as profundidades, não se diferenciaram estatisticamente para as classes de poros menores que 50 μm , considerada limite entre macroporosidade e microporosidade (Quadro 5). Este resultado confirma que o impacto da retirada da mata e implantação de pastagem no noroeste do Acre sobre a porosidade do Argissolo não resultou em impactos significativos sobre a microporosidade do Argissolo.

Por outro lado, pode-se notar que o uso com pastagem provocou redução significativa nas classes de poros maiores que 50 μm (macroporos). Nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm, ao passo que na profundidade de 45 a 55 cm não ocorreu impacto negativo em nenhuma classe de poros.

Quadro 5. Valores médios para carbono orgânico total do solo (COT) e distribuição de tamanho de poros do Argissolo Vermelho-Amarelo sob mata, capoeira, pasto com 10 anos e pasto com 20 anos, nas diferentes profundidades avaliadas

Usos	COT	Tamanho de poros (μm)					
		>145	145-73	73-50	50-9	9,0-2,9	<2,9
	dag kg	-----m ³ m ⁻³ -----					
		0 - 10 cm					
Mata	3,1 a	0,24 a	0,08 a	0,03 a	0,02 ab	0,01 a	0,22 a
Capoeira	1,4 b	0,12 ab	0,09 a	0,03 a	0,02 a	0,01 a	0,28 a
Pasto 10 anos	2,0 ab	0,06 b	0,03 b	0,01 b	0,01 b	0,01 a	0,33 a
Pasto 20 anos	1,2 b	0,04 b	0,07 b	0,03 a	0,02 a	0,01 a	0,34 a
		10 - 20 cm					
Mata	1,0 a	0,13 a	0,04 a	0,02 b	0,01 a	0,01 a	0,29 a
Capoeira	1,0 a	0,06 b	0,05 a	0,03 ab	0,02 a	0,01 a	0,29 a
Pasto 10 anos	1,2 a	0,07 b	0,05 a	0,02 b	0,01 a	0,01 a	0,31 a
Pasto 20 anos	0,9 a	0,07 b	0,04 a	0,03 a	0,02 a	0,01 a	0,26 a
		45 - 55 cm					
Mata	0,9 a	0,06 a	0,04 a	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,35 a
Capoeira	0,5 a	0,13 a	0,03 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,23 a
Pasto 10 anos	0,9 a	0,05 a	0,03 a	0,02 a	0,01 a	0,01a	0,34 a
Pasto 20 anos	0,8 a	0,06 a	0,03 a	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,31 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Percebe-se que as classes de poros maiores que 73 μm apresentaram grande redução com a implantação de pastagem, tanto com 10 anos como com 20 anos. As

maiores diferenças foram observadas na classe de poros maior que 145 μm , que são poros predominantemente responsáveis pela drenagem e aeração do solo.

Os poros maiores que 50 μm são responsáveis pela drenagem e condutividade hidráulica do solo, de forma que a redução destes poros, especialmente em superfície, dificulta a infiltração da água no solo e favorecem o escoamento superficial, potencializando os processos erosivos no solo, além de favorecer processos de redução. Portugal (2005) também encontrou que a redução na porosidade de um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico sob pastagem degradada na Zona da Mata Mineira foi devido à redução de macroporos.

Após 10 anos de abandono da área com pastagem e conseqüente formação de capoeira, pode-se notar que houve uma recuperação total da classe de poros de 73 a 145 μm , e parcial na classe maior que 145 μm , na profundidade de 0 a 10 cm. Na profundidade de 10 a 20 cm, 10 anos com capoeira não foram suficientes para recuperar a classe de poros maior que 145 μm . Isso indica que a recuperação dos efeitos danosos na porosidade do solo em conseqüência da implantação de pastagem sob as condições estudadas é mais difícil de ocorrer em profundidade.

Os teores de carbono orgânico total (COT), na profundidade de 0 a 10 cm, foram maiores na mata do que nos demais usos do solo. Isso demonstra que a utilização antrópica do Argissolo com pastagem está contribuindo para a redução do COT nessa profundidade (Quadro 5). Nas demais profundidades não houve diferenças estatísticas para o COT entre os tratamentos estudados. Estes resultados mostram que a retirada da mata provocou efeitos negativos nos estoques de carbono apenas na superfície, já que de 10 a 20 e 45 a 55 cm os usos não se diferenciaram.

3.6. Condutividade hidráulica meio saturado

A condutividade hidráulica em meio saturado reduziu com a retirada da mata nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm, não sendo afetada na profundidade de 45 a 55 cm (Figura 5). De 0 a 10 e 10 a 20 cm, pode-se notar que implantação da pastagem reduziu a condutividade hidráulica, e que a retirada da pastagem e formação da capoeira levou a recuperação parcial desta característica física do solo.

A redução da condutividade hidráulica na pastagem possivelmente está relacionada com a diminuição de macroporos, especialmente na classe maior que 145 μm . A recuperação da condutividade hidráulica no uso com capoeira está associada também à recuperação da macroporosidade neste ambiente (Quadro 5). Segundo Camargo (1983) o volume de água que flui por um tubo na unidade de tempo, é proporcional à quarta potência do raio. Então, se o diâmetro desse tubo diminui 3 vezes o seu tamanho, o volume de fluxo no mesmo tempo diminuirá 81 vezes.

Dessa forma, a compactação, pela redução de macroporos, terá um grande reflexo na condutividade hidráulica, conforme pode ser observado pelos dados deste trabalho. O resultado dessa diminuição na condutividade hidráulica é o menor volume de infiltração de água das chuvas, resultando em maior escoamento superficial, o que irá provocar menor recarga hídrica do solo e desencadear processos erosivos no solo.

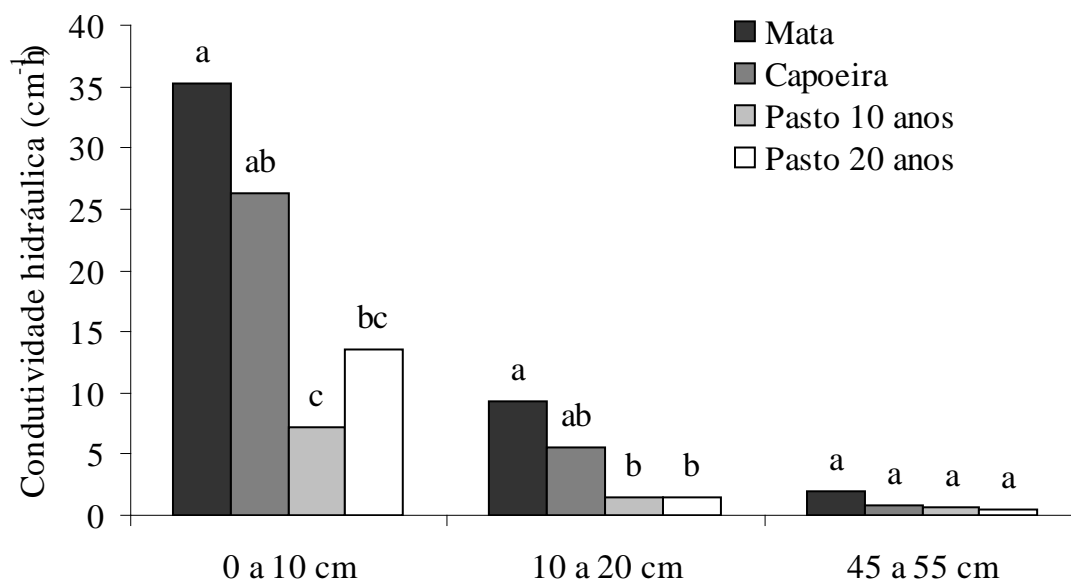


Figura 5. Valores médios de condutividade hidráulica meio saturado para o Argissolo sob mata, capoeira, pasto com 10 anos e pasto com 20 anos, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm. As médias seguidas pela mesma letra entre os usos dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3.7. Retenção de água no solo e curva de retenção de água a baixas tensões

Com relação à retenção de água no solo, pode-se notar que de 0 a 10 cm a retenção de água na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) foram menores para mata, e maiores para os demais usos (Quadro 6). Isso mostra que a compactação solo, que provocou a redução de macroporos (Quadro 5), provavelmente está gerando poros com geometria e forma que favorecem a retenção de água.

Assim, a alteração física de 0 a 10 cm nos solos com pastagem, evidenciada pela maior densidade do solo, redução da macroporosidade e condutividade hidráulica, resultaram em aumento da água retida na CC e no PMP. Segundo Baver (1956), a retenção de água no solo é função da distribuição e forma de poros, que, por sua vez, depende de outros fatores, tais como: textura, agregação, densidade do solo, teor de matéria orgânica, entre outros fatores.

Os dados de retenção de água a baixas tensões permitem observar o efeito do uso do solo na retenção de água, causado preferencialmente pela mudança estrutural do solo, já que o arranjo e distribuição dos poros são os principais responsáveis pela retenção de água a baixas tensões (BAVER, 1956).

Desta forma, pode-se notar que as curvas de retenção de água a baixas tensões apresentaram um nítido deslocamento para cima nos usos com pastagem e capoeira em relação à mata, na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 6). Isto confirma que, em superfície, a pressão de uso, observadas pela maior densidade e redução de macroporosidade, gerou poros que proporcionaram maior retenção de umidade nesta faixa de tensão. Também a capoeira apresentou a curva com valores mais próximos aos da mata, mostrando o seu potencial para recuperação das propriedades físicas do solo. Resende et al. (1999) sugerem que a compactação pode ser benéfica em solos arenosos em termos de retenção de água, pela transformação de parte dos macroporos em poros menores.

Quadro 6. Valores médios para retenção de água a pressões equivalentes à capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e capacidade de água disponível (CAD) em base volumétrica, e relação água retida na capacidade de campo e porosidade total (CC/Pt), no Argissolo sob diferentes usos e profundidades

Usos	CC	PMP	CAD	CC/Pt
-----m ³ m ⁻³ -----				
_____ 0 - 10 cm _____				
Mata	0,206 b	0,165 b	0,041 A	0,35 b
Capoeira	0,215 ab	0,175 ab	0,039 A	0,39 b
Pasto 10 anos	0,313 a	0,280 a	0,034 A	0,72 a
Pasto 20 anos	0,299 ab	0,253 ab	0,046 A	0,65 a
_____ 10 - 20 cm _____				
Mata	0,290 ab	0,250 ab	0,040 A	0,58 a
Capoeira	0,255 b	0,208 c	0,047 A	0,56 a
Pasto 10 anos	0,306 a	0,276 a	0,029 A	0,67 a
Pasto 20 anos	0,274 ab	0,230 bc	0,043 A	0,65 a
_____ 45 - 55 cm _____				
Mata	0,288 ab	0,240 a	0,048 A	0,60 a
Capoeira	0,283 b	0,224 a	0,059 A	0,70 a
Pasto 10 anos	0,334 a	0,273 a	0,060 A	0,74 a
Pasto 20 anos	0,296 ab	0,254 a	0,042 A	0,66 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De 10 a 20 cm as curvas de retenção de água a baixas tensões apresentaram comportamento mais semelhante entre si, ocorrendo a tendência de deslocamento para cima em relação à mata, como reflexo da pressão do uso sobre os poros até esta profundidade.

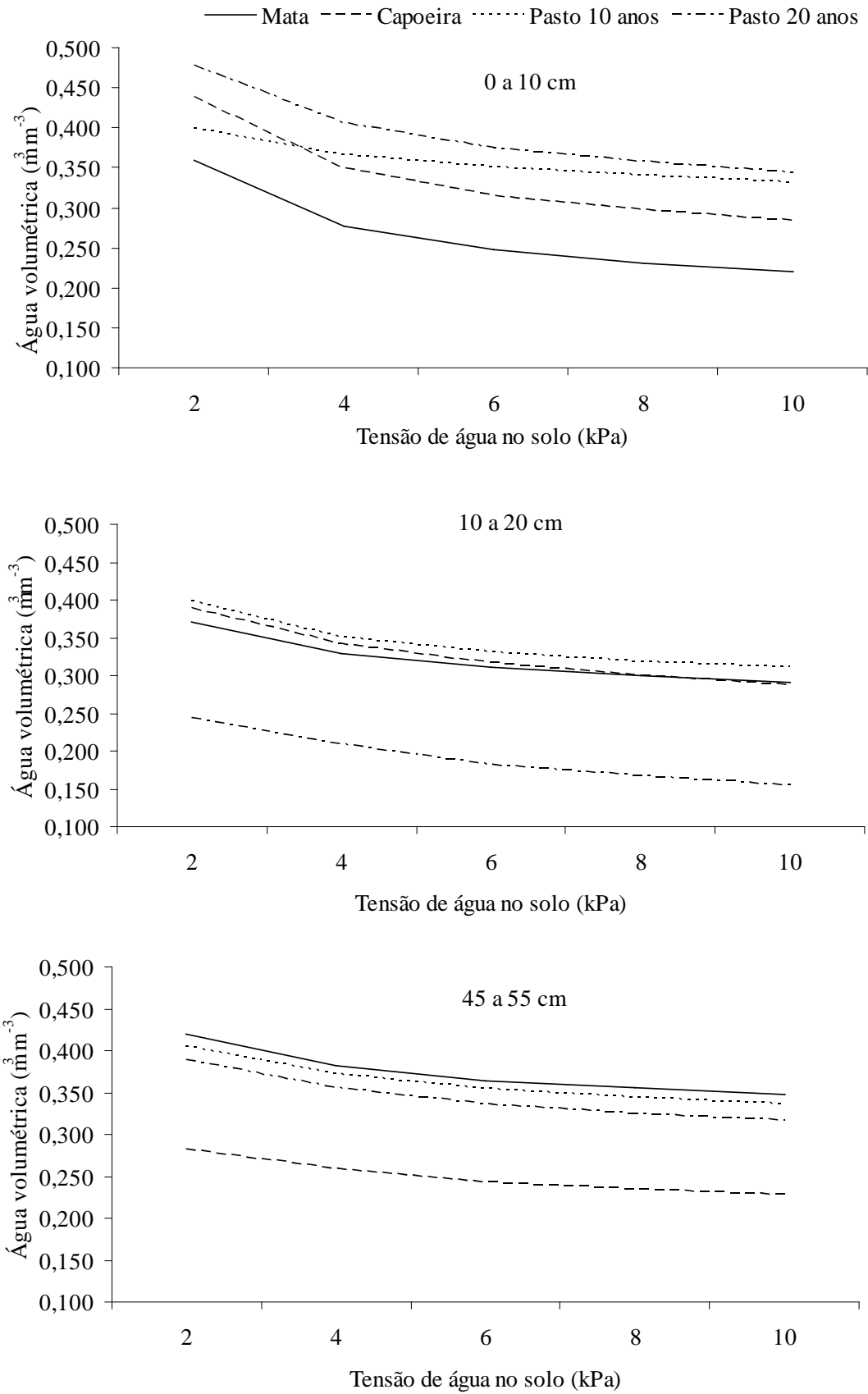


Figura 6. Curva de retenção de água em baixas tensões para o Argissolo Vermelho-amarelo sob diferentes usos no noroeste do Acre.

De 10 a 20 cm a pastagem com 20 anos constitui uma exceção, apresentando curva de retenção de umidade diferenciada, cituada abaixo dos demais usos. Essa menor retenção de umidade a baixas tensões pode estar relacionada com a menor microporosidade observado neste uso (Figura 4) de 10 a 20 cm. Na profundidade de 45 a 55 cm houve a tendência das curvas se deslocarem para baixa em relação à mata, evidenciando que a pressão de uso pela alteração estrutural do solo não alterou a retenção de água nesta profundidade. Assim, as diferenças entre os usos nesta profundidade são atribuídas às características intrínsecos dos solos.

Não obstante as diferenças na retenção de água na CC e PMP entre os usos avaliados, pode-se notar que não houve alteração na capacidade de água disponível para as plantas (CAD) em todas as profundidades avaliadas (Quadro 6). Isto mostra que o uso do solo com pastagem nesta região não está acarretando em impactos no fornecimento de água para as plantas, embora tenha havido diferenças de retenção de água na CC e PMP.

Para que o solo tenha uma boa qualidade física, é preciso que ele apresente uma boa relação entre água retida e o espaço poroso (SKOPP et al., 1990). Estes autores sugerem uma relação entre água retida na capacidade de campo e a porosidade total (CC/Pt) de 0,66 para que ocorra uma boa atividade microbiana, capaz de mineralizar os restos culturais. Os valores baixos desta relação para mata e capoeira de 0 a 10 cm está relacionada à maior porosidade e a natureza arenoso dos solos nesta profundidade. De 0 a 10 cm pode verificar que os usos com pastagens, tanto de 10 anos como de 20 anos, aumentaram a relação CC/Pt, deixando-a próxima do ideal (0,66) sugerido por Skopp.

Nas demais profundidades não houve alterações estatísticas da relação CC/Pt, embora os usos com pastagem apresentassem valores mais próximos do ideal. A relação CC/Pt maior pode ser um aspecto positivo na utilização do Argissolo com pastagem extensiva no extremo oeste do Acre. Entretanto uma relação CC/Pt elevada, como começa a ocorrer na pastagem com 10 anos, pode provocar uma aeração deficiente quando o solo estiver próximo à CC, uma vez que grande proporção dos poros estará ocupada por água, dificultando a atividade microbiana e a respiração radicular das plantas.

3.8. Índices de estabilidade estrutural

Com relação à estabilidade de agregados em água, percebe-se que os índices de estabilidade estrutural diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), porcentagem de agregados maior que 2 mm (AGRE2), macroagregados (MACR) e microagregados (MICR), não diferenciaram estatisticamente entre os tratamentos estudados, na profundidade de 0 a 10 cm, embora a mata e capoeira tenham tido valores ligeiramente maiores (Quadro 7). Como houve diferenças nos valores de carbono orgânico do solo entre os tratamentos de 0 a 10 cm, pode-se verificar que o carbono orgânico do solo sozinho não explica a agregação nos diferentes usos, indicando que há outros fatores envolvidos na estabilidade de agregados entre os usos nesta profundidade. Todos os solos foram classificados na mesma classe textural nesta profundidade, de forma que não há envolvimento decorrente da variação granulométrica do solo na agregação.

De 0 a 10 cm, a agregação na mata possivelmente está relacionada aos maiores teores de carbono orgânico do solo em relação aos outros tratamentos, bem como por ser um ambiente sem perturbações antrópicas. Segundo Six et al. (2000) após a aproximação das partículas minerais, a matéria orgânica apresenta importante papel como um dos fatores determinantes da estabilização de agregados.

Os compostos orgânicos participam das ligações entre partículas individuais do solo, atuando como agentes cimentantes das unidades estruturais pelas suas diversas características de superfície (LIMA et al., 2003). Também Castro Filho et al. (1998) indicam correlação direta entre conteúdo de matéria orgânica e estabilidade de agregados.

Por outro lado, nos sistemas sob pastagem, de 0 a 10 cm, a agregação possivelmente se deve ao efeito diferencial do sistema radicular da braquiária, bastante denso. Silva & Mielniczuck (1997) atribuíram a maior formação e estabilização de agregados por gramíneas perenes à alta densidade de raízes, às periódicas renovações do sistema radicular e à uniforme distribuição dos exsudados no solo, que estimulam a atividade microbiana. Bromick & Lal (2005) chamam a atenção para importância dos resíduos derivados das raízes na estabilização de macroagregados, enfatizando o

potencial dos exsudados radiculares na formação e estabilização de macroagregados, além da comunidade microbiana, que pode influenciar marcadamente a agregação no solo.

Quadro 7. Valores médios para os índices de agregação: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), porcentagem de agregados > 2 mm (AGRE2), porcentagem de agregados > 250 μm (MACR), porcentagem de agregados < 250 μm (MICR), em Argissolo sob diferentes usos e profundidades

Usos	DMP	DMG	AGRE2	MACR	MICRO
	-----mm-----		----- % -----		
	----- 0 - 10 cm -----				
Mata	2,44 a	1,94 a	55,10 a	93,58 a	6,42 a
Capoeira	2,44 a	1,94 a	72,36 a	93,58 a	6,42 a
Pasto 10 anos	2,15 a	1,57 a	59,47 a	92,40 a	7,60 a
Pasto 20 anos	2,27 a	1,67 a	65,61 a	91,83 a	8,17 a
	----- 10 - 20 cm -----				
Mata	1,73 b	1,16 b	39,04 b	88,21 b	11,79 a
Capoeira	2,24 ab	1,71 ab	61,65 ab	92,74 ab	7,26 a
Pasto 10 anos	2,40 a	1,93 a	69,90 a	95,11 a	4,89 b
Pasto 20 anos	1,85 ab	1,28 b	43,97 ab	89,72 ab	10,28 ab
	----- 45 - 55 cm -----				
Mata	1,08 b	0,67 b	11,89 b	81,88 b	18,12 a
Capoeira	1,50 ab	0,99 ab	28,41 ab	86,96 a	13,04 b
Pasto 10 anos	1,39 ab	0,77 b	30,65 ab	78,92 b	21,08 a
Pasto 20 anos	1,90 a	1,35 a	43,79 a	91,08 a	8,92 b

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

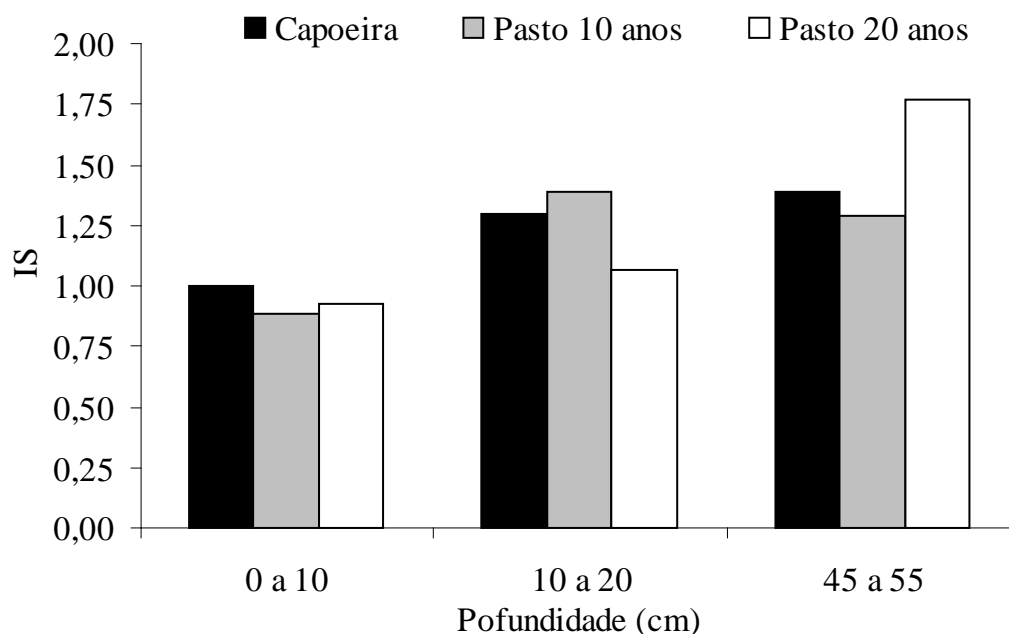


Figura 7. Índice de sensibilidade (IS) para diâmetro médio ponderado de agregados, em Argissolo Vermelho-amarelo submetido a diferentes usos, em relação ao ambiente de mata nativa.

De 10 a 20 e 45 a 55 cm os índices de agregação DMP, DMG, AGRE2 e MCR foram menores para a mata em relação aos demais tratamentos (Quadro 7). Estes resultados evidenciam que a ação do sistema radicular da braquiária deve estar afetando positivamente a agregação do solo também nesta profundidade. A não diferenciação dos teores de carbono orgânico do solo entre os usos avaliados nesta profundidade corrobora que há um efeito diferencial do sistema radicular das pastagens sobre a agregação do Argissolo avaliado.

O DMP é um índice que traduz a estabilidade dos agregados de toda a amostra. O índice de sensibilidade (IS) avalia se os valores de DMP dos usos agrícola do solo foram diferentes daquele com o solo de mata. Observando o IS pode-se notar que, de 0 a 10 cm, ele ficou bem próximo à unidade, demonstrando que os usos mantiveram a estabilidade dos agregados em água do solo semelhante entre os usos avaliados (Figura 7). A partir 10 a 20 cm os solos começaram a se diferenciar, pois capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos mostraram IS 29, 38 e 7 % maior que a unidade, respectivamente. Na profundidade de 45 a 55 cm as diferenças

foram mais marcantes, com IS de 39, 29 e 77 % maiores que a unidade para capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, respectivamente. Estes valores confirmam que a estabilidade dos agregados não alterou em superfície, enquanto a partir de 10 a 20, os tratamentos com pastagem e a capoeira melhoram a agregação do solo.

A estabilidade estrutural varia com as características intrínsecas do solo e com os sistemas de manejo e cultivo. No entanto, um agregado de elevado DMP nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior, o que implica em qualidade estrutural variável (BERTOL et al., 2004). Isto pode ser visto nos tratamentos com pastagem, onde se observa uma degradação física, evidenciada pela elevada densidade do solo, e redução da porosidade e condutividade hidráulica, ainda que apresentasse elevada estabilidade de agregados.

3.9. Resistência do solo à penetração

Os dados de resistência do solo à penetração (RP) mostram que os solos se diferenciaram entre os usos, sendo parte desta alteração em função do uso com pastagem e parte devido a características intrínsecas do solo em cada uso (Figura 8).

A pastagem com 10 anos apresentou valores de RP maior entre os usos na profundidade de 0 a 4,5 cm, com maior valor ocorrendo na profundidade de 3,5 cm (11,5 MPa), a partir de onde os valores de RP para este uso começaram a decrescer. Os valores de RP para pastagem com 10 anos entre as profundidades de 10,5 e 14,5 cm mostram que houve redução da RP em relação à superfície.

Estes resultados mostram que na pastagem o efeito negativo da compactação sobre o crescimento radicular esta sendo pior nos primeiros centímetros do solo. Estes resultados estão de acordo com os maiores valores de densidade do solo neste ambiente em superfície (Figura 2).

Araujo et al. (2004), comparando solos de mata nativa com solos cultivados, encontraram que a RP foi influenciada positivamente pela densidade do solo e negativamente pela umidade do solo, com maior magnitude no solo cultivado.

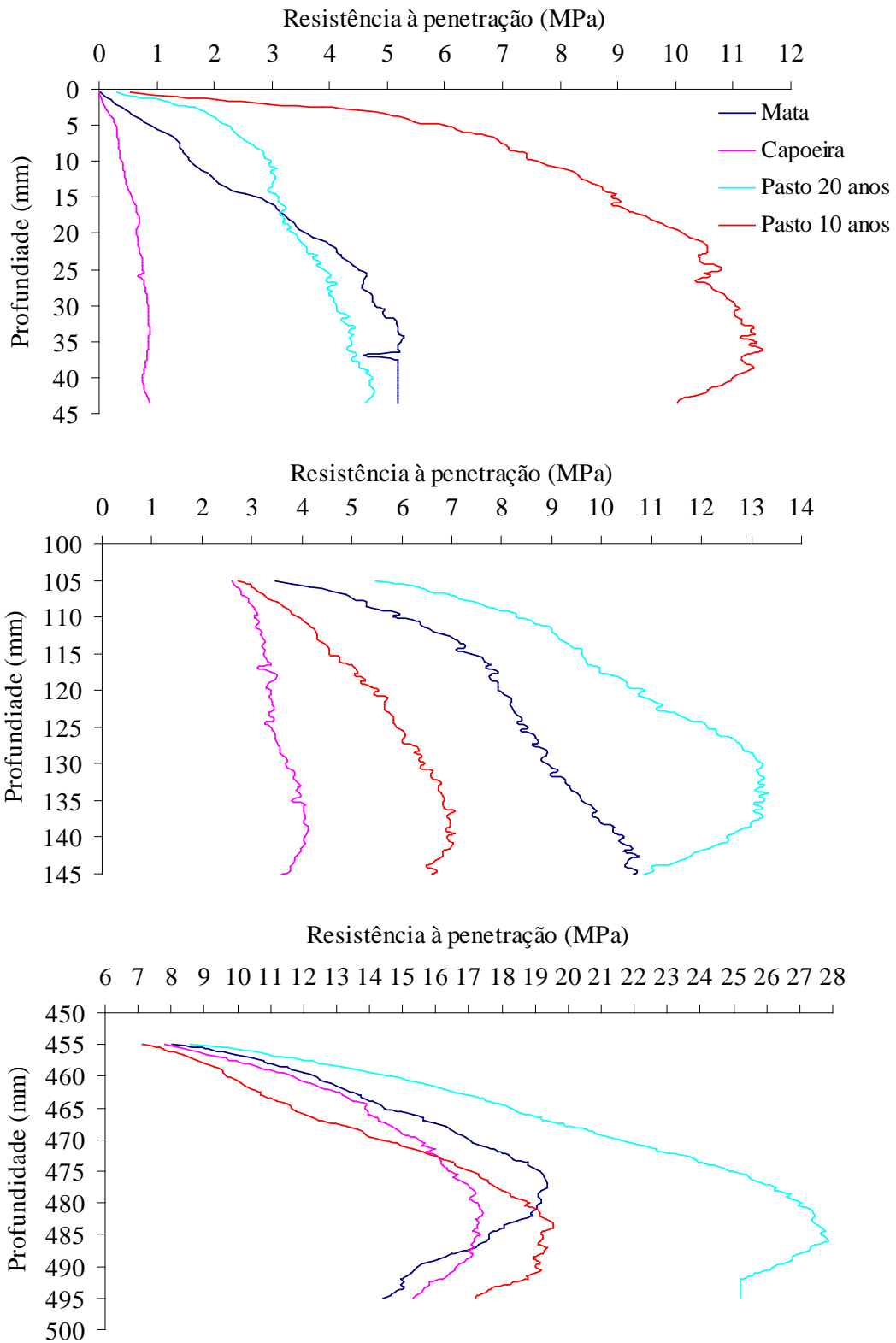


Figura 8. Resistência do solo à penetração avaliada por penetrômetro de bancada para o Argissolo Vermelho-amarelo sob diferentes usos e profundidades. Antes da análise todas as amostras foram submetidas à tensão de 1500 KPa, apresentando umidade equivalente ao ponto de murcha permanente(PMP).

Assim, os valores de RP elevados deste trabalho em parte se devem ao fato de as análises terem sido realizadas com a umidade do solo no ponto de murcha permanente (1500 kPa). Também, os elevados valores de RP para a pastagem com 10 anos podem estar associados a uma ação diferenciada do sistema radicular da braquiária neste uso, que devido a maior densidade de raízes provocou maior preenchendo dos macroporos, aumentando a rigidez do solo.

Imhoff et al. (2000), trabalhando com pastagem de capim colômbio, que também tem sistema radicular denso, encontraram valores de RP de 10 MPa, em solo com densidade do solo de $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ e umidade volumétrica de $0,200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, semelhante ao observado para pastagem com 10 anos entre 0 e 4,5 cm.

Por outro lado, a pastagem com 20 anos não apresentou valores de RP tão elevados como a pastagem com 10 anos de 0 a 4,5 cm, se assemelhando à mata nativa. Isto evidencia que neste ambiente o efeito da compactação sobre a RP não é tão drástico nos primeiros centímetros do solo, se tornando maior em profundidade. Os maiores valores de RP entre os usos para pastagem com 20 anos de 10,5 a 14,5 cm evidenciam que o maior impedimento ao crescimento radicular neste uso na profundidade de 13,5 cm (13,2 MPa). Estes valores também estão de acordo com a maior densidade de solo observado neste ambiente nesta profundidade.

O solo sob capoeira apresentou valores baixos de RP de 0 a 4,5 cm e de 10,5 a 14,5 cm de profundidade, mostrando o efeito benéfico do pousio do solo após o uso com pastagem. Os menores valores de RP também podem ser atribuídos aos menores teores de argila no solo nestas profundidades, já que quanto mais argiloso é um solo, mais duro se torna quando seco, devido a maior ação das forças de coesão e adesão (BAVER, 1956).

O trabalho deixa claro o efeito da pressão de uso com desmatamento e implantação de pastagens sobre as propriedades físicas do Argissolo Vermelho-amarelo avaliado. Neste sentido, há a necessidade iminente de novas pesquisas sobre esses impactos, com o intuito de buscar alternativas para que a ocupação do noroeste do Acre ocorra em bases sustentáveis, preservando os recursos naturais.

4. CONCLUSÕES

O processo de ocupação antrópica no noroeste do Acre causou impacto negativo sobre as propriedades físicas do Argissolo, evidenciado pelos maiores valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração, e redução da porosidade total e da condutividade hidráulica. A redução da porosidade pela compactação do Argissolo foi marcante sobre os macroporos, especialmente sobre a classe de poros maiores que 145 μm , ao passo que praticamente não houve alterações nos microporos. A compactação do solo foi mais intensa de 0 a 10 cm, menos evidente de 10 a 20 cm e não alterou o solo de 45 a 55 cm.

As mudanças estruturais causadas pela compactação nos Argissolos sob pastagem provocaram deslocamento para cima na curva de retenção de água a baixas tensões, bem como alteraram os valores de retenção de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente em superfície, evidenciando o efeito do uso com pastagem sobre a retenção de água. Não obstante as alterações na retenção de água, a capacidade de água disponível para as plantas não se alterou entre os diferentes usos. A estabilidade de agregados não se alterou entre os usos avaliados, não refletindo, portanto, a degradação física ocorrida no Argissolo sob pastagens.

O abandono das áreas com pastagens para a formação de capoeira apresentou recuperação parcial das propriedades físicas do solo, demonstrando que o pousio e a formação de capoeira possuem efeito benéfico sobre as propriedades físicas do Argissolo, em especial sobre o sistema poroso do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre: recursos naturais e meio ambiente – 1ª fase.** Rio Branco - SECTMA, 2000. 280 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre.** Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 356p.

AMARAL, E.F.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E.A.; PINHEIRO, C.L.S.; BARDALES, N.G.; OLIVEIRA, M.V. & BEZERRA, D.C.F. **Ambientes com ênfase no solo: Rio Branco a Mâncio Lima.** Acre. Rio Branco/AC: Embrapa Acre. 2001. 187p.

ARAÚJO, E.A. **Caracterização de solos e modificação provocada pelo uso agrícola no assentamento Favo de Mel, na região do Purus - Acre.** 2000.122 f. (Dissertação Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ARAÚJO, E.A. **Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental.** 2008. 233 f. (Dissertação Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BAVER, L.D. **Soil Physics.** 3^o ed. John Wiley & Sons, New York, 1956. 489p.

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

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. The response of soil quality indicators to conservation management. **Canadian Journal of Soil Science**, v.79, p.37-45, 1999.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, v.46, p.2-37, 1991.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 898p.

BRASIL. **Ministério das Minas e Energias. Departamento Nacional de Produção Mineral**. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.18 Javari/Contamana; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1977. 420p. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).

BRINKMAN, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. **Geoderma**, v. 3, n. 3, p. 199-206, 1970.

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil Structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas, Fundação Gargil, 1983. 44p.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PADANOSCH, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistema de plantio, rotação de cultura e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CAVALCANTE, L.M. Geologia do Estado do Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA/IMAC., 2006, p.40 -53.

CORSINI, P.C. & FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.289-298, 1999.

EMBRAPA - **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo**. Manual de métodos de análise do solo. **Ministério da Agricultura, 1997. 212p.**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FUJISAKA, S.; BELL, W.; THOMAS, N.; HURTADO, L. & CRAWFORD, E. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian Amazon Colonies. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.59, p. 115-130, 1996.

FUJISAKA, S. & WHITE, D. Pasture or permanent crops after slash-and-burn cultivation? Land-use choice in three Amazon colonies. **Agroforestry Systems**, v.42, p.45-59, 1998.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e SOS AMAZÔNIA. **Plano de Manejo Fase 2 – Parque Nacional da Serra do Divisor**. Brasília, DF, 1998.140p.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1493-1500, 2000.

INPE. **Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia**. Desflorestamento nos Municípios da Amazônia Legal Relatório 1998-2005. [Online] Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal>> Acesso em: 01 de fev. 2008.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. **Size distribution of aggregates**. In: BLACK C.A. Methods of soil analysis. Part1. Madison: ASA, 1965. 495-509 p.

LAL, R. The role of properties in maintaining productivity of soil in the tropics. In: LAL, R. & GREENLAND, D.J., eds. **Soil physical properties and crop production in the tropics**. London, John. Wiley, 1979. p.3-6.

LATRUBESSE, E.M.; RAMONELL, C.G. A climatic model for southwestern Amazonia in last glacial times. **Quaternary International**, v.21: p.163-169, 1994.

LIMA, C.R.L.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.199-205, 2003.

LEÃO, T.P., SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.415-423, 2004.

MATHIEU, J.; ROSSI, J.P.; GRIMALDI, M.; MORA, P.; LAVELLE, P. & ROULAND, C. A multi-scale study of soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. **Biology and Fertility of Soils**, v.40, p.300-305, 2004.

McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal Soil Science**. v.46, p.13 – 22, 1966.

MEHRA, J.P., JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**. v.7: p.317-327, 1960.

MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.67-71, 1985.

MOURA P. & WANDERLEY, A. **Noroeste do Acre: reconhecimentos geológicos para petróleo**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro. Boletim 26. 176 p. 1938.

NUMATA, I.; CHADWICK, O.A.; ROBERTS, D.A.; SCHIMEL, J.P.; SAMPAIO, F. F.; LEONIDAS, F.C. & SOARES, J.V. Temporal nutrient variation in soil and vegetation of post-forest pastures as a function of soil order, pasture age, and management, Rondonia, Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.118, p.159-172, 2007.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; FIGUEIREDO, M.S. & REGAZZI, A.J. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.509-515, 1996.

OLIVEIRA, H.; BARDALES, N.G.; AMARAL, E.F.; AMARAL, E.F.; LANI, J.L. & ARAÚJO, E.A. **Relatório da aptidão natural de uso da terra no estado do Acre**. Relatório II Fase ZEE/AC. 2006. 59 p.

PASSOS, V.T.R.A construção do desenvolvimento sustentável no Acre e o Zoneamento Ecológico Econômico no Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco: SECTMA/IMAC., 2006, 25-38 p.

PEDROTTI, A. & DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo: como evitá-la. **Agropecuária Catarinense**, v.9, p.50-52, 1996.

PEREIRA, V.F.G. & BERSCH, D. Mapeamento da vegetação do Estado do Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA/IMAC, 2006, 54-63 p.

PHILLIPS, J.D. Geogenesis, pedogenesis, and multiple causality in the formation of texture-contrast soils. **Catena**, v. 58, n. 3, p. 275-295, 2004.

PORTUGAL, A.F. **Resiliência da estrutura de um Argissolo submetido a diferentes usos, na Zona da Mata Mineira**. Tese de mestrado. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 87p. 2005.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.V; COSTA, L.M. & SANTOS, B.C.M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo háplico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.249-258, 2008.

PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R. & EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown Earth. **Australian Journal Agriculture Reserch**, v. 44, p.317-331, 1993.

REICHARDT, K. Capacidade de Campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 211-216, 1988.

RESENDE, M.; CURI, N. REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: bases para distinção de ambientes**. 3ed. Viçosa: NEPUT, 1999. 304p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 91p.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; VALE JUNIOR, J. F.; MELLO J. W. V. **Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões**. Boletim Museu Paranaense Emílio Goeldi, série Ciência da Terra, v.12: p. 63-104 p, 2000.

SKOPP, J.; JAWSON, M.D. & DORAN, J.W. Steady-stade aerobic microbial activity as a function soil water content. **Soil Science Society of American Journal**, v.54, p.1619-1625, 1990.

SILVA, A. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils form properties and management. **Soil Science Society American Journal**, v.61, p.877-883, 1997.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.313-319, 1997.

SKOPP, J.; JAWSON, M.D. & DORAN, J.W. Steady-stade aerobic microbial activity as a function soil water content. **Soil Science Society American Journal**, v.54, p.1619-1625, 1990.

SIX, J.; PAUSTRIAN, K; ELLIOTT, E.T. & COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.681-689, 2000.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

VALENTIM, J. F.; GOMES, F. C. da R. Produção e Potencial para a Agropecuária no Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco: SECTMA/IMAC., 2006, 148-147 p.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method or routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.19, p1467-1476, 1988.

CAPÍTULO 2

ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NOS COMPARTIMENTOS DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA APÓS A IMPLANTAÇÃO DE PASTAGEM NO EXTREMO OESTE DO ACRE

1. INTRODUÇÃO

O solo é um sistema aberto, com permanente troca de matéria e energia com o meio, e complexo, em virtude de uma intrincada rede de relações entre os subsistemas que o compõem, representados pelos vegetais, organismos (macro e microrganismos) e matéria mineral. Os vegetais são os principais responsáveis pela adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados no processo de fotossíntese, utilizando energia solar, CO₂ do ar, água e nutrientes do solo (LOVATO, 2001). Os organismos, com destaque aos microrganismos heterotróficos, obtêm energia para o seu desenvolvimento pela decomposição de resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo, liberando CO₂ para atmosfera, nutrientes, e compostos orgânicos secundários oriundos do metabolismo microbiano, os quais passam a compor a matéria orgânica do solo (VEZZANI, 2001).

As diferentes frações de carbono orgânico do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas diferentes entre si, e a distribuição destas frações no solo pode indicar a qualidade da matéria orgânica. O uso da distribuição das frações de matéria orgânica como indicador da mudança de manejo do solo ou da qualidade

ambiental, encontra respaldo nos trabalhos de Canellas et al., (2003); Leite et al., (2004); Rangel e Silva, (2007) e Dias et al. (2007).

Os processos de transformação do carbono e nitrogênio no solo influem diretamente na qualidade do solo. Nos últimos anos, o carbono orgânico do solo vem sendo progressivamente quantificado tanto em termos de teores totais quanto dos diferentes compartimentos no solo (LEITE et al., 2004). Tal esforço se justifica pela relevância que o solo, tanto natural como manejado, tem de retardar ou incrementar a transferência de carbono para a atmosfera, permitindo que seja retido no material do solo por tempo mais prolongado, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (WATSON et al., 2000; BROMICK & LAL, 2005), além de melhoria da qualidade do solo pelo aumento na agregação, porosidade, infiltração e retenção de água, aeração, capacidade de troca de cátions, balanço de nitrogênio entre outras (SIX et al., 2000).

Quando ocorre a substituição de ecossistemas naturais por ecossistemas com culturas, geralmente percebe-se o declínio no conteúdo de carbono do solo (ROSA et al., 2003). Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de carbono orgânico do solo e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados comparativamente a florestas nativas (HOUGHTON et al., 1991). Entretanto, sistemas mais conservacionistas tendem, com o tempo, a apresentar um incremento de matéria orgânica na superfície do solo (CANELLAS et al., 2003; RANGEL & SILVA, 2007; ARAÚJO et al., 2008).

A retirada da mata natural e introdução de sistemas agrícolas causam desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso do solo e manejo adotados, bem como a natureza do solo. Segundo Araújo et al. (2008), a maioria das pesquisas em ecossistemas de pastagens (degradadas ou não) tem mostrado que após alguns anos de uso, ocorre uma melhora nas propriedades químicas dos solos, degradação de propriedades físicas e redução da biodiversidade da fauna edáfica em relação ao solo sob floresta nativa.

No sistema tradicional de cultivo na Amazônia, o fogo representa o meio mais rápido e econômico de que o colono dispõe para limpar e “fertilizar” a área cultivada.

Sob a ação da queima, de ventos e chuvas, movimento de partículas, lixiviação e escoamento superficial, o solo desprotegido perde nutrientes contidos nas cinzas (SAMPAIO et al., 2003). A ciclagem de nutrientes é muito importante para a manutenção de um ecossistema de floresta, principalmente em solos de baixa fertilidade natural. Esta ciclagem é igualmente fundamental para manter os sistemas tradicionais de agricultura migratória verificados na região. Durante o pousio, os nutrientes acumulam-se na vegetação da floresta secundária e, com a derrubada e queimada, são realocados para a camada superficial do solo, repondo, parcialmente, os nutrientes deslocados do sistema e exportados pelos cultivos (NYE, 1961; SAMPAIO et al., 2003).

Em condições tropicais, onde a dinâmica da matéria orgânica é relativamente rápida, os estudos sobre usos e manejos que visam avaliar as condições químicas e a manutenção ou recuperação dos estoques de carbono no solo são muito importantes para contribuir para a sustentabilidade da produção e redução de problemas ambientais. Neste sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar as alterações químicas e quantificar os estoques de carbono dos compartimentos de carbono orgânico e nitrogênio de um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico após a retirada da mata nativa e implantação de pastagens no noroeste do Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na microrregião do Alto Juruá, no noreste do Acre, no assentamento Iucatã, localizado no município de Rodrigues Alves. O assentamento situa-se nas coordenadas 72° 39'30''W e 7° 46'30''S, e foi implantado há aproximadamente 25 anos, apresentando módulos de aproximadamente 10 ha, e representa bem a realidade da pecuária extensiva na região.

O clima da região é caracterizado pelas altas temperaturas e elevados índices pluviométricos, com média anual de 2.171 mm, sendo classificado como tropical úmido Aw (Köppen), predominando período seco, nos meses de maio a outubro com

alta umidade relativa e temperatura (LATRUBESSE & RAMONELL, 1994; IBAMA & SOS AMAZÔNIA, 1998; BRASIL, 1977). Quanto à geologia, a área está inserida na província geológica dos depósitos cenozóicos, representada pela Formação Solimões, predominando as rochas sedimentares argilito e silito (MOURA & WANDERLEY; BRASIL, 1977, CAVALCANTE, 2006).

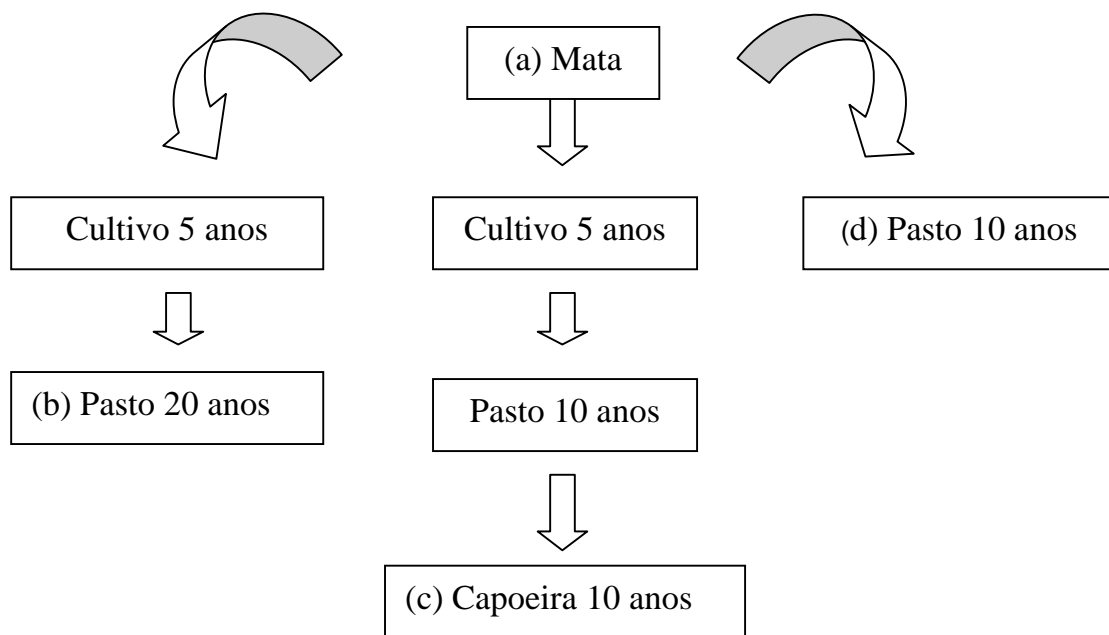


Figura 1. Esquema identificando o histórico de ocupação das áreas que serão avaliadas no ecossistema de pastagens.

Estudaram-se os seguintes usos da terra, considerados os tratamentos:

- (a) mata nativa - Floresta Ombrófila Densa, utilizada com testemunha;
- (b) pastagem com 20 anos de implantação, após cultivo com culturas anuais;
- (c) pastagem com 10 anos de implantação, após a derrubada da mata;
- (d) mata secundária (capoeira), após cultivo com culturas e uso como pastagem.

Em todos os usos ocorre a classe do Argissolo Vermelho-amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006). A altitude média do local é de 210 metros e o comprimento médio das lançantes é de aproximadamente 300 metros, sendo que a área avaliada dentro dos usos foi localizada no terço médio da paisagem para todos os usos.

Quadro 1. Usos do solo após a retirada da mata e respectivos históricos de cada área estudada

Usos	Histórico de uso da área
Pasto 20 anos	A mata primária foi retirada (derrubada e queima), seguindo-se o plantio de culturas, como o arroz, milho, feijão e mandioca (culturas brancas), durante um período de 5 anos. Nesse sistema não se utilizaram corretivos e fertilizantes químicos e, em razão do empobrecimento do solo e surgimento de plantas espontâneas, pragas e doenças, este sistema foi abandonado e instalou-se o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>) há 20 anos. Na pastagem não se utilizou corretivos e fertilizantes químicos, e o manejo é o de pastoreio contínuo o ano todo, com lotação de 1 a 2 cabeças ha ⁻¹ , podendo ser maior, dependendo das necessidades do produtor. Há ocorrência de queimas esporadicamente, não intencional. Não há ocorrência de solo exposto, e a ocorrência mínima de plantas invasoras.
Pasto 10 anos	A mata primária foi retirada (derruba e queima), seguindo-se o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>), sem antes haver o cultivo do solo com culturas perenes. O manejo é o mesmo da pastagem com 20 anos. Não há ocorrência de solo exposto, e não se tem presença de plantas invasoras.
Capoeira	A mata primária foi retirada (derrubada e queima), seguindo-se o plantio de culturas (arroz, milho, feijão e mandioca), durante 5 anos, depois se instalou o plantio de capim braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i>), por um período de 10 anos, com o mesmo manejo das pastagens citadas anteriormente. Há 10 anos a pastagem foi abandonada, constituindo-se a capoeira. Portanto com 15 anos de uso e 10 anos na forma de pousio.

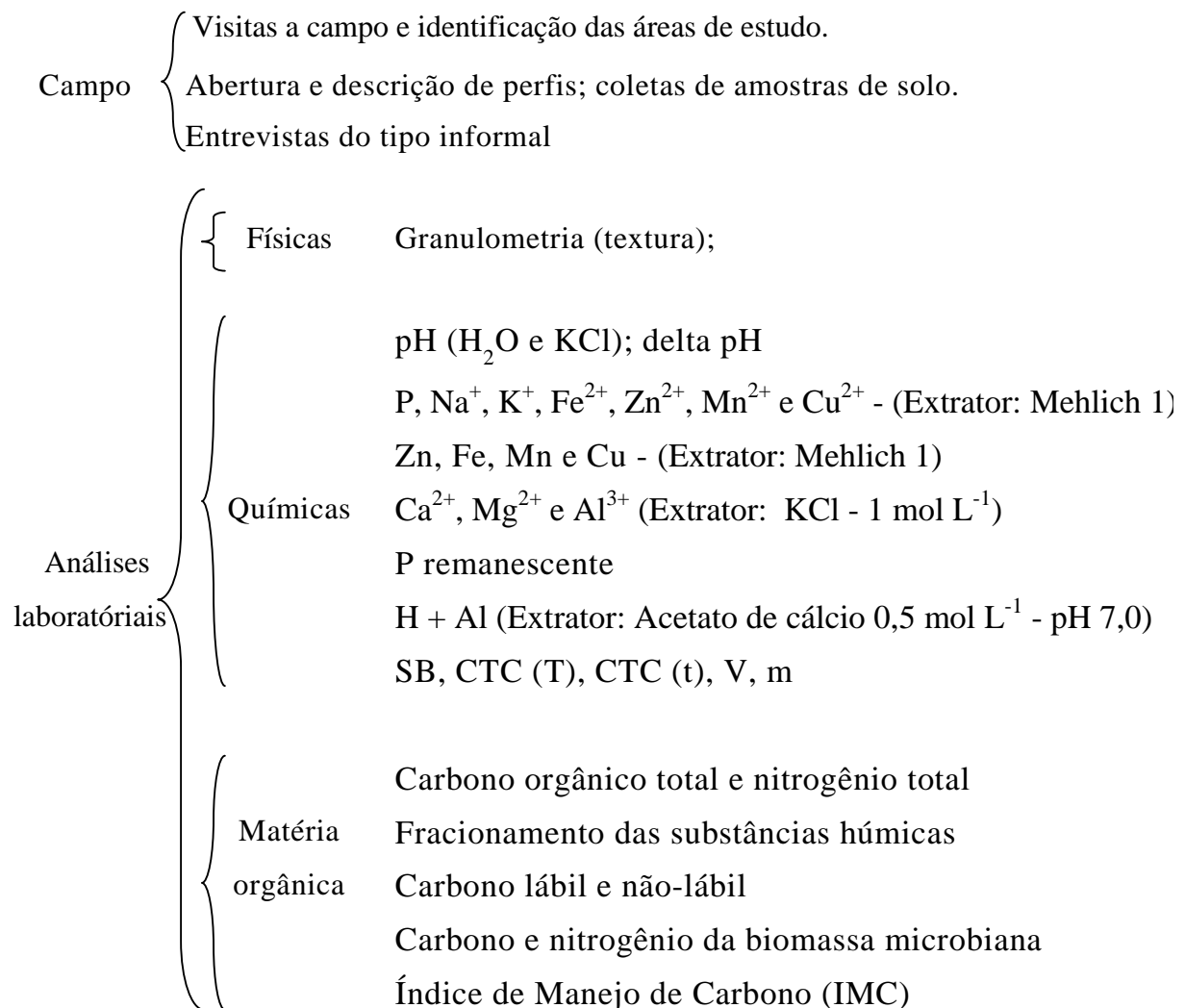


Figura 2. Resumo de atividades desenvolvidas no campo e no laboratório.

A região está situada em duas grandes Regiões Fitoecológicas: o domínio da Floresta Ombrófila Aberta (FOA) e o domínio da Floresta Ombrófila Densa (FOD) de acordo com Brasil (1977) e Pereira e Bersch (2006). Estas duas regiões fitoecológicas regionais estão geralmente associadas às grandes feições climáticas e morfoestruturais presentes na bacia amazônica (os Baixos Platôs da Amazônia, o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental e Região Aluvial da Amazônia). Tais feições fitoecológicas regionais (FOA e FOD) estão também condicionadas a fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, coexistindo uma grande diversidade de formações vegetais, sendo o solo o fator principal desta diferenciação. No local do experimento predomina o Domínio da Floresta Ombrófila Densa.

2.2. Amostragem de solo

A amostragem foi realizada no mês de julho de 2006. Para a coleta de amostras uma área de aproximadamente 1 hectare dentro de cada uso foi separada em quadrantes (parcelas), e dentro de cada quadrante foram retiradas 20 amostras simples para formar uma amostra composta, em cada profundidade, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Uma porção de aproximadamente 100 g (de cada amostra) foi separada, acondicionada e mantida sob refrigeração a aproximadamente 6 °C, visando determinar o carbono da biomassa microbiana.

2.3. Análises de carbono e nitrogênio total e compartimentos de carbono do solo

O carbono orgânico total do solo (COT) foi quantificado por oxidação da matéria orgânica por via úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988). O nitrogênio total (NT) foi quantificado pela digestão sulfúrica e dosado por destilação Kjeldhal (BREMNER, 1996).

O fracionamento químico da substância húmicas foi realizado segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se as frações ácidos fúlvico (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HN), de acordo com os conceitos de frações HÚMICAS estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996). A determinação do carbono dessas frações foi efetuada segundo Yeomans & Bremner (1988), e o nitrogênio segundo Bremner, (1996).

O carbono orgânico lábil (C_L) foi quantificado por meio de oxidação com $KMnO_4$ (33 mmol L^{-1}), conforme Blair et al. (1995), enquanto o carbono não-lábil (C_{NL}), equivalente ao carbono não oxidado pelo $KMnO_4$, foi determinado por diferença ($C_{NL} = COT - C_L$).

O carbono da biomassa microbiana (C_{MIC}) foi determinado pelo método da irradiação-extração, utilizando forno de microondas (Cônsul, frequência de 2.450 MHz, energia a 900W por 180 segundos) (ISLAM & WEIL, 1998). O extrator utilizado foi o K_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e o carbono contido nos extratos foi quantificado por oxidação úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988), e o nitrogênio dosado por

destilação Kjeldhal (BREMNER, 1996). A proporção C_{MIC}/COT ou quociente microbiano foi calculado para refletir os aportes de C e a conversão de substratos orgânicos para o C da biomassa microbiana (SPARLING, 1997).

Blair et al., 1995 sugere um índice de manejo de carbono (IMC) para avaliar alterações na dinâmica do carbono em sistemas alterados antropicamente. Com base nas mudanças no COT, entre um sistema referência (mata) e um sistema cultivado (pastagem e capoeira), foi proposto um Índice de Compartimento de Carbono (ICC), calculado como:

$$ICC = COT_{\text{cultivado}}/COT_{\text{mata}}$$

Com base nas mudanças na proporção de C_L (i.e. $L = C_L/C_{NL}$) no solo, um Índice de Labilidade (IL) foi determinado como:

$$IL = L_{\text{cultivado}}/L_{\text{mata}}$$

Estes dois índices foram usados para calcular o Índice de Manejo de Carbono (IMC), obtido pela seguinte expressão:

$$IMC = ICC \times IL \times 100$$

2.4. Análises químicas do solo

As determinações químicas realizadas foram: pH em H_2O , pH em KCl, teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} trocáveis, P na solução do solo, acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTCt), saturação de bases (V) segundo Embrapa (2007) e fósforo remanescente (P-rem), segundo Alvarez V. (2000 e 2001). A análise textural do solo foi realizada segundo Embrapa (1997).

Os micronutrientes ferro, cobre, manganês e zinco foram extraídos pelo extrator Melich-1. A determinação do Fe, Mn, Cu e Zn foi realizada utilizando-se o espectrofotometria de absorção atômica em chama, conforme Abreu e Andrade (2001).



Figura 3. Vista geral do ambiente no noroeste do Acre, no assentamento Iucatã, no Município de Rodrigues Alves, onde foi realizado o trabalho.

2.5. Análise estatística

Na análise dos dados, os usos do solo foram os tratamentos, e considerou-se o delineamento inteiramente casualizado. Os efeitos dos tratamentos de uso do solo sobre as suas propriedades foram testados por meio de análise de variância. Analisaram-se os efeitos dos tratamentos em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Foram realizadas algumas correlações entre os dados.

Quadro 2. Critérios para interpretação do fracionamento químico da matéria orgânica

Parâmetro	Limite de interpretação				
	Muito Forte	Forte	Moderado	Fraco	Muito Fraco
COT ¹ (dag kg ⁻¹)	> 5,0	2,5-5,0	1,0-2,5	1,0-0,05	< 0,05
	Teor de huminas em relação ao total de substâncias húmicas				
HN ²	> 75 %	60-75 %	45-60%	< 45 %	-
	Percentagem relativa à soma das frações alcalino-solúveis				
AF+AH ³	> 20 %	10-20 %	5-10 %	2,5-5 %	< 2,5 %
AH/AF ⁴	Valores próximos à unidade				
	Valores inferiores podem indicar má evolução por razões edáficas ou de manejo ou adição recente de matéria orgânica				

Adaptado de Kononova (1982) e Canellas et al. (2003); ¹ carbono orgânico total; ² humina; ³ ácidos fúlvicos + ácidos húmicos; ⁴ relação ácidos húmicos/ácidos fúlvicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização textural dos Argissolos Vermelho-amarelo distrófico

Em todos os usos, na profundidade de 0 a 10 cm, os Argissolos se enquadram na classe textural franco-arenosa (SANTOS et al., 2005) (Figura 4). Na profundidade de 10 a 20 cm, os solos sob a mata e a pastagem com 10 anos foram classificados como franco-argilo-arenoso, e a capoeira como franco-arenoso, ao passo que o solo sob pastagem com 20 anos foi classificado na classe textural argila. Na profundidade de 45 a 55 cm, todos os solos foram classificados como franco-argilo-arenoso.

Pode-se notar que houve o predomínio da classe areia nestes solos, em todas as profundidades (Figura 4). De maneira geral as classes argila e silte apresentaram teores aproximados entre si. A mesma proporção de argila nas profundidades entre os usos, especialmente em superfície, garante que as diferenças nos compartimentos de carbono encontradas em superfície não foram devido a maior proteção física oferecida pela argila em determinado uso. Dessa forma fica mais evidente que foi o uso do solo

foi o fator predominante para as alterações dos compartimentos de carbono no Argissolo.

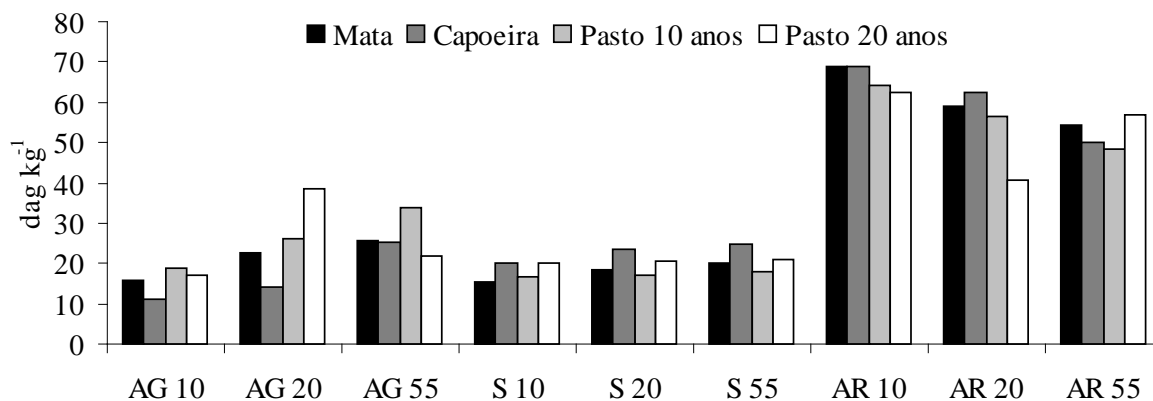


Figura 4. Caracterização granulométrica do Argissolo sob diferentes usos: AG 10: argila de 0 a 10 cm; AG 20: argila de 10 a 20 cm; AG 55: argila de 45 a 55 cm; S 10: silte de 0 a 10 cm; S 20: silte de 10 a 20 cm; S 55: silte de 45 a 55 cm; AR 10: areia de 0 a 10 cm; AR20: areia de 10 a 20 cm; AR55: areia de 45 a 55 cm.

3.2. Análises químicas

Os valores da análise química do Argissolo sob os usos com mata, capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos estão no Quadro 3. Os parâmetros químicos do Argissolo foram classificados de acordo com a classificação de Alvarez et al. (1999). Observa-se que a reação do solo alterou significativamente com a retirada da mata nativa, ocorrendo uma elevação dos valores de pH em relação à mata, em todas as profundidades. A acidez do solo para a mata foi classificada como muito elevada, ao passo que para os demais usos foi classificada como elevada, em todas as profundidades. Os valores negativos de ΔpH para os Argissolos indicam que há predomínio de cargas elétricas negativas no solo, em todas as profundidades avaliadas.

Acompanhando o menor valor de pH, os valores de Al^{+3} trocável foram maiores na mata, sendo classificado como médio. Na capoeira, pastagem com 10 e 20 anos, os valores de pH foram menores, sendo classificados como baixos, na

profundidade de 0 a 10 cm. Com exceção da capoeira de 10 a 20 cm, os solos apresentaram teores de Al^{3+} mais elevados em profundidade, variando de 1,4 a 2,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (classificados como altos e muito altos). Os resultados indicam um ambiente mais favorável ao crescimento radicular de 0 a 10 cm, ao passo que a partir de 10 a 20 cm as altas concentrações de Al^{3+} configuram uma condição não tão favorável ao crescimento radicular. O menor teor de Al^{3+} em superfície pode estar relacionado com o efeito da reciclagem de nutrientes, ou seja, maior acúmulo de bases na superfície e, conseqüentemente, menor Al^{3+} nesta camada em relação às demais estudadas (ARAÚJO, et al., 2000; 2004).

A acidez potencial (H+Al) foi classificada como alta em todos os usos e profundidades, com exceção da mata de 0 a 10 cm, onde foi classificada como muita alta (Quadro 3). Os valores de acidez potencial foram elevados nos usos avaliados na camada superficial, especialmente na mata e pastagem com 10 anos, enquanto que os valores de Al^{3+} foram classificados como baixos. Isso indica que a elevação na acidez potencial nesses ambientes foi devido aos íons H^+ , o que se explica pelo maior teor de matéria orgânica em superfície, principalmente na mata e pastagem com 10 anos, onde os teores de carbono foram maiores (Figura 6). A retirada da mata e cultivo do solo com posterior implantação de pastagem, bem como a retirada da mata e implantação direta de pastagem reduziram a acidez ativa (pH), trocável (Al^{3+}) e potencial (H+Al) na superfície dos Argissolos.

O teor de P disponível (Mellich 1) foram classificados de acordo com os valores de P-rem, sendo classificados como muito baixos para todos os usos e profundidades, com exceção da mata de 0 a 10 cm, que foram classificados como baixo (Quadro 3). A mata apresentou valores de P estatisticamente maior que nos usos com capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, na profundidade de 0 a 10 cm. Nas demais profundidades não foram observadas alterações significativas nos teores de P disponível, a exceção da pastagem com 20 anos, que apresentou valores maiores de 45 a 55 cm, o que não está associado com o uso do solo. Pode-se notar que a retirada da mata e implantação de pastagens, com uso anterior com culturas bem como pela implantação direta após a queima, resultaram em redução dos teores de P

disponível em superfície. Também os teores de P-disponível não foram recuperados pelo abandono da área para formação da capoeira.

A redução dos teores de P-disponível em relação à mata, pode ser devido a maior extração pelo cultivo e pastoreio do gado, exportando o nutriente do solo, que não é substituído por adubos químicos.

Quadro 3. Características químicas do Argissolo sob mata, capoeira, pasto com 10 anos e pasto com 20 anos, nas profundidades avaliadas

Usos	pH	pH	Δ pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB ¹	CTCe ²	CTCt ³	V ⁴	P-rem ⁵
	H ₂ O	KCl													---- mg dm^{-3}----	-----cmol_{c} dm^{-3}-----	%	mgL^{-1}
0 - 10 cm														
Mata	4,2 a	3,5 a	-0,6 a	4,3 b	60,0 a	0,7 a	0,2 a	0,7 c	9,9 d	1,1 a	1,8 a	11,0 c	9,8 a	40,7 b
Capoeira	4,8 b	4,2 c	-0,6 a	1,9 a	80,7 a	1,1 b	0,5 b	0,1 a	5,1 b	1,8 b	1,9 a	6,9 a	25,8 b	40,6 b
Pasto 10 anos	4,8 b	3,9 b	-0,9 b	2,2 a	264,7 b	1,0 b	0,7 c	0,5 b	5,7 c	2,5 c	3,0 c	8,2 b	29,9 c	26,8 a
Pasto 20anos	5,0 b	4,0 b	-1,0 b	2,2 a	79,0 a	1,3 c	0,4 b	0,4 b	4,5 a	1,9 b	2,3 b	6,4 a	29,7 c	30,5 a
10 - 20 cm														
Mata	4,0 a	3,4 a	-0,3 a	1,5 a	23,3 a	0,0 a	0,1 c	1,4 b	7,7 c	0,1 a	1,5 b	7,8 b	2,0 a	22,9 c
Capoeira	4,5 ab	3,9 c	-0,6ab	1,0 a	36,0 b	0,5 c	0,2 b	0,5 a	5,0 a	0,8 b	1,3 a	5,8 a	14,1 b	35,5 d
Pasto 10 anos	4,4 ab	3,7 b	-0,7ab	1,3 a	115,0 c	0,4 b	0,3 c	1,7 c	6,4 b	0,9 b	2,6 d	7,3 b	12,4 b	14,1 b
Pasto 20anos	4,7 b	3,7 b	-1,0 b	1,1 a	22,0 a	0,1 a	0,0 a	2,1 d	7,2 bc	0,1a	2,3 c	7,3 b	2,0 a	5,2 a
45 - 55 cm														
Mata	4,0 a	3,7 a	-0,3 c	0,9 a	24,3 b	0,0 a	0,0 a	1,4 b	7,2 c	0,1 a	1,5 a	7,2 c	1,0 a	23,3 c
Capoeira	4,9 d	3,8 b	-1,1 a	0,6 a	19,7 a	0,2 b	0,1 b	1,4 b	6,0 b	0,3 b	1,7 b	6,4 b	5,3 b	14,2 b
Pasto 10 anos	4,5 b	3,7 a	-0,8 b	0,9 a	40,0 c	0,1 a	0,0 a	2,2 c	7,5 c	0,2 a	2,4 d	7,7 c	2,3 a	5,2 a
Pasto 20anos	4,7 c	3,9 c	-0,8 b	1,6 b	39,7 c	0,8 c	0,2 c	0,9 a	4,6 a	1,1 a	2,0 c	5,7 a	19,0 c	22,3 c

¹ Soma de Bases (SB); ² CTC efetiva (CTEe); ³ CTC a pH 7,0 (CTCt); ⁴ saturação de bases (V); ⁵ fósforo remanescente (P-rem).

Também, com a retirada da mata provavelmente houve uma quebra da ciclagem do P, pela redução da biomassa vegetal que retornava formas P acumuladas na biomassa vegetal. Já é bastante conhecida a importância dos compostos orgânicos que contêm fósforo na fração considerada disponível (GUERRA et al., 1996).

Os valores de P-rem tendem a decrescer à medida que os teores de argila aumentam, ou seja, em profundidade (Figura 4), o que se explica pela maior fixação de P pelo solo com o aumento do teor de argila, especialmente argila oxídica. Além disso, o bloqueio de sítios de retenção de P pela matéria orgânica poderia estar contribuindo para os maiores valores de P-rem encontrados na superfície dos Argissolos estudados, conforme constatado também por Silva (1999) e Araújo et al. (2004).

Os teores dos nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos Argissolos apresentaram variações significativas entre os usos, mostrando que a retirada da mata alterou a dinâmica destes nutrientes no solo, especialmente na superfície. Os nutrientes Ca^{2+} e Mg^{2+} foram classificados com valores baixos e muito baixos (com teores variando de 0,0 a 1,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o Ca^{2+} , e de 0,0 a 0,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o Mg^{2+}), com os menores valores em profundidade. Já o nutriente K^+ foi classificado com valores variando de médio a muito bom (teores variando de 19,7 a 264,7 mg dm^{-3}), também com os maiores valores ocorrendo em superfície. Da mesma forma a soma de bases (SB) e saturação de bases (V), por consequência, apresentou os maiores valores nos solos onde houve desmatamento. Não obstante a melhor condição química nos solos após desmatamento, todos os Argissolos sob os usos estudados apresentaram caráter distrófico.

Pode-se notar que há uma grande concentração de nutrientes na camada de 0 a 10 cm, especialmente do K^+ , deixando evidente o grande efeito da ciclagem de nutrientes, onde as raízes exploram e extraem nutrientes de camadas inferiores, concentrando-os na superfície. Esse ciclo biogeoquímico fica evidente em sistemas naturais, como a mata avaliada, onde a soma de bases (SB) (Quadro 3) foi 90 % menor nas profundidades de 10 a 20 cm e 45 e 55 cm em relação à profundidade de 0 a 10 cm. Também, nos sistemas com pastagens há um grande efeito de ciclagem de nutrientes,

devido ao sistema radicular denso das braquiárias, que exploram grande volume de solo.

A média da soma de bases nas profundidades estudadas entre os usos (Figura 5) deixa claro que há o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo com a retirada da mata e implantação de pastagem. Estes resultados mostram que em condições naturais, como na mata, a maioria dos nutrientes do sistema está alocada na biomassa vegetal, e pequena parte no solo, devido a grande eficiência da ciclagem biogeoquímica nestas condições. Sampaio et al. (2003) observaram que os teores de nutrientes nos diferentes componentes vegetais de uma floresta tropical aberta na Amazônia seguiram a ordem de grandeza: N (2.647 kg ha^{-1}) > Ca^{2+} (2.647 kg ha^{-1}) > K^+ (659 kg ha^{-1}) > S (342 kg ha^{-1}) > Mg^{2+} (332 kg ha^{-1}) > P (52 kg ha^{-1}), de forma que com a queima dessa biomassa é disponibilizada uma grande quantidade de nutrientes para o solo, bem como uma boa parte também se perde.

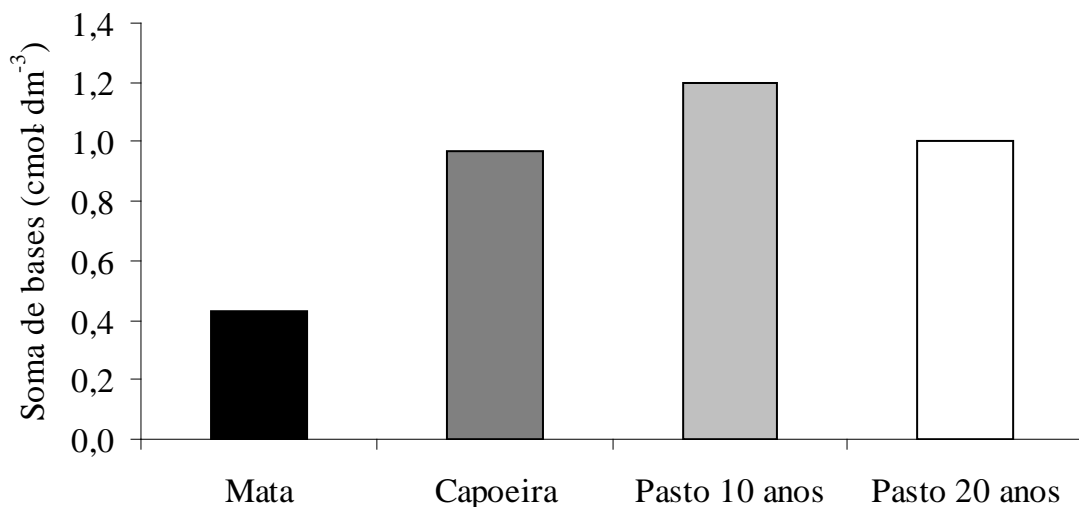


Figura 5. Soma de bases (média das profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm) do Argissolo sob os diferentes usos.

Este sistema é extremamente interessante para a manutenção e redução de perdas de nutrientes por erosão, lixiviação, volatilização, etc. Por outro lado, com a retirada da mata há um aumento dos teores de nutrientes do solo pela liberação dos

nutrientes antes alocados na biomassa, acontecendo aos poucos, por meio da decomposição de raízes, troncos, galhos, etc.

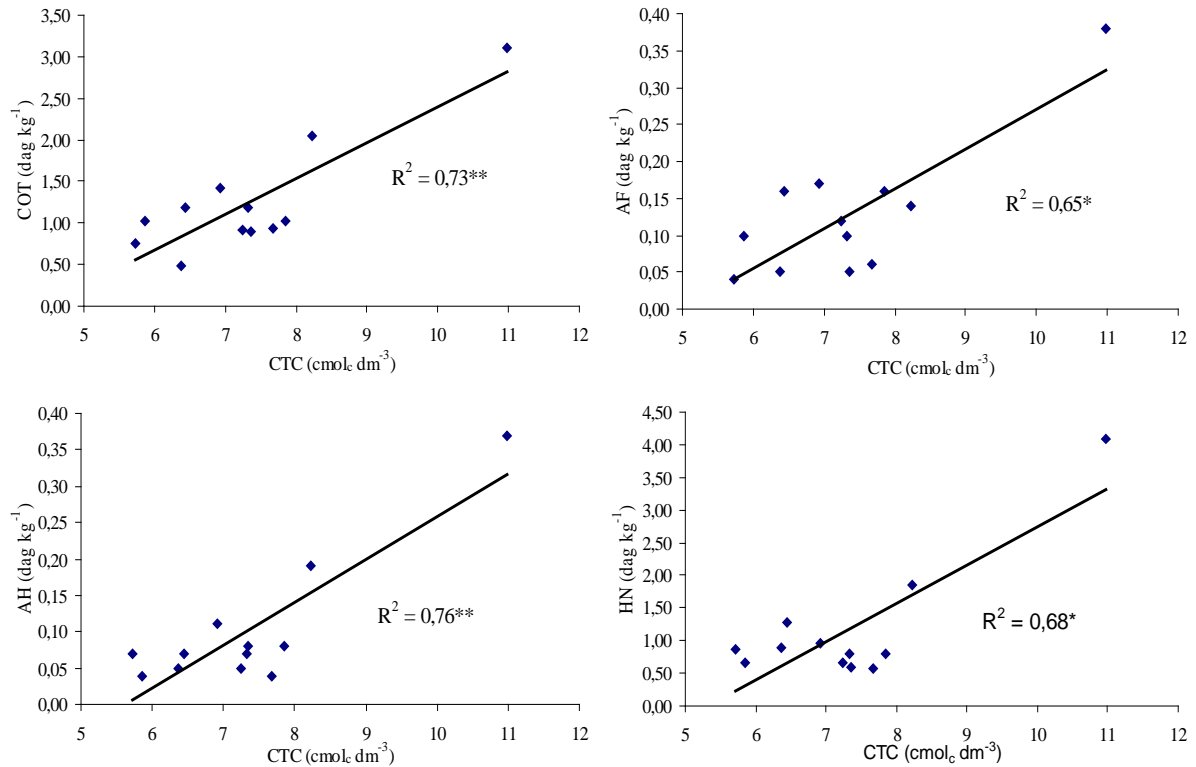


Figura 6. Correlação entre a capacidade de troca de cátions total do solo (CTCt) e teores de: carbono orgânico total (COT); ácidos fúlvicos (AF); ácidos húmicos (AH) e humina (HN).

Não obstante a melhora química do solo, a retirada da mata rompe um equilíbrio na dinâmica da ciclagem dos nutrientes, favorecendo as perdas dos mesmos por volatilização (na queima da mata, especialmente nitrogênio e enxofre (SAMPAIO et al., 2003)), erosão, lixiviação, etc. Assim, se o sistema que sucede a mata não for eficiente na manutenção dos nutrientes, ocorreram grandes perdas destes. Estas perdas mais acentuadas talvez justifiquem o sistema tradicional de cultivo na Amazônia, denominada agricultura migratória, onde se tem a derrubada da mata por queima, seguida por um curto período com culturas anuais, e posteriormente, pastagem; em

seguida um novo ciclo recomeça com a busca por novas áreas de mata para derruba (ARAÚJO et al., 2000, 2004; SAMPAIO et al., 2003; VALENTIM & GOMES, 2006).

Quadro 4. Valores médios para os micronutrientes nos Argissolos o sob sob mata, capoeira, pasto com 10 anos e pasto com 20 anos, nas profundidades avaliadas

Usos	Zn ¹	Fe ¹	Mn ¹	Cu ¹
..... mg dm ⁻³				
0 - 10 cm				
Mata	6,08	251,8	204,3	1,9
Capoeira	1,11	311,1	18,8	0,6
Pasto 10 anos	1,07	980,2	19,6	1,2
Pasto 20anos	1,79	1139,8	155,7	1,3
10 - 20 cm				
Mata	1,15	573,9	13,7	0,6
Capoeira	2,88	559,0	203,2	1,6
Pasto 10 anos	0,96	1243,1	18,5	1,1
Pasto 20anos	0,84	720,4	31,9	0,7
45 - 55 cm				
Mata	1,18	169,9	11,7	0,6
Capoeira	1,01	180,6	18,7	1,1
Pasto 10 anos	1,67	753,4	14,7	2,0
Pasto 20anos	0,98	1026,1	98,5	1,2

¹Extrator Melich-1.

Nota-se que a pastagem com 10 anos apresenta maiores teores de soma de bases (nutrientes) (Figura 5), o que deve ser função de não ter havido cultivo do solo com culturas, e sim o plantio da pastagem logo após a retirada da mata, permitindo maior aproveitamento dos nutrientes das cinzas (SAMPAIO et al., 2003),

especialmente o K^+ (Quadro 3). Este resultado também evidencia a ação exportadora de nutrientes pelo cultivo do solo com culturas, sem uso de fertilizantes e corretivos. A pastagem com 20 anos mostra efeito de ciclagem de parte dos nutrientes disponibilizados após a queima, já que após 20 anos ainda mantém maior soma de bases que o solo sob mata, embora no balanço, certamente houve perdas dos nutrientes disponibilizados pelas cinzas da mata. Também se percebe que 10 anos de abandono da pastagem para formação de capoeira não foram suficientes para se ter uma ciclagem de nutrientes semelhante à observada na mata.

A capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) apresentou valores inferiores aos da capacidade de troca determinada (CTCt) em decorrência da geração de cargas negativas no solo com o aumento do pH para 7,0 (Quadro 3). Esse efeito foi maior nas áreas com mata e pastagem com 10 anos na superfície, devido aos maiores teores de carbono orgânico do solo, contribuindo para maior geração de carga elétrica negativa.

A CTCt reduziu significativamente com a retirada da mata, de 0 a 10 cm. Essa redução em relação à mata foi de 37 % para capoeira, 25 % para o pastagem com 10 anos e 42 % para o pastagem com 20 anos, acompanhando o comportamento do carbono orgânico do solo nessa profundidade (Figura 7).

Houve uma correlação significativa entre a CTC total e o teor de carbono orgânico total, e as frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (Figura 6), indicando a forte relação entre a variação da CTC e o carbono orgânico do solo, especialmente para solos tropicais. Canellas et al. (2003) trabalhando com solos sob diferentes manejos também encontraram correlação entre CTC e carbono orgânico total ($R^2 = 0,80^{**}$), fração ácidos fúlvicos ($0,79^{**}$), fração ácidos húmicos ($R^2 = 0,97^{**}$) e fração humina ($R^2 = 0,75^{**}$). A contribuição da matéria orgânica para a CTC dos solos é importante e foi estimada entre 56 e 82 % da CTC de solos sob condições tropicais (RAIJ, 1981), o que favorece a retenção de cátions e diminui as perdas por lixiviação. Nos solos de mineralogia predominantemente formada por minerais silicatados do tipo 1:1 (caulinita) e óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibbsita) como nos Argissolos

brasileiros, a matéria orgânica do solo comanda o desenvolvimento de cargas na superfície.

Os teores de micronutrientes no solo estão no Quadro 4. Houve uma grande variação entre os valores dos micronutrientes Fe, Zn, Cu e Mn entre as profundidades avaliadas. Os teores de Fe variaram de 180,6 a 1243,6 mg dm⁻³, os teores de Zn variaram de 0,84 a 6,08 mg dm⁻³, os teores de Cu variaram de 0,6 a 2,0 mg dm⁻³ e os teores de Mn variaram de 11,7 a 204,3 mg dm⁻³. Esta variação pode estar relacionada à reciclagem pela decomposição de resíduos em superfície, como pela translocação para camadas mais profundas. Também as diferenças em profundidade estão relacionadas ao material parental, formado por rochas sedimentares da Formação Solimões, constituída por sedimentos bastante variados.

Carmo (2006), trabalhando em solos do Acre, determinou pelo método Mehlich 1 os micronutrientes Zn, Fe, Mn e Cu em profundidades variando de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm da superfície. Os autores também encontraram valores variados desses micronutrientes, porém em uma amplitude de valores bem menores, especialmente para o Fe e Mn.

3.3. Carbono orgânico e nitrogênio total

Os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo encontram-se na Figura 7. Os teores de carbono do solo foram classificados como altos na mata, e moderados nos demais usos, na camada de 0 a 10 cm (Quadro 2). Houve diferenças significativas nos teores de carbono do solo apenas de 0 a 10 cm, mostrando que o desmatamento alterou negativamente o teor de carbono do Argissolo, principalmente em superfície. Pode-se observar que o valor de carbono orgânico do solo na profundidade de 0 a 10 cm foi significativamente maior na mata do que nos demais usos, mostrando que nas condições edafoclimáticas do noroeste do Acre a retirada da mata e implantação de pastagens esta reduzindo o carbono do solo.

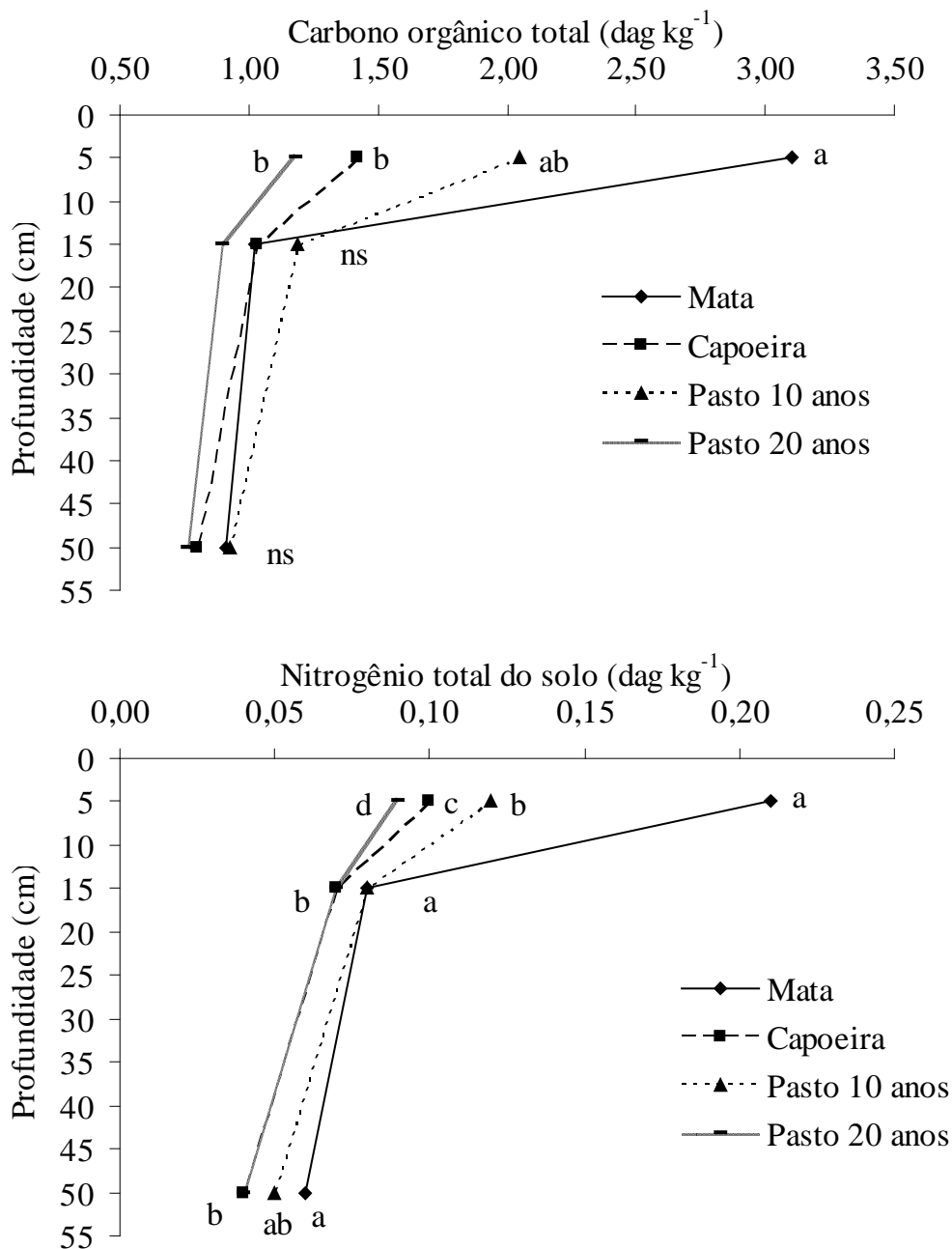


Figura 7. Valores médios do carbono orgânico total e do nitrogênio total do solo, para o Argissolo sob mata, capoeira, pasto 10 anos e pasto 20 anos. Valores seguidos pela mesma letra dentro de cada profundidade não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na profundidade de 0 a 10 cm a redução de carbono no solo com a retirada da mata foi de 54 % para a capoeira, 34 % para pastagem com 10 anos e 62 % para pastagem com 20 anos. Esses valores estão acima do percentual de 40 % estimado por Scholes et al. (1997), para solos tropicais quando submetidos ao uso agrícola.

Nota-se que 10 anos de pousio após uso com pastagem para formação de capoeira não foram suficientes para recuperação do teor de carbono orgânico do solo, já que o mesmo foi estatisticamente menor e semelhante à pastagem com 20 anos. Isso demonstra a fragilidade desse sistema, ressaltando a necessidade de manejo que preserve o carbono no solo, já que as condições climáticas dificultam a recuperação dos estoques de carbono do solo. Também a pequena porcentagem de argila nestes solos contribui para a redução e/ou recuperação dos teores de carbono orgânico do solo, já que a argila confere proteção física do carbono no solo.

A pastagem com 10 anos em superfície apresentou valores de carbono orgânico do solo intermediários, o que deve estar associado ao não cultivo do Argissolo com culturas após retirada da mata. O fato da pastagem com 10 anos apresentar menor redução do carbono em relação aos demais usos indica que as maiores perdas de carbono no Argissolo podem ser atribuídas ao uso do solo quando foram cultivados por culturas, anteriormente a implantação da pastagem, já que na pastagem com 10 anos não houve cultivo do solo com culturas, implantando-se diretamente a pastagem. A movimentação e o preparo do solo para o cultivo favorecem as reações de oxidação, por meio do aumento da pressão parcial de oxigênio e da exposição de novas superfícies para o ataque microbiano. O balanço líquido desse efeito é a diminuição dos teores de carbono do solo nos sistemas com maior movimentação de solo (CANELLAS et al., 2003). Entretanto, sistemas mais conservacionistas como as pastagens, tendem, com o tempo, a apresentar um incremento ou manter os teores de carbono orgânico do solo (DIAS et al., 2007; RANGEL & SILVA, 2007). Entretanto, o balanço do carbono no solo esta associado às condições ambientais, edáficas e de manejo em cada local, conforme pode ser observado pelos resultados de Araújo (2008), que avaliando a retirada da mata e

implantação de pastagens no leste do Acre, em Argissolo Vermelho-amarelo, encontrou teores de carbono do solo superiores aos da mata.

Os teores de nitrogênio total alteraram entre os sistemas, e apresentaram o mesmo comportamento estatístico do carbono orgânico total (Figura 7). Isso se deve ao fato do nitrogênio e carbono serem componentes da matéria orgânica, estando, desta forma, intimamente associados (DIAS et al., 2007).

Bayer et al. (2000) afirmam que solos degradados pelo cultivo e com baixos teores de carbono são deficientes em nitrogênio, o que limita a recuperação dos estoques de carbono no solo, principalmente em sistemas constituídos por gramíneas. A redução proporcional nos teores de carbono e nitrogênio total explica a não diferenciação da relação C/N na matéria orgânica dos diversos usos, mostrando a presença de matéria orgânica estável.

3.4. Substâncias húmicas

Os teores de carbono das frações humificadas da matéria orgânica do solo são apresentados no Quadro 5. De maneira geral, houve maiores teores de carbono em todas as frações húmicas para o solo sob mata, em todas as profundidades, porém bem mais evidente de 0 a 10 cm. Assim, pode-se notar que a redução do carbono orgânico total do solo foi devido à redução de todas as frações húmicas.

Na profundidade de 0 a 10 cm a fração ácidos fúlvicos (AF) apresentou uma redução em relação à mata de 55%, 57% e 57% para a capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, respectivamente. A fração ácidos húmicos (AH) apresentou reduções em relação à mata de 70%, 49% e 81% para capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, respectivamente. A fração húmica (HN) mostrou reduções em relação à mata de 64%, 32% e 57% para capoeira, pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos, respectivamente.

Quadro 5. Valores médios para o carbono das frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HN), e relação entre as frações ácidos húmicos/ácidos fúlvicos (AH/AF), porcentagem das frações ácidos fúlvicos somadas aos ácidos húmicos em relação ao total de substâncias húmicas (AF+AH) e porcentagem de humina nas substâncias húmicas (HN/S), em Argissolo sob diferentes usos, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm

Usos	AF	AH	HN	AH/AF	AF+AH	HN/S
	-----dag kg ⁻¹ -----			-----%-----		
	0 - 10 cm					
Mata	0,38 a	0,37 a	2,70 a	0,97	22	78
Capoeira	0,17 b	0,11 bc	0,96 d	0,64	22	78
Pasto 10 anos	0,16 b	0,19 b	1,84 b	1,18	16	84
Pasto 20 anos	0,16 b	0,07 c	1,15 c	0,44	17	83
	10 - 20 cm					
Mata	0,16 a	0,08 a	0,80 a	0,50	23	77
Capoeira	0,10 b	0,04 a	0,67 ab	0,40	18	82
Pasto 10 anos	0,10 b	0,07 a	0,80 a	0,70	18	82
Pasto 20 anos	0,05 c	0,08 a	0,60 b	1,60	18	82
	45 - 55 cm					
Mata	0,12 a	0,05 b	0,66 b	0,42	20	80
Capoeira	0,05 bc	0,05 b	0,48 a	1,00	18	82
Pasto 10 anos	0,06 b	0,04 b	0,73 b	0,67	13	87
Pasto 20 anos	0,04 c	0,07 a	0,55 a	1,75	17	83

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As perdas de carbono com a retirada da mata foram menores nas frações AH e HN no Argissolo sob pastagem com 10 anos, o que esta relacionada com as menores

perdas de carbono total nesse ambiente. O Argissolo sob capoeira também apresentou altas reduções em comparação com a mata, indicando que o compartimento orgânico das substâncias húmicas ainda não sofreu o efeito positivo pelo pousio de 10 anos, da mesma forma que o carbono orgânico total. Isso demonstra a dificuldade de se recuperar os teores de carbono do solo nas condições climáticas de altas temperaturas e umidade, como as que ocorrem na área de estudo.

Quando se avalia a porcentagem relativa da soma das frações alcalino-solúveis (AF + AH) e da fração humina na distribuição total do carbono humificado (AF + AH + HN = 100%), observa-se que a porcentagem de carbono na fração humina (HN) no carbono humificado variou de 77 a 78 %. Isso mostra que a maior parte do húmus dos sistemas de uso avaliados é composta pela fração humina, o que também foi observado em outros trabalhos em solos brasileiros (CANELLAS et al. 2003; LEITE et al. 2004; RANGEL & SILVA, 2007). Em todos os usos e profundidades a porcentagem de humina nas substâncias húmicas foi classificada como muito alta (Quadro 2). A maior recalcitrância da fração humina, bem como sua maior interação com a argila do solo, conferindo maior proteção física, resultam em maior dificuldade ao ataque microbiano, justificando sua maior presença nos solos (STEVENSON, 1994).

A redução nos teores das frações AF e AH em detrimento a fração HN no ambiente com pastagem pode ser atribuída à erosão do solo que favorece a remoção preferencial destas frações, concentrando humina. O pH mais elevado, somado as condições de relevo, facilita ainda a remoção de formas solúveis de compostos orgânicos. Também, a ação do fogo sobre a pastagem, na retirada da mata e quando ocorre de maneira não ocasional nos períodos de seca, contribui para a redução das frações AF e AH, aumentando o turnover da matéria orgânica e a humina residual (black carbon). A porcentagem relativa da soma das frações alcalino-solúveis (AF + AH) foi classificada como muito alta (Quadro 2) para a mata em todas as profundidades, e para a capoeira de 0 a 10 cm.

Assumindo qualquer das várias possibilidades para o processo de estabilização dos compostos orgânicos no solo, os ácidos húmicos representam a fração

intermediária entre a estabilização dos compostos pela interação com matéria mineral (huminas) e a ocorrência de ácidos orgânicos oxidados livres na solução do solo (ácidos fúlvicos livres ou associados). Os ácidos húmicos são, portanto, um marcador natural do processo de humificação, e refletem, como tal, tanto a condição de gênese como de uso e manejo do solo (KONONOVA, 1982; STEVENSON, 1994; CANELLAS et al., 2003). Solos de ambientes temperados, naturalmente férteis, apresentam teores relativos maiores de ácidos húmicos e valores da relação AH/AF maiores que 1,0. Já a fração orgânica dos solos tropicais é dominada pelas huminas, e tanto a intensa mineralização dos resíduos, como as restrições edáficas à atividade biológica, tornam os valores da relação AH/AF menores do que 1,0, indicando má evolução por razões edáficas ou de manejo, ou adição recente de matéria orgânica (CANELLAS et al., 2003).

De acordo com Kononova (1982), os valores da relação AH/AF para solos temperados variam de 0,7 a 2,5, sendo que para solos tropicais os valores médios são mais baixos. Pode-se notar, de 0 a 10 cm, que a mata mostrou relação mais adequada (0,97), ao passo que capoeira e pastagem com 20 anos apresentaram valores baixos (0,64 e 0,44, respectivamente) mostrando restrições ao processo de humificação nestes últimos. Na pastagem com 10 anos, a relação foi maior que 1,0, indicando condição edáfica favorável aos processos de humificação (condensação e síntese), possivelmente pelo maior riqueza nutricional neste solo nessa profundidade. Nas demais profundidades a relação foi menor, salvo exceções onde a fração AF foi muito pequena, aumentando a relação AH/AF.

Segundo Tate (1987), os microrganismos produzem não somente os precursores químicos necessários à formação de substâncias húmicas, mas também sintetizam enzimas capazes de catalizar a polimerização de moléculas mais simples.

Neste sentido, a maior proporção das frações húmicas no Argissolo sob mata provavelmente são devido ao maior aporte vegetal, que leva a maior produção de matéria orgânica, o que favoreceu a atividade microbiana (Quadro 6), com conseqüente aumento da polimerização da matéria orgânica do solo. Assim, quando se retira a mata,

altera-se essa dinâmica, devido ao baixo aporte vegetal gerado pela pastagem, com fraca atividade biológica e conseqüente menor produção de matéria orgânica. Assim, a humina do solo com pastagem provavelmente advém de processos de herança, particularmente, da lignina (STEVENSON, 1994), além da humina residual advinda da queima. A maior atividade biológica de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm no solo sob capoeira, indica que essa dinâmica pode estar sendo reestabelecido.

3.5. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana

Nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm os teores de carbono da biomassa microbiana (C-Micr) e nitrogênio da biomassa microbiana (N-Micr) apresentaram diferenças significativas, com os maiores valores ocorrendo na mata (Quadro 6). Na profundidade e 45 a 55 cm não houve alterações significativas na atividade microbiana. Estes valores mostram que a retirada da mata e implantação de pastagens no noroeste o Acre alterou esse compartimento do carbono do solo, reduzindo-o significativamente nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Os teores de C-Micr para a capoeira, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm não diferiram estatisticamente dos observados na mata. Isto demonstra que houve a recuperação deste compartimento de carbono após 10 anos de pousio pela formação da capoeira.

Os maiores valores de C-Micr para o Argissolos sob mata nativa e capoeira estão relacionados à maior produção e conservação de resíduos vegetais em superfície, elevando a proporção de carbono facilmente disponível, bem como diminui as variações de temperatura e umidade, o que favorece o aumento da biomassa microbiana, conforme constatado por Six et al. (1998), Leite et al. (2004) e Dias et al. (2007). Já na pastagem, há menor aporte vegetal, bem como maiores variações de temperatura e umidade, resultando em um ambiente menos favorável a atividade biológica.

A relação C-Mic/COT, ou quociente microbiano é um indicador da disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos.

Quadro 6. Valores médios para carbono da biomassa microbiana (C-Micr), nitrogênio da biomassa microbiana (N-Micr), relação carbono microbiano/carbono orgânico total (C-Micr/COT) e nitrogênio microbiano/nitrogênio total (N-Micr/NT), em Argissolo sob diferentes usos, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm

Usos	C-Micr	N-Micr	C-Micr/COT	N-Micr/NT
	-----mg kg ⁻¹ -----		-----%-----	
0 - 10 cm				
Mata	145,4 a	109,4 a	0,47	5,1
Capoeira	136,7 a	60,9 b	0,96	6,0
Pasto 10 anos	76,2 b	34,2 bc	0,37	2,8
Pasto 20 anos	57,1 b	25,2 c	0,48	2,8
10 - 20 cm				
Mata	112,5 a	77,4 a	1,10	9,6
Capoeira	84,8 ab	32,2 ab	0,82	4,5
Pasto 10 anos	39,8 b	43,0 ab	0,33	5,3
Pasto 20 anos	60,6 b	10,0 b	0,67	1,4
45 - 55 cm				
Mata	79,6 a	30,9 a	0,87	5,1
Capoeira	19,0 a	3,9 a	0,38	0,97
Pasto 10 anos	13,8 a	19,1 a	0,15	3,8
Pasto 20 anos	12,1 a	0,0 a	0,15	0,0

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entre os usos a maior relação foi encontrada na capoeira de 0 a 10 cm, sendo que de 10 a 20 cm esta relação também foi elevada na capoeira, ao passo que nos Argissolos com pastagem as relações C-Micr/COT foram menores. De maneira geral, comportamento semelhante foi observado para relação N-Micr/COT. Estes resultados

evidenciam a redução da microbiota do solo na pastagem em função da redução do carbono orgânico total COT (Figura 7), bem como indica que a capoeira está gerando maior aporte de carbono, favorecendo assim a atividade microbiana. Esse resultado mostra o efeito positivo do pousio em disponibilizar matéria orgânica para os microrganismos, que é um fator preponderante para a recuperação dos demais compartimentos orgânicos do solo.

Pode-se notar que o C-Micr foi um compartimento da matéria orgânica do solo que respondeu mais rapidamente as alterações provocadas pelo uso e manejo que o carbono orgânico total, já que este não foi recuperado pela capoeira. Portanto, o C-Micr foi um indicador mais sensível das mudanças ocorridas com a retirada da mata e implantação de pastagem, bem como pelo abandono destas áreas para formação de capoeira. Esse comportamento também foi observado por Sohi et al. (2001), Leite et al. (2004) e Rangel & Silva (2007). Por apresentar rápida ciclagem, este atributo microbiológico responde intensamente a flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos, sendo um indicador mais sensível das mudanças nos níveis de matéria orgânica do que o teor de COT (SPARLING, 1997).

3.6. Carbono orgânico lábil e índice de manejo de carbono (IMC)

Quando se avalia o teor de carbono nas formas lábeis (C_L) entre os sistemas de uso, pode-se notar que a mata apresentou valor estatisticamente maior ($0,81 \text{ dag kg}^{-1}$), seguido pela capoeira ($0,21 \text{ dag kg}^{-1}$) e pastagem com 10 anos ($0,27 \text{ dag kg}^{-1}$), sendo menor na pastagem com 20 anos ($0,10 \text{ dag kg}^{-1}$), na profundidade de 0 a 10 cm (Quadro 7). Na profundidade de 10 a 20 cm somente a pastagem com 20 anos apresentou redução significativa das formas lábeis de carbono, e de 45 a 55 cm não houve diferenças entre os sistemas de uso avaliados. A proporção C_L/COT foi maior para mata em todas as profundidades avaliadas, seguidas pela capoeira. Estes valores evidenciam que a retirada da mata e implantação de pastagem afetou negativamente as

formas lábeis de carbono do solo em superfície, sendo esta redução mais drástica na pastagem com 20 anos.

Quadro 7. Valores médios para o carbono lábil (C_L), carbono não lábil (C_{NL}), proporção de carbono lábil em relação ao carbono orgânico total (C_L/COT) e Índice de Manejo de Carbono (IMC) em Argissolo sob diferentes usos, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 45 a 55 cm

Usos	C_L	C_{NL}	C_L/COT	Índice ⁽¹⁾			
				ICC	L	IL	IMC
	..... dag kg ⁻¹	.....	.. % ..		
0 - 10 cm							
Mata	0,81 a	2,29 a	26	-	0,35	-	-
Capoeira	0,21 b	1,19 b	15	2,21	0,18	0,5	111,6
Pasto 10 anos	0,27 b	1,73 ab	14	1,55	0,16	0,4	69,1
Pasto 20 anos	0,10 c	1,10 b	8	2,58	0,09	0,3	67,1
10 - 20 cm							
Mata	0,18 a	0,82 a	18	-	0,22	-	-
Capoeira	0,14 ab	0,86 a	14	1,00	0,16	0,9	90,4
Pasto 10 anos	0,13 ab	1,07 a	11	0,83	0,12	0,7	56,2
Pasto 20 anos	0,11 b	0,79 a	12	1,11	0,14	0,8	86,0
45 - 55 cm							
Mata	0,12 a	0,78 a	13	-	0,15	-	-
Capoeira	0,05 a	0,45 a	10	1,80	0,11	0,4	69,0
Pasto 10 anos	0,04 a	0,86 a	9	1,00	0,10	0,3	33,6
Pasto 20 anos	0,06 a	0,74 a	8	1,13	0,08	0,3	31,5

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ ICC = Índice de compartimento de carbono, calculado como: ICC = COT cultivado/COTmata; L = labilidade, calculado como: L = C_L/C_{NL} ; IL = índice de labilidade, calculado como: IL = L cultivado/L mata.

Também se pode notar que esta está havendo uma recuperação dos estoques de carbono de formas mais lábeis na capoeira, ressaltando a importância da capoeira na reabilitação das pastagens degradadas, uma vez que as frações lábeis são essenciais à melhoria da qualidade do solo e sustentabilidade dos sistemas de produção (BLAIR, 2000).

O índice de manejo de carbono (IMC) mostrou-se superior na capoeira (111,6) e menor para pastagem com 10 anos (69,1) e pastagem com 20 anos (67,1) na profundidade de 0 a 10 cm (Quadro 7). Nas profundidades de 10 a 20 cm e 45 a 55 cm a capoeira também apresentou índices de manejo de carbono mais elevados que na pastagem com 10 e 20 anos.

Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos de impacto negativo do uso e práticas de manejo sobre os teores da matéria orgânica e qualidade do solo (BLAIR et al., 1995). O IMC na pastagem com 10 anos e pastagem com 20 anos indica que a retirada da mata e implantação de pastagem está acarretando impactos negativos na matéria orgânica do solo, tanto pelo cultivo de culturas após a derruba como pelo manejo inadequado das pastagens que não conseguem recuperar os estoques de carbono do solo. Por outro lado, o IMC na capoeira mostra a importância do pousio (formação de capoeira) na dinâmica e recuperação dos estoques de carbono do solo.

4. CONCLUSÕES

O processo de ocupação antrópica no noroeste do Acre, com retirada da mata nativa e implantação de pastagens, causou impacto sobre as condições químicas do solo. Houve uma redução da acidez ativa (pH), trocável (Al^{3+}) e potencial (H+Al) na superfície dos Argissolos com a implantação de pastagens. Os teores de P-disponível foram maiores na mata, possivelmente pelo maior teor de matéria orgânica, que vai disponibilizar fósforo orgânico. De maneira geral houve enriquecimento do Argissolo com nutrientes após a retirada da mata, especialmente onde não se teve o cultivo do solo, e sim a implantação direta da pastagem após abertura da área. O aumento no teor

de nutrientes foi devido a grande liberação de nutrientes pelas cinzas, e, em parte, pela ciclagem feita pela braquiária.

A retirada da mata e implantação de pastagem alterou negativamente os teores de carbono orgânico do solo sob as condições edafoclimáticas da região avaliada, sendo que esse impacto se distribuiu uniformemente sobre as frações húmicas, predominou a fração humina em todos os Argissolos. O pousio de 10 anos com capoeira não foi suficiente para recuperar os teores de carbono orgânico total do solo e as frações húmicas. O carbono da biomassa microbiana reduziu com a pastagem e recuperou com a capoeira, sendo o compartimento mais sensível ao uso e manejo do solo que o carbono orgânico e as substâncias húmicas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.F.; ANDRADE, J.C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA em pH 7,3. In: ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. São Paulo: IAC, 2001. p. 240-250.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 25, p. 27-32, 2000.

ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO JR., E.S.; SOUZA, R.B.; FONSECA, C.A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 131 p.

ABREU, M.F.; ANDRADE, J.C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA em pH 7,3. In: ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. São Paulo: IAC, 2001. p. 240-250.

ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L. & AMARAL, E.F. Efeitos da dinâmica de uso da terra sobre os estoques de carbono e nutrientes em Argissolo Amarelo na Amazônia

Ocidental. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 3., Manaus, 2000. Anais. Manaus, Centro de Pesquisa Agropecuária da Amazônia, 2000. p.162-164.

ARAUJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F. & GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo amarelo distrofico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.307-315, 2004.

ARAUJO, E.A. **Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2008. 253p. (Tese de Doutorado)

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil Tillage Research**, v.53, p.95-104, 2000.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal Agriculture Research**. v.46: p.1450-1459, 1995.

BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland. **Australian Soil Tillage Research**, v.55: p.183-191, 2000.

BRASIL. **Ministério das Minas e Energias. Departamento Nacional de Produção Mineral**. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.18 Javari/Contamana; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1977. 420p. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., ed. **Methods of soil analysis**. Part 3. Madison, America Society of Agronomy, 1996. p.1085-1121 (SSSA Book Series, 5).

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil Structure and management: a review. **Geoderma**. v.124, p. 3-22, 2005.

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

CARMO, L.F.Z. **Agricultura urbana na cidade de Rio Branco, Acre**: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAVALCANTE, L.M. Geologia do Estado do Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA/IMAC., 2006, 40 -53 p.

DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; SOARES, E.M.B. & BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido à aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 901-911, 2007.

EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise do solo**. Ministério da Agricultura, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L., SANTOS, G.A. & FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.291-299, 1996.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L. & LEFKOWITZ, D.S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO₂ to the atmosphere. **Forestry Ecology Environment**, v.65, p.69-78, 1997.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e SOS AMAZÔNIA. **Plano de Manejo Fase 2 – Parque Nacional da Serra do Divisor**. Brasília, DF, 1998.

ISLAM, K.R. & WELL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology Fertility Soils.**, v.27, p.408-416, 1998.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona, Oikostau, 1982. 364p.

LATRUBESSE, E.M.; RAMONELL, C.G. A climatic model for southwestern Amazonia in last glacial times. **Quaternary International**, v.21: p.163-169 p, 1994.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S. & MACHADO, P.L.O.A. Simulação pelo modelo century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.347-358, 2004.

LOVATO, T. Dinâmica do carbono e do nitrogênio do solo afetada por preparo do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado. **Porto Alegre, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 2001. 130p. (Tese de Doutorado)**.

MOURA P. & WANDERLEY, A. **Noroeste do Acre: reconhecimentos geológicos para petróleo**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro. Boletim 26. 176 p. 1938.

NYE, P.H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. **Plant and Soil**, v.13, 333-346, 1961.

PEREIRA, V.F.G. & BERSCH, D. Mapeamento da vegetação do Estado do Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA/IMAC, 2006, 54-63p.

RAIJ, B. van. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: RAIJ, B. van, ed. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 17-31 p.

RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.

ROSA, M.E.C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, L.M. & CORREIA, J.R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 911-923, 2003.

SAMPAIO, F.A.R.; FONTES, L.E.F., COSTA, L.M. & JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1161-1170, 2003.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 91p.

SCHOLES, M.A.; POWLSON, D. & TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**. v.79, p.25-47, 1997.

SILVA, J.R.T. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117 p. (Tese de Doutorado)

SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POLWSON, D.S.P.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modelling. **Soil Science Society of American Journal**, v.36: p.1121-1128, 2001.

SPARLING, G.P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBLE, B.M. & GUPTA, V.V.S.R., eds. **Biological indicators of soil Health**. Cambridge, CAB International, 1997. p.97-120.

SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. & DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of American Journal**; v. 62, p.1153-1161, 1998.

SIX, J., MERCHX, R.; KIMPE, K.; PAUSTIAN, K. & ELLIOT, E.T. A re-evaluation of the enrich labile soil organic matter fraction. **European Journal of Soil Science**, v.51, p.283-293, 2000.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York, 1994. 496 p.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: **Methods of Soil Analysis**. Part 3. Chemical Methods. D.L. SPARKS et al., (eds.). Madison, Soil Science Society American. 1996. 1011-1069 p

TATE III, R.L. Humic and fulvic acids: formation and decomposition. In: TATE III, R.L. **Soil organic matter: biological and ecological effects**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p.147-164.

VALENTIM, J. F.; GOMES, F. C. da R. Produção e Potencial para a Agropecuária no Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco: SECTMA/IMAC., 2006, 148-147 p.

VEZZANI, F.M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184p. (Tese de Doutorado).

WATSON. R.T.; NOBLE, I.R.; BOLIN B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J. & DOKKEN, D.J. **Land use, land use change and forestry: a special report of the IPCC**, Cambridge: University Press, 2000. 377p.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method or routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.19, p1467-1476, 1988.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DA VÁRZEA DO RIO JURUÁ NAS PROXIMIDADES DE CRUZEIRO DO SUL - NOROESTE DO ACRE

1.INTRODUÇÃO

O Acre é uma das últimas fronteiras da Amazônia brasileira. Situa-se a sudeste desta região e ocupa uma área de aproximadamente 164.221,36 km² o que corresponde a cerca de 4% da área da região amazônica (IBGE, 2005). Com o advento do Zoneamento Ecológico Econômico do Acre, o Estado passou a ser dividido em cinco regionais de desenvolvimento: Microrregiões do Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá/Envira e Juruá, estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (ACRE, 2000; ACRE, 2006).

A microrregião do Juruá localiza-se à oeste do Acre com uma população de 92.692 habitantes, (IBGE, 2005) o que equivale a 18,03% da população total do Estado. Compreende uma área de 29.586,20 km², que corresponde a 19,3 % do total do Estado. É constituída pelos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Marechal Thaumaturgo e Porto Walter. Na maior parte do ano esses municípios ligam-se somente por via aérea à capital acreana (Rio Branco). Por via terrestre pela BR 364 o transporte é viável somente num período de 1 a 4 meses por ano (junho e

julho) via Sena Madureira. A integração comercial e social é com o Estado do Amazonas por via fluvial (AMARAL, et al., 2000, 2001; ACRE, 2000; ACRE, 2006).

Mais de 60% da população ribeirinha do Acre estão concentrados nas regionais Tarauacá/Envira e Juruá, constituindo aproximadamente 23.000 ha às margens dos Rios Acre, Iaco, Purus, Envira, Tarauacá e Juruá e seus afluentes. Estima-se que somente na parte brasileira da Bacia Amazônica haja entre 70.000 a 100.000 km² de planície de inundação, entre várzeas e igapós, o que corresponde a aproximadamente cinco vezes a área do Estado de Israel. É expressivo em termos de área e pouco conhecido em termos de solos, interação entre água e planta e o seu potencial produtivo (ACRE, 2000; AMARAL et al., 2000; ACRE, 2006; LIMA, 2001, 2005, 2006).

A bacia hidrográfica do Rio Juruá, na Amazônia Ocidental, insere-se no vasto triângulo formado entre o Rio Madeira, Rio Japurá e a borda oriental dos Andes, constituindo uma unidade morfológica de grande extensão da região do Alto Amazonas, representada, em grande parte, pela Formação Solimões (MOURA & WANDERLEY, 1938; SIOLI, 1951; FRALEY et al., 1988; BRASIL, 1977; CAVALCANTE, 2006). Nesta região Amazônica é comum a separação de dois ambientes principais, normalmente com características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e fitossociológicas bem distintas, sendo eles: as grandes faixas de terras marginais aos rios, com inundações periódicas, conhecidos como várzeas, divididas em várzea alta e baixa; e os ambientes de terra-firme, representando ecossistemas das savanas baixas, das matas de cipó, das florestas altas e das savanas altas, onde não há mais inundações (JORDAN, 1985; SCHAEFFER et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2006).

As várzeas são áreas periodicamente inundadas, com sedimentos de composição química e mineralogia variável, que estão sendo constantemente retrabalhados pelos rios, erodindo algumas formações e criando outras através do processo de deposição (JORDAN, 1985; SCHAEFFER et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2006; LIMA, 2005, 2006). Os solos provenientes de sedimentos aluviais recentes (andinos ou subandinos) são amplamente confinados nos limites das planícies de inundação dos rios. Os contínuos padrões de meandros dos grandes rios asseguram que

a maioria destes solos são reorganizados periodicamente, sendo minimizados os efeitos das perdas por lixiviação, além do incremento de silte e argilas de atividade alta oriundos das encostas orientais andinas que mantêm a fertilidade elevada desses solos (JORDAN, 1985, ACRE, 2000, 2006; SCHAEFER, 2000; LIMA et. al., 2005, 2006).

Proporcionalmente, os ambientes de terra-firme predominam, sendo as várzeas responsáveis por apenas 4% de toda a região Amazônica (FALESI, 1986). Entretanto os ambientes de várzea ou ribeirinhos são de extrema importância na Amazônia, quer nos aspectos do manejo do solo, segurança alimentar, localização de moradias e distribuição espacial do uso da terra. As áreas de várzea desempenham um papel fundamental na economia desde a época pré-colombiana, devido à melhor fertilidade de seus solos, grande quantidade de peixes e vários animais vertebrados, e sua acessibilidade natural via fluvial (ACRE, 2000; AMARAL et al, 2000; ACRE, 2006).

O acesso mais fácil e a riqueza natural fizeram das várzeas um dos ecossistemas mais ameaçados da Amazônia. Este ambiente tem sofrido e sofrerá grande pressão quanto aos aspectos de uso para a agricultura, expansão das cidades e em especial na extração de madeiras de lei e no desmatamento para a expansão da pecuária (ACRE, 2000). As frentes de colonização ou de ocupação iniciam-se pelas margens dos rios ou pelas estradas abertas pelo governo (AMARAL et al., 2000).

Desta forma, devido a importância dos geoambientes de várzea no Acre, especialmente aqueles que carregam sedimentos andinos, e o pouco conhecimento que se tem sobre esse ambiente, o objetivo deste estudo foi de caracterizar química, física e mineralogicamente os ambientes de várzea do rio Juruá, nas proximidades de Cruzeiro do Sul-Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da região de estudo e amostragem

A área de estudo está localizada na bacia sedimentar do Amazonas, sub-bacia do Rio Juruá, no estado do Acre, situada dentro do domínio das terras baixas extensivas da Amazônia brasileira (AB'SÁBER, 1996), nos municípios de Cruzeiro do Sul e Rodrigues Alves, próximo à fronteira Brasil-Peru.

O clima da região é caracterizado pelas altas temperaturas e elevados índices pluviométricos, com média anual de 2.171 mm, sendo classificado como tropical úmido Awi (Köppen), predominando período seco, nos meses de maio a outubro, com alta umidade relativa e temperatura (BRASIL, 1977; LATRUBESSE & RAMONELL, 1994; IBAMA & SOS AMAZÔNIA, 1998). Quanto à geologia, a área está inserida na província geológica dos depósitos cenozóicos, representada pela Formação Solimões, predominando as rochas sedimentares argilito, siltito e arenito, enquanto as áreas de várzea são recobertas por sedimentos quaternários holocênicos (MOURA & WANDERLEY, 1938; SIOLI, 1951; BRASIL, 1977 e CAVALCANTE, 2006).

O Rio Juruá tem extensão de 3.280 km e possui uma bacia hidrográfica de 250.000 km², que drena uma área de 25.000 km², dentro do estado acreano. Possui tributários que drenam os cinco municípios dessa região do Estado: Marechal Thaumaturgo, Porto Walter, Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves e Mâncio Lima. O Rio Juruá corta os três primeiros e é um dos limites territoriais do quarto. É navegável entre Cruzeiro do Sul e Marechal Thaumaturgo, por grandes embarcações, durante a cheia (6 a 8 meses) e por embarcações de pequeno e médio porte, na vazante. É o principal canal de comunicação entre a população dos cinco municípios e destes com os municípios vizinhos do Estado do Amazonas (ACRE, 2000).

Nos geoambientes de várzea foram avaliados Neossolos Fúlvicos, que são periodicamente inundados pelo rio na época de cheia, e no período de seca são utilizados para o cultivo de milho, feijão e outras lavouras temporárias; e Vertissolos, que ocorrem no 1º terraço do Rio Juruá, e são áreas não mais inundadas pelo rio, e que também são utilizadas para o cultivo.

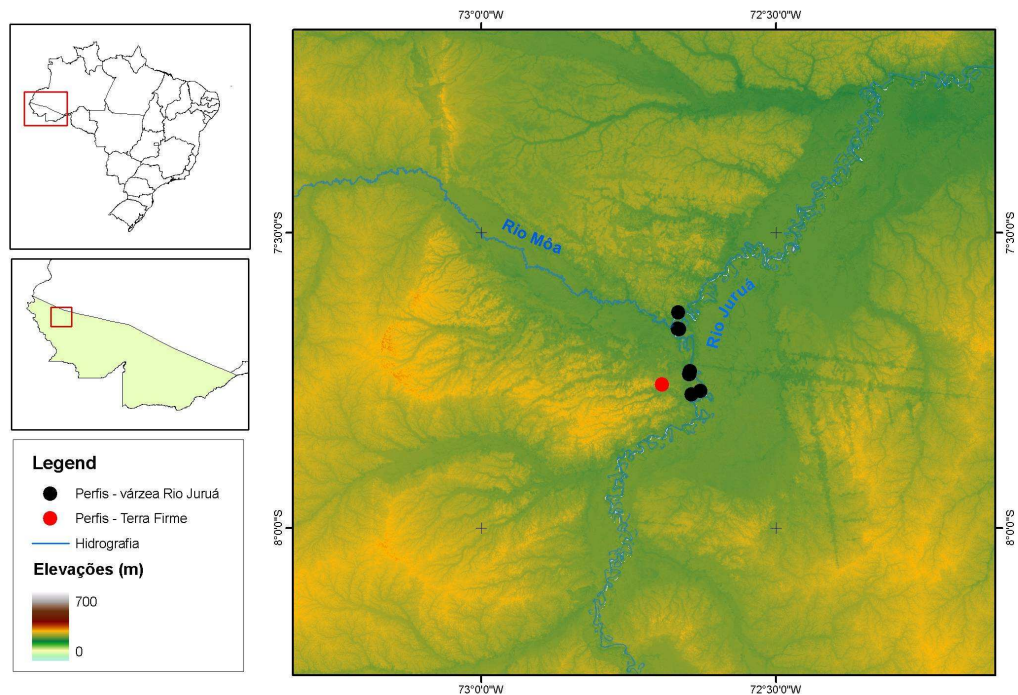


Figura 1. Identificação dos perfis de solo avaliados ao longo do Rio Juruá, entre os municípios de Cruzeiros do Sul e Rodrigues Alves e perfil demonstrativo da terra firme.

No ecossistema com várzea foram selecionadas áreas no trecho do Rio Juruá entre os municípios de Cruzeiro do Sul e Rodrigues Alves (Figura 1). Foram selecionados quatro perfis de Neossolos Fúlvicos Ta eutróficos e três perfis de Vertissolos Háplicos órticos (EMBRAPA, 2006). Em cada área selecionada foi aberta uma trincheira, feita a descrição morfológica do perfil (SANTOS et al., 2005), e realizada a coleta de amostras em cada horizonte avaliado. Além das amostras dos horizontes dos perfis de Neossolo Flúvico, foram retiradas três amostras com estrutura indeformada por meio de anel metálico nas proximidades do perfil para análises físicas nas profundidades de 0 a 10 cm (Horizonte A) e 45 a 55 cm (Horizonte C). Nos Vertissolos foram coletados torrões para análise de densidade do solo.

a)



b)



c)



d)

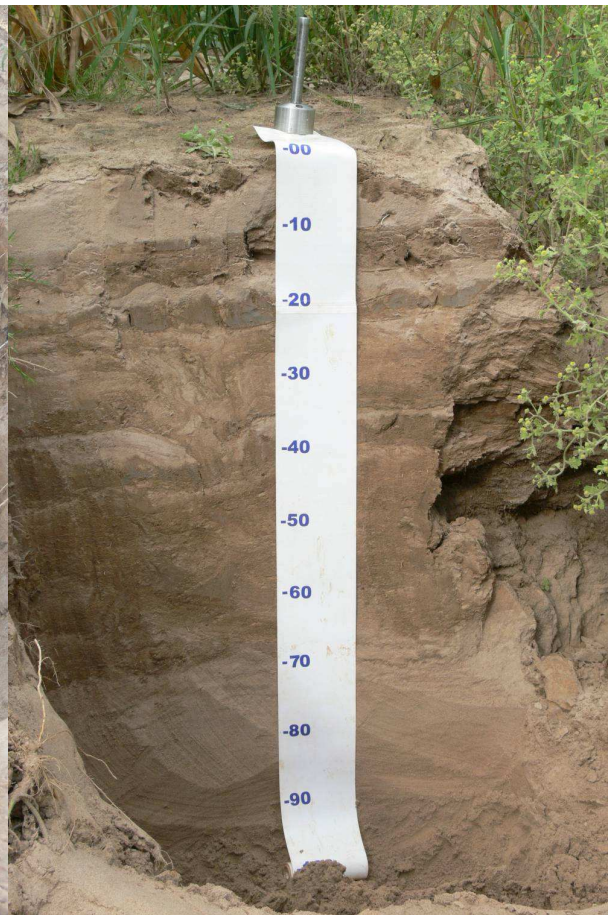


Figura 2. Cultivo de milho e feijão (a,b), a coleta de dados (b) e a estratificação das camadas (c,d) no Neossolo Flúvico às margens do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul – Acre.



Figura 3. Coleta de amostras (a) e perfil de Vertissolo (b), no primeiro terraço do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul – Acre.

2.2. Análises laboratoriais

2.2.1. Análises químicas

As análises de pH, bases trocáveis e carbono orgânico foram efetuadas na TFSA conforme se segue: pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹ (1:2,5); teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados, no caso de Ca²⁺ e Mg²⁺ por espectrofotometria de absorção atômica, e do Al³⁺ por titulação com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹; potássio trocável extraído com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e quantificados por fotometria de chama; fósforo disponível extraído com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ e determinado por colorimetria (EMBRAPA, 1997).

O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado na TFSA em solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P (KH₂PO₄), na relação solo: solução de 1:10, com

agitação durante 1 h. Em seguida, efetuou-se a separação das fases sólida e líquida, e na solução de equilíbrio determinou-se a concentração de P, utilizando o método da vitamina C (ALVAREZ V. et al., 2000, 2001).

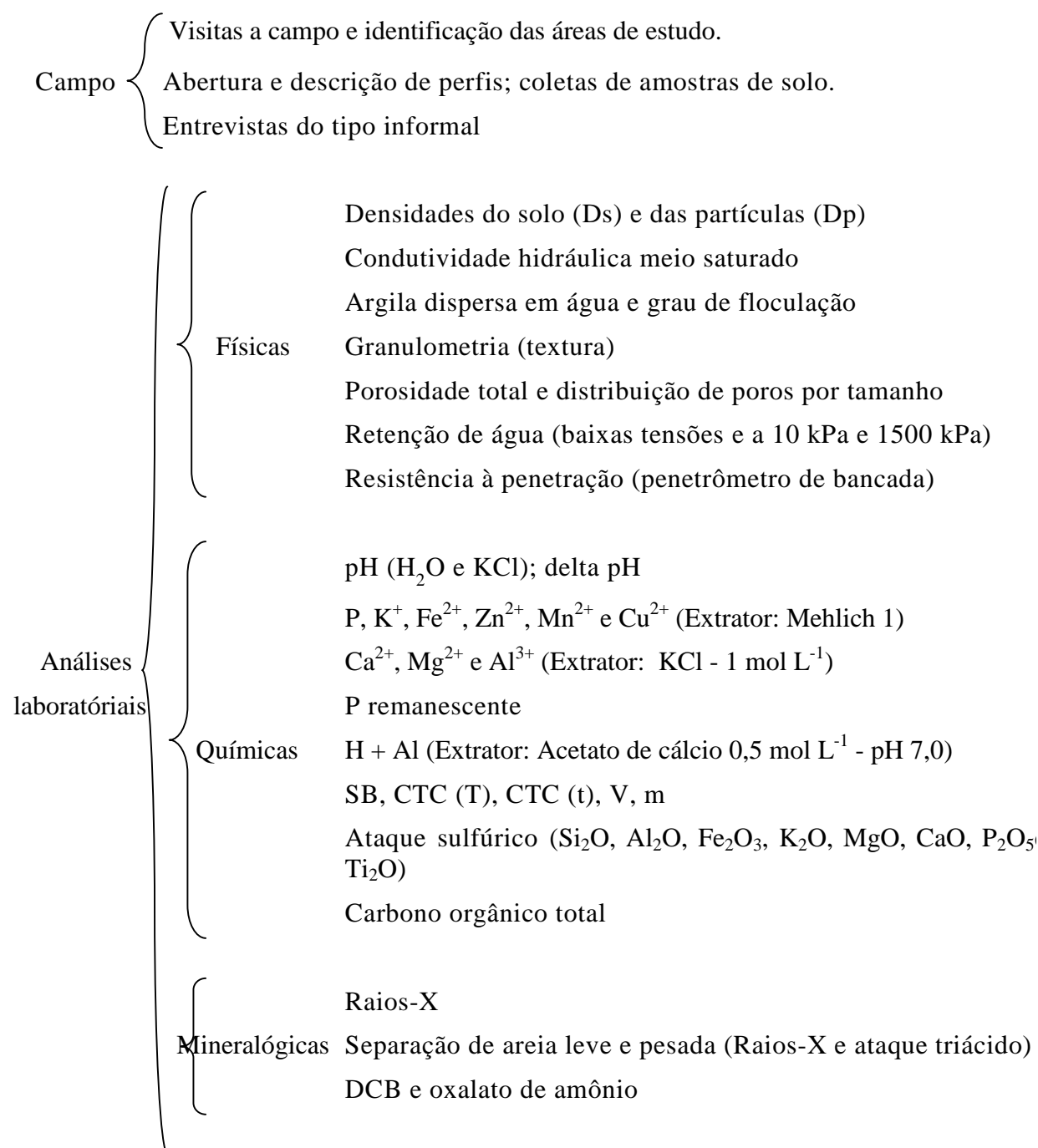


Figura 4. Resumo das atividades desenvolvidas no campo e no laboratório.

Os micronutrientes ferro, manganês, cobre e zinco foram extraídos na TFSA com com solução de $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. A determinação do Fe, Mn, Cu e Zn foi realizada utilizando-se o espectrofotometria de absorção atômica em chama, conforme Abreu e Andrade (2001).

O carbono orgânico total do solo foi quantificado por oxidação da matéria orgânica por via úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988).

Também foram avaliados os teores de Si_2O , Al_2O , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , P_2O_5 e Ti_2O , pelo ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997).

2.2.2. Análises mineralógicas

A difratometria de raios-X foi realizada em amostras selecionadas dos horizontes dos perfis avaliados. Os procedimentos de separação de argila e silte, preparo de amostra orientada, amostra em pó, tratamento com, potássio, potássio mais elevação de temperatura (350°C), magnésio + etilenoglicol foram realizados conforme metodologia prescrita em Whitting e Allardice (1986). As lâminas foram irradiadas no intervalo de ângulo de varredura entre 2 e $40^\circ 2\theta$ em difratômetro de raios-X, com fonte de radiação $\text{CoK}\alpha$, filtro de Fe, voltagem de 35 mV e corrente de 25 mA . Os difratogramas foram interpretados de acordo com Chen (1977).

Nos perfis de Neossolos Flúvicos a fração areia das amostras de cada horizonte foram separadas em areia leve (AL) e areia pesada (AP) utilizando-se como líquido de separação o bromofórmio, com densidade variando de $2,83$ a $2,85 \text{ g cm}^{-3}$, a 20°C (EMBRAPA, 1997), quantificou-se as proporções de AL e AP, respectivamente. A fração AL foi analisada por difratometria de raios-X, e realizou-se a análise química total para avaliar os teores de cálcio, magnésio e potássio pelo ataque triácido (EMBRAPA, 1997). A fração AP não foi avaliada devido à baixa porcentagem de areia pesada contida nos solos avaliados.

As formas de Fe livre foram extraídas pelo DCB (MEHRA & JACKSON, 1960). As formas de Fe de baixa cristalinidade foram extraídas com oxalato de amônio em concentração de 0,33 mol L⁻¹ a pH 3,0 (McKEAGUE, & DAY, 1966).

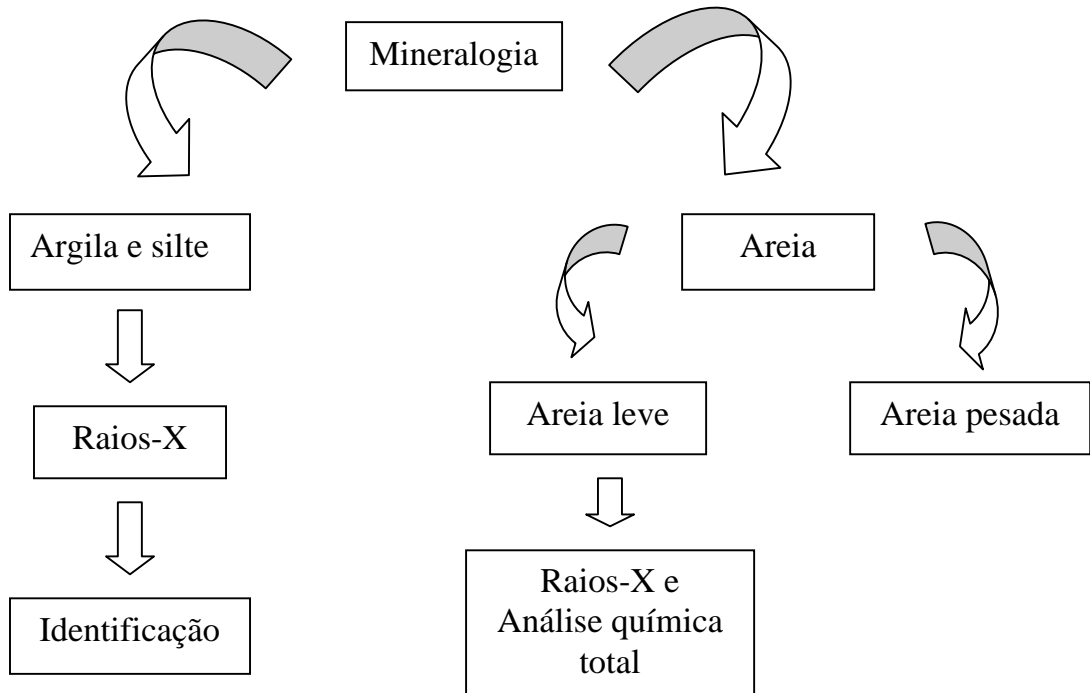


Figura 4. Resumo das análises mineralógicas realizadas nos perfis da várzea do Rio Juruá.

2.2.3. Análises físicas

Foram realizadas as seguintes determinações físicas do solo: densidade de partículas, condutividade hidráulica em meio saturado, argila dispersa em água, grau de floculação, análise granulométrica e porosidade total segundo EMBRAPA (1997). Nos Neossolos Flúvicos a densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Como o solo apresenta características vérticas, foi recalculado o volume do solo contraído dos anéis, utilizando um paquímetro, para cada alteração de potencial de água na determinação da distribuição dos poros. Para o

cálculo da densidade do solo considerou-se a média dos valores obtidos. Nos Vertissolos a densidade do solo foi determinada pelo método do torrão parafinado (EMBRAPA, 1997).

Para determinar a distribuição de poros por tamanho nos Neossolos Flúvicos utilizaram-se amostras com estrutura não deformada. Utilizou-se o modelo capilar proposto por Bouma (1991) para o cálculo do diâmetro dos poros, a partir da seguinte equação:

$$DP = 4\sigma \text{ Cos } \theta / \psi m$$
 em que:

DP o diâmetro dos poros (μm);

σ a tensão superficial da água (73,43 kPa a 20 °C);

θ o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado 0); e

ψm a tensão de água no solo (kPa).

Utilizou-se o método da mesa de tensão para a determinação do conteúdo de água a 20, 40, 60, 80 e 100 cm de tensão de coluna de água, classificando os poros de acordo com a retenção de água nestas alturas de coluna de água. O limite entre macroporos e microporos foi estabelecido como a tensão de 60 cm de coluna de água, conforme Embrapa (1997). Com estes mesmos valores de tensão foi montada a curva de retenção de água a baixas tensões.

Para a retenção de água foi utilizado amostras com estrutura preservada, submetidas às respectivas pressões por 7 dias. A capacidade de água disponível (CAD) foi determinada subtraindo a água retida no solo sob a pressão equivalente a 10 kPa (capacidade de campo) da quantidade de água retida na pressão equivalente a 1500 kPa (ponto de murcha permanente). Foi utilizada a pressão de 10 kPa para representar a capacidade de campo (CC), baseado em resultados obtidos por Reichardt (1988), que consideram essa a melhor tensão para representar a CC em solos tropicais. Foi calculada a relação CC/PT com os dados supra citados.

Também foi determinada a resistência à penetração em um penetrômetro de bancada, marca marconi, modelo MA-933, com velocidade de avanço de 14,99 mm min⁻¹ e dotado de registro automático de dados em computador, permitindo grande sensibilidade de leitura (utilizou-se as leituras de dados a cada 0,5 mm). Foram realizadas nove leituras em cada uso do solo e em cada profundidade, sendo que as amostras foram anteriormente submetidas à pressão de 1500 kPa, estando, portanto com a umidade referente ao ponto de murcha permanente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização morfológica dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá

Pelas características morfológicas dos Neossolos Flúvicos descritas na Quadro 1, pode-se notar que houve variação de classes texturais (SANTOS et al., 2005), entre os horizontes de sedimentação avaliados. Foram encontradas as classes texturais: areia, areia-franca, franco-arenosa, franco-siltosa e franco. Esta variação de classes texturais indica que na pedogênese dos Neossolos Flúvicos do Rio Juruá houve diferenças na dinâmica de sedimentação das partículas carreadas pelo rio, embora as frações areia e silte sejam predominantes nestas classes. As diferenças texturais entre as camadas de deposição de sedimentos que formam os Neossolos Flúvicos podem ser visualizadas na Figura 4.

Como há um predomínio da fração areia nos horizontes dos Neossolos Flúvicos, estes apresentaram estrutura do tipo grão simples, com muito pouca aderência e coesão entre as partículas, o que também confere a estes solos características de baixa pegajosidade e plasticidade.

Nos Vertissolos, os horizontes foram classificados nas classes texturais: argila-siltosa, frango-argilo-siltosa, e siltosa, devido a maior expressão das frações argila e silte, e menor de areia (Quadro 2).

Quadro 1. Descrição sumária dos atributos morfológicos dos perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre.

Horiz.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura
Perfil 1 _____ Neossolo Flúvico Ta eutrófico _____				
A	0 - 10	7,5 YR 5/3	Franco-arenosa	Grãos simples
C	10 - 20	7,5 YR 5/4	Franco-arenosa	Grãos simples
2C ₂	20 - 40	7,5 YR 6/4	Franco-arenosa	Grãos simples
3C ₃	40 - 70	7,5 YR 6/4	Franco-arenosa	Grãos simples
4C ₄	70 - 100	7,5 YR 6/4	Areia	Grãos simples
Perfil 2 _____ Neossolo Flúvico Ta eutrófico _____				
A	0 - 10	7,5 YR 5/4	Franco-siltosa	Grãos simples
C	10 - 20	7,5 YR 5/4	Franco	Grãos simples
2C ₂	20 - 25	7,5 YR 5/3	Franco-siltosa	Grãos simples
3C ₃	25 - 35	7,5 YR 6/4	Franco-arenosa	Grãos simples
4C ₄	35 - 40	7,5 YR 5/4	Franco	Grãos simples
5C ₅	40 - 50	7,5 YR 6/4	Franco	Grãos simples
6C ₆	50 - 60	7,5 YR 6/4	Franco-siltosa	Grãos simples
Perfil 3 _____ Neossolo Flúvico Ta eutrófico _____				
A	0 - 10	7,5 YR 5/4	Franco	Grãos simples
C	10 - 35	7,5 YR 6/4	Areia-franca	Grãos simples
2C ₂	35 - 90	7,5 YR 6/4	Franco-siltosa	Grãos simples
Perfil 4 _____ Neossolo Flúvico Ta eutrófico _____				
A	0 - 8	7,5 YR 5/3	Franco-arenosa	Grãos simples
C	8 - 65	7,5 YR 6/4	Franco-arenosa	Grãos simples
2C ₂	65 - 100	7,5 YR 5/3	Franco-siltosa	Grãos simples

A grande expressão das frações silte e argila silicatada, com alta atividade, que conferem maior ajuste de partículas e incrementam as forças de coesão e adesão entre as partículas (BAVER, 1948; 1956; 1972; 1973; KOHNKE, 1968; SOIL SURVEY MANUAL, 1951) permitiram a formação de uma estrutura do tipo prismática, com

tamanho variando de médio a grande e grau forte a moderado, conforme pode ser visualizado na Figura 3. Também, em função a forte atividade da argila, que garante grande movimentação da massa de solo, há presença de slickensides e fendas em alguns horizontes de Vertissolos avaliados.

Quadro 2. Descrição sumária dos atributos morfológicos dos perfis de Vertissolos Háplicos órticos do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre.

Horiz.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura
Perfil 1 Vertissolo Háplico órtico				
A	0 - 5	7,5 YR 6/3	Argila-siltosa	Média forte/moderada prismática
Cv ₁	5 - 40	7,5 YR 6/4	Franco-argilo-siltosa	Média/grande forte prismática; (com slickensides e mosqueados)
Cv ₂	40 - 140	7,5 YR 6/4	Argila-siltosa	Grande forte prismática; (mosqueados abundantes, aproximadamente 20 %)
Perfil 2 Vertissolo Háplico órtico				
A	0 - 10	7,5 YR 5/4	Argila-siltosa	Média forte bloco subangular e média forte/moderada prismática
Cv ₁	10 - 20	7,5 YR 5/4	Argila-siltosa	Média forte bloco subangular e média moderada prismática; (slickensides)
Cv ₂	20 - 25	7,5 YR 5/3	Franco-argilo-siltosa	Média forte prismática e grande moderada bloco subangulares; (pontuações de manganês; solo bicromico entre Cv ₁ e Cv ₂ ; mosqueado abundante de aproximadamente 40 %)
Cv ₃	25 - 35	7,5 YR 6/4	Franco-argilo-siltosa	Média moderada prismática; (concentrações ferro-magnesianas; mosqueado abundante, aproximadamente 20%)
Perfil 3 Vertissolo Háplico órtico				
A	0 - 10	7,5 YR 5/4	Franco-argilo-siltosa	Média forte bloco subangulares
Cv ₁	10 - 35	7,5 YR 6/4	Franco-Siltosa	Média moderada prismática; (solo bicromico até 20 cm, mosqueado de aproximadamente 20 %, slickensides)

As cores dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos são mais pálidas, o que se deve a baixa presença de óxidos de ferro nestes solos (Fe₂O₃) (Quadro 9), condizente com sua mineralogia formada predominantemente por minerais silicatados (Quadro 7).

Os mosqueados e presença de pontuações de manganês nos horizontes C dos Vertissolos são devido às variações do lençol freático, devido à proximidade com o Rio Juruá. Esta variação do lençol freático provoca alternância na dinâmica de oxidação e redução dos elementos, especialmente ferro e manganês, que são muito susceptíveis a estas reações. (LIMA et al., 2005).

3.2. Caracterização química dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá

Os atributos químicos foram classificados de acordo com Alvarez V., (1999). Os atributos químicos dos Neossolo Flúvicos da várzea do Juruá se encontram no Quadro 3, e os dos Vertissolos encontram se no Quadro 5.

Os valores de pH em H₂O dos Neossolos Flúvicos foram elevados, onde todos os horizontes apresentaram valor superior a 6,0 sendo todos classificados como acidez baixa. Os valores elevados de pH destes solos estão relacionados aos elevados valores de bases encontrados nesses solos e ausência de Al³⁺. Nos Vertissolos houve comportamento diferente, com valores de pH em H₂O menores, que variaram de 4,7 a 5,7, sendo classificados como de acidez elevada à média.

Os valores de ΔpH foram negativos em todos os horizontes dos Neossolos Flúvicos e de Vertissolos, variando de -0,7 a -1,3 e -0,8 a -1,7, respectivamente. Isso indica o predomínio de cargas superficiais líquidas negativas nestes solos. Este resultado está de acordo com a mineralogia dos mesmos, com presença marcante de minerais de argila com alta capacidade de geração de carga elétrica negativa, como vermiculita e esmectita.

Em função dos valores elevados de pH, os teores de Al³⁺ foram nulos em todas as camadas dos Neossolos Flúvicos, o que confere as estes solos propriedades agronômicas boas para o cultivo, já que o pH baixo e elevadas concentrações de Al³⁺ prejudicam o crescimento radicular das plantas. Nos Vertissolos os teores de Al³⁺ foram presentes, e variaram de 0 a 1,8 cmol_c dm⁻³ (variando de muito baixo a alta) refletindo o grau mais avançado de intemperismo em relação aos Neossolos Flúvicos.

Também os valores de acidez potencial (H+Al) foram baixos em todas as camadas dos Neossolos Flúvicos, variando de 0,6 a 2,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Como os valores de Al^{3+} foram nulos, os valores de acidez potencial encontrados nestes solos são devido aos íons H^+ . Assim, os baixos valores de acidez potencial se devem ao predomínio de minerais expansíveis do tipo 2:1, que apresentam predomínio de carga permanente, e portanto não há grande participação da ionização do H^+ dos grupos OH das bordas dos minerais liberados para solução do solo (FONTES et al., 2001). Também, como estes solos apresentam valores muito baixos de matéria orgânica do solo, há pouca contribuição do H^+ liberados dos grupos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica do solo (RAIJ, 1981; CANELLAS et al., 2003).

Nos Vertissolos a acidez potencial também se diferenciou dos Neossolos Flúvicos, apresentando valores elevados na média (2,4 a 8,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). A maior acidez potencial provavelmente esta relacionada à presença do Al^{3+} , que sofre hidrólise e libera H^+ para a solução do solo (RAIJ, 1981), refletindo o grau mais avançado da pedogênese em relação aos Neossolos Flúvicos. Também os Vertissolos apresentam valores mais elevados de matéria orgânica, que pode estar contribuindo para entrada de íons H^+ para o sistema (RAIJ, 1981; CANELLAS et al., 2003).

De maneira geral os Neossolos Flúvicos apresentaram teores dos nutrientes elevados, notadamente Ca^{2+} , Mg^{2+} . O cátion predominante nos solos foi o Ca^{2+} com seu teore variando de 5 a 21,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nos Neossolos Flúvicos e 21,2 a 27,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nos Vertissolos; todavia os teores de Mg^{2+} também foram consideráveis, sobretudo nos Vertissolos, sendo classificados como muito bom. Esses valores contribuíram para elevada saturação de bases encontrada nesses solos e reduzidas saturações por alumínio (m). Lima et al. (2001, 2006) trabalhando com Neossolo Flúvico Ta eutrófico na várzea do Solimões, Amazônia ocidental, que também sofre influencia andina, encontraram que solos apresentavam elevados valores de capacidade de troca de cátions e de cátions trocáveis, especialmente Ca^{2+} e Mg^{2+} . Os teores de Ca^{2+} e em menor proporção de Mg^{2+} nestes solos são devido à presença de minerais primários

como micas, plagioclásio cálcicos e olivina, que apresentam reservas desses nutrientes (MELLO et al., 2000).

Os teores de K variaram de 33 a 106 mg dm⁻³ para os Neossolos Flúvicos (valores classificados como médio a bom) (Quadro 3) e de 75 a 346 mg dm⁻³ nos Vertissolos (Quadro 5) (valores classificados como altos e muito bom). Nota-se, de uma maneira geral, uma menor expressão dos valores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K nos perfis de Neossolos Flúvicos em comparação com os Vertissolos. Provavelmente esses resultados estão relacionados à periódica inundação e variação do lençol freático, o que proporcionam um ambiente desfavorável ao intemperismo de minerais primários nos Neossolos Flúvicos, liberando menos desses cátions, já que ambos os solos apresentam basicamente a mesma mineralogia (Quadro 7). Também se deve considerar que nos Neossolos Flúvicos há inundação em parte do ano, sendo que parte desses íons está sendo retirado do sistema pela água, o que deve estar ocorrendo em maior proporção para o K devido sua alta mobilidade e solubilidade. Isto, juntamente com a maior transformação bioclimática ocorrendo em superfície, liberando mais K⁺ dos minerais primários, explica os valores muito altos de K nos horizontes A dos Vertissolos.

Também Lima et al., (2005) trabalhando com Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos do Médio Amazonas e Alto Solimões encontraram atributos químicos semelhantes aos Neossolos Flúvicos do rio Juruá (pH variando de 5,4 a 6,4; P com teores de 25 a 173 mg dm⁻³; K com teores de 44 a 300 mg dm⁻³; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ com teores de 4,04 a 11,7; 2,52 a 5,62; e 0,13 a 0,51, respectivamente). Estes valores mostram o efeito dos sedimentos andinos e subandinos na fertilidade dos solos que sofrem a deposição pelo rio em suas planícies aluviais, como o rio Juruá e o rio Solimões.

Os teores de P disponível variaram de 6,8 a 27,7 mg dm⁻³ nos horizontes dos Neossolos Flúvicos e de 4,2 a 21,8 mg dm⁻³ nos Vertissolos, sendo esses teores classificados como muito baixo a bom. Observou-se a tendência de menores valores ocorrendo nos Vertissolos, o que deve estar relacionado ao maior teor de Fe₂O₃ nestes solos, aumentando a fixação de P ao solo, deixando-o indisponível. Os resultados de P-rem corroboram esta afirmação, pois apresentaram valores mais elevados nos

Neossolos Flúvicos (variando de 24,8 a 49,2 mg dm⁻³) e menores nos perfis de Vertissolos (variando de 17,2 a 33,3 mg dm⁻³). Isto mostra a maior capacidade dos Vertissolos em fixar o P, conforme mostra a correlação Fe₂O₃ e P-rem (Figura 5).

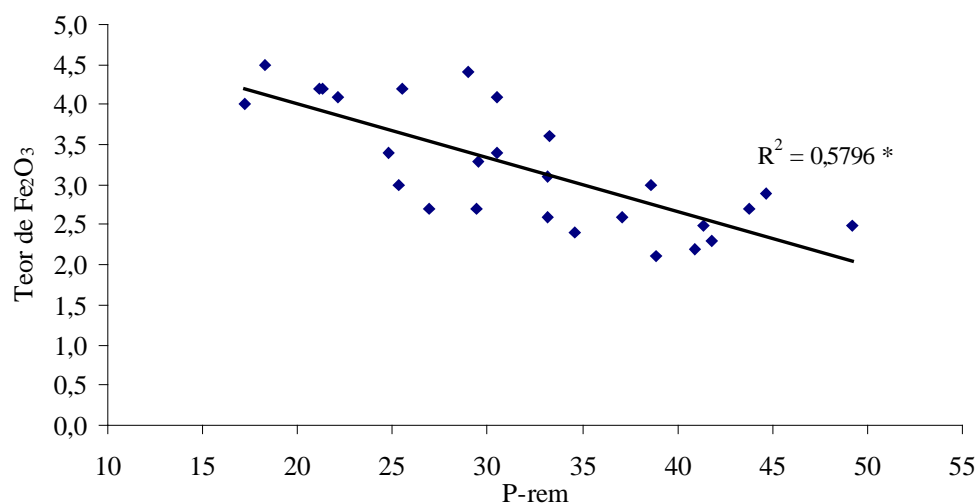


Figura 5. Correlação entre os teores de fósforo remanescente (P-rem) e os teores de Fe₂O₃ nos Neossolos Flúvicos Ta eutróficos e Vertissolos Háplicos órticos do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre.

Quadro 3. Atributos químicos nos perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre.

Horiz	Prof. (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Carga Δ pH	P .. mg dm ⁻³ ..	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB ¹	CTCe ²	CTCt ³	V ⁴	m ⁵	C ⁶	P-rem ⁷
Neossolo Flúvico Ta eutrófico																	
Perfil 1																	
A	0 - 10	6,2	5,3	-0,9	14,0	46	11,6	1,5	0,0	0,6	13,3	13,3	13,9	95,7	0,0	0,34	41,8
C	10 - 20	6,2	5,4	-0,8	27,6	60	15,8	1,8	0,0	1,3	17,8	17,8	19,1	93,2	0,0	0,34	34,6
2C ₂	20 - 40	6,2	5,5	-0,7	13,4	53	13,3	1,6	0,0	1,0	15,1	15,1	16,1	93,8	0,0	0,50	38,9
3C ₃	40 - 70	6,1	5,3	-0,8	12,8	52	12,2	1,6	0,0	1,3	14,0	14,0	15,3	91,5	0,0	0,25	38,6
4C ₄	70 - 100	6,4	5,3	-1,2	6,8	33	5,0	1,0	0,0	0,6	6,1	6,1	6,69	91,0	0,0	0,24	49,2
Perfil 2																	
Neossolo Flúvico Ta eutrófico																	
A	0 - 10	6,2	5,5	-0,8	27,7	104	21,9	4,6	0,0	1,9	26,9	26,9	28,8	93,4	0,0	1,00	29,5
C	10 - 20	6,5	5,6	-1,0	15,1	66	17,0	2,0	0,0	1,3	19,2	19,2	20,5	93,7	0,0	0,55	33,2
2C ₂	20 - 25	6,2	5,3	-0,9	16,4	93	21,4	2,2	0,0	2,2	23,9	23,9	26,1	91,6	0,0	0,90	26,9
3C ₃	25 - 35	6,5	5,2	-1,3	8,5	46	10,2	1,5	0,0	1,1	11,9	11,9	13,0	91,5	0,0	0,13	43,8
4C ₄	35 - 40	6,0	5,8	-0,1	14,1	81	16,6	2,0	0,0	2,2	18,8	18,8	21,0	89,5	0,0	0,55	29,4
5C ₅	40 - 50	6,3	5,2	-1,1	15,8	64	11,5	1,9	0,0	1,3	13,6	13,6	15,0	91,3	0,0	0,29	33,2
6C ₆	50 - 60	6,3	5,3	-1,0	20,6	85	18,2	2,1	0,0	1,6	20,6	20,6	22,2	92,8	0,0	0,69	30,5
Perfil 3																	
Neossolo Flúvico Ta eutrófico																	
A	0 - 10	6,5	5,6	-0,9	12,0	51	14,8	1,8	0,0	0,6	16,8	16,7	17,3	96,5	0,0	0,63	37,1
C	10 - 35	6,7	5,7	-1,0	9,5	36	7,6	1,2	0,0	0,5	8,9	8,9	9,4	94,7	0,0	0,17	44,7
2C ₂	35 - 90	6,2	5,3	-0,9	18,1	106	20,6	2,2	0,0	2,1	23,1	23,1	25,2	91,7	0,0	0,71	24,8
Perfil 4																	
Neossolo Flúvico Ta eutrófico																	
A	0 - 8	6,4	5,5	-0,9	12,7	63	13,3	1,8	0,0	1,1	15,2	15,2	16,3	93,3	0,0	0,34	40,9
C	8 - 65	6,6	5,7	-0,9	14,7	52	10,9	1,6	0,0	0,6	12,6	12,6	13,2	95,5	0,0	0,48	41,4
2C ₂	65 - 100	6,7	5,7	-0,9	23,3	86	18,6	2,2	0,0	1,4	21,0	21,0	22,4	93,7	0,0	0,61	25,3

¹ Soma de bases; ² Capacidade de troca de cátions efetiva; ³ capacidade de troca de cátions a pH 7,0; ⁴ saturação de bases; ⁵ saturação de alumínio; ⁶ carbono orgânico do solo; ⁷ fósforo remanescente.

Quadro 4. Micronutrientes e metais pesados nos perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre

Horiz.	Prof. (cm)	Na ¹	Zn ¹	Fe ¹	Mn ¹	Cu ¹	Cr ¹	Ni ¹	Cd ¹	Pb ¹
		mg dm ⁻³								
Perfil 1		Neossolo Flúvico Ta eutrófico								
A	0 - 10	12,6	3,26	766,1	145,3	1,7	0,00	0,46	0,09	0,14
C	10 - 20	19,7	4,25	970,5	185,5	2,2	0,00	0,43	0,11	0,00
2C ₂	20 - 40	15,7	4,49	1154,9	161,6	2,5	0,00	0,34	0,08	0,06
3C ₃	40 - 70	13,6	4,38	1120,5	134,7	2,6	0,00	0,33	0,05	0,27
4C ₄	70 - 100	6,6	2,54	910,6	46,1	0,9	0,00	0,20	0,27	0,08
Perfil 2		Neossolo Flúvico Ta eutrófico								
A	0 - 10	31,7	4,83	923,7	325,6	3,2	0,00	0,24	0,08	0,32
C	10 - 20	20,7	4,69	1019,0	226,5	2,8	0,00	0,28	0,06	0,40
2C ₂	20 - 25	22,7	5,48	1167,0	323,9	3,6	0,00	0,20	0,04	0,13
3C ₃	25 - 35	10,6	3,09	826,7	67,0	1,5	0,00	0,35	0,08	0,48
4C ₄	35 - 40	17,7	4,60	1145,5	146,6	3,0	0,00	0,23	0,09	0,26
5C ₅	40 - 50	15,7	4,28	1061,0	172,6	2,6	0,00	0,01	0,00	2,21
6C ₆	50 - 60	20,7	5,12	1107,9	325,4	3,5	0,00	0,10	0,05	0,30
Perfil 3		Neossolo Flúvico Ta eutrófico								
A	0 - 10	19,7	3,89	869,4	231,8	2,0	0,00	0,96	0,38	0,00
C	10 - 35	10,6	2,87	708,9	72,2	1,2	0,00	0,39	0,08	0,10
2C ₂	35 - 90	21,7	5,78	1267,3	319,3	3,8	0,00	0,14	0,08	0,34
Perfil 4		Neossolo Flúvico Ta eutrófico								
A	0 - 8	10,6	4,59	967,8	215,1	2,7	0,00	0,40	0,12	0,30
C	8 - 65	11,6	3,6	947,5	132,3	1,8	0,00	0,44	0,11	0,38
2C ₂	65 - 100	20,7	5,3	1226,7	480,9	3,47	0,00	0,39	0,09	0,42

¹ Extrator Melich-1

Quadro 5. Atributos químicos nos perfis de Vertissolo Háptico do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre

Horiz	Prof.	pH	pH	Carga	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+AL	SB ¹	CTCe ²	CTCl ³	V ⁴	m ⁵	C ⁶	P-rem ⁷
	(cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	.. mg dm ⁻³ ..		.....cmol _c dm ⁻³ .....							..... % .....	.....	dag kg ⁻¹	mg L
Perfil 1		Vertissolo Háptico órtico															
A	0 - 5	4,8	3,8	-1,0	5,5	106	24,0	6,8	0,9	7,5	31,0	31,9	38,5	80,5	2,9	1,11	22,1
Cv ₁	5 - 40	5,2	3,8	-1,4	5,8	89	25,0	6,8	0,8	5,2	32,1	32,9	37,3	86,0	2,5	0,76	21,3
Cv ₂	40 - 140	5,4	3,6	-1,7	4,3	75	22,1	6,9	1,8	6,7	29,2	31,0	35,9	81,4	5,7	0,34	18,3
Perfil 2		Vertissolo Háptico órtico															
A	0 - 8	5,4	4,6	-0,8	17,1	252	27,4	8,8	0,0	5,7	36,8	36,8	42,5	86,6	0	1,95	30,5
Cv ₁	8 - 40	4,7	3,6	-1,1	4,9	107	25,0	7,3	1,9	8,3	32,6	34,5	40,9	79,7	5,4	0,71	17,2
Cv ₂	40 - 60	5,2	3,6	-1,6	4,2	78	23,9	7,4	1,6	6,7	31,5	33,2	38,2	82,5	4,9	0,55	21,1
Cv ₃	60 - 120	5,5	3,9	-1,6	6,5	75	23,2	6,8	0,3	3,8	30,2	30,6	34,0	88,8	1,1	0,17	25,5
Perfil 3		Vertissolo Háptico órtico															
A	0 - 10	5,5	4,7	-0,8	21,8	346	21,2	2,2	0,0	3,5	24,2	24,2	27,7	87,4	0,0	1,64	33,3
Cv ₁	10 - 35	5,7	4,9	-0,8	16,7	104	21,6	2,2	0,0	2,4	24,1	24,1	26,5	91,0	0,0	0,59	29,0

¹ Soma de bases; ² Capacidade de troca de cátions efetiva; ³ capacidade de troca de cátions a pH 7,0; ⁴ saturação de bases; ⁵ saturação de alumínio; ⁶ carbono orgânico do solo; ⁷ fósforo remanescente.

Quadro 6. Teor de micronutrientes e metais pesados nos perfis de Vertissolo Háptico órtico do Rio Juruá, próximo a Cruzeiro do Sul, Acre

Horiz.	Prof.	Na ¹	Zn ¹	Fe ¹	Mn ¹	Cu ¹	Cr ¹	Ni ¹	Cd ¹	Pb ¹
	(cm)	..... mg dm ⁻³								
Perfil 1		Vertissolo Háptico órtico								
A	0 - 5	12,6	5,3	188,9	109,9	2,4	0,00	0,01	0,00	2,21
Cv ₁	5 - 40	20,7	3,8	168,0	91,3	2,4	0,00	0,43	0,15	0,31
Cv ₂	40 - 140	37,7	3,5	100,5	31,6	2,3	0,00	0,10	0,05	0,30
Perfil 2		Vertissolo Háptico órtico								
A	0 - 8	13,6	6,6	94,3	129,9	1,6	0,00	0,39	0,08	0,10
Cv ₁	8 - 40	25,7	4,5	181,5	113,1	2,6	0,00	0,35	0,07	0,10
Cv ₂	40 - 60	38,7	3,0	178,8	66,1	2,1	0,00	0,14	0,08	0,34
Cv ₃	60 - 120	39,7	2,9	126,2	54,3	1,8	0,00	0,10	0,07	0,30
Perfil 3		Vertissolo Háptico órtico								
A	0 - 10	39,7	2,9	126,2	54,3	1,8	0,00	0,03	0,04	0,49
Cv ₁	10 - 35	15,7	23,5	703,8	254	2,8	0,00	0,09	0,05	0,36

¹Extrator Melich-1

Tanto os Neossolos Flúvicos como os Vertissolos apresentaram elevados valores de capacidade de troca de cátions. Também os valores de capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe) foram bastante próximos da capacidade de troca de cátions total (CTCt), o que se justifica pela grande presença de minerais 2:1 encontrados na sua mineralogia, onde predomina cargas elétricas advindas das substituições isomórficas nos minerais, não variando com as alterações de pH do solo (FONTES et al., 2001).

Os altos valores de CTC, principalmente para aqueles solos com maior conteúdo de argila, encontram-se condizentes com as feições morfológicas dos solos, em que o intenso fendilhamento, a dureza e a estrutura mostram a participação expressiva de minerais de argilas 2:1, fato confirmado pela difratometria de raios-X. Também os baixos teores de carbono orgânico nestes solos indicam que a composição mineralógica é a principal geradora de cargas negativas, o que também foi observado por Lima (2001, 2005, 2006) e Corrêa et al. (2003) trabalhando com solos com influência de minerais expansíveis 2:1.

Como conseqüência dos altos teores de bases nestes solos, tem se valores de saturação de bases elevados, caracterizando os solos como eutróficos. Os Neossolos Flúvicos do Rio Juruá apresentaram saturação de bases variando de 89,0 a 96,5 %, e os Vertissolos de 80,5 a 91,0 %, semelhante ao encontrado por Lima, (2006) trabalhando nas várzeas do Médio Amazonas e Alto Solimões.

Os valores de carbono orgânico do solo foram baixos nos Neossolos Flúvicos, apresentando teores de 0,24 a 1,00 dag kg⁻¹ (Quadro 4). Embora nos Neossolos Flúvicos a inundação sazonal retarde o processo de decomposição da matéria orgânica durante parte do ano, não há aporte orgânica vegetal suficiente para aumentar os teores de carbono orgânica desses solos, justificando os baixos teores de carbono encontrado ao longo do perfil. Lima et al., (2006) encontrou valores de carbono orgânica em Neossolo Flúvico Ta eutrófico da Amazônia ocidental semelhantes aos encontrado neste trabalho, variando de 0,25 a 1,00 dag kg⁻¹.

Os baixos teores de carbono orgânico do solo e pequenos aportes orgânicos indica que nestes solos o nitrogênio e enxofre provavelmente são os elementos

limitantes na produção, já que a disponibilidade desses elementos em locais onde não ocorre adubações é muito dependente da decomposição de resíduos vegetais. Isso pode ser observado em campo, onde o milho em alguns locais se encontrava amarelado, mostrando sintomas de deficiência de N, ao passo que o feijão-branco, que fixa nitrogênio, sempre estava vigoroso e muito produtivo. Entretanto, o uso de adubações nitrogenadas nesses solos deve ser vista com muita cautela, devido a possível contaminação do rio Juruá com NO^{-3} .

Nos Vertissolos houve valores maiores de carbono orgânico do solo, variando de 0,17 a 1,95 dag kg^{-1} (Quadro 6). Pode-se notar que os maiores valores ocorreram no horizonte A dos perfis avaliados, o que é devido ao aporte de carbono advindo dos resíduos vegetais (SCHOLES, 1997; ROSA et al., 2003; SAMPAIO et al., 2003; RANGEL et al., 2007), sendo que nos demais horizontes os valores foram semelhantemente baixos como nos Neossolo Flúvicos.

Os teores de micronutrientes, metais pesados e de sódio se encontram no Quadro 4 para os Neossolos Flúvicos e no Quadro 6 para os Vertissolos. Os micronutrientes, zinco, ferro, manganês e cobre foram classificados como altos (Alvarez V. et al., 1999), condizentes com a origem andina dos seus sedimentos. Houve um predomínio dos micronutrientes ferro e manganês, o que se deve às inundações e variações do lençol freático, reduzindo esses elementos e os tornando mais disponíveis. Lima et al. (2005) estudando a dinâmica de mobilização de nutrientes em solos da Amazônia submetidos à inundação, encontraram que o ferro e manganês aumentaram com a inundação dos solos avaliados.

Com relação aos metais pesados, os valores foram baixos, sendo que os elementos cromo, níquel, cádmio e chumbo, variaram de 0,01 a 2,21 mg dm^{-3} nos Neossolos Flúvicos, e de 0,0 a 0,43 mg dm^{-3} nos Vertissolos. Lima et al. (2006) encontraram valores de cromo, níquel e cádmio variando de 0 a 102 mg dm^{-3} em Neossolos Flúvicos, sendo os valores de níquel mais elevados, como ocorre nestes solos, porém com menor amplitude de valores.

Os teores de Na foram baixos, o que se deve a grande solubilidade e mobilidade desse elemento no solo, sendo transportado pelo rio.

De maneira geral os Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá apresentaram condições químicas muito favoráveis ao cultivo, com pH elevado, altos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e micronutrientes e baixos teores de Al^{3+} . Também como a riqueza desse sistema depende da deposição de sedimentos ricos do Rio Juruá, que ocorre todos os anos no período das chuvas, há a reposição natural dos elementos, tornando esse sistema “auto-sustentável”, sem risco de ocorrer o empobrecimento do solo pelo cultivo sucessivo. Essa excelente condição química torna esses solos de extrema importância na segurança alimentar dessa região.

3.3. Caracterização mineralógica dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá

A composição mineralógica dos solos, em todas as frações analisadas, revela uma riqueza elevada de minerais silicatados, com pequenas variações ao longo do perfil avaliado (Quadro 7, Figura 6 e 7). Essa homogeneidade mineralógica entre os horizontes se deve à natureza pedogenética destes solos, formados pelo empilhamento de sedimentos de natureza andina transportados pelo rio Juruá.

Por sua natureza sedimentar recente, os solos destas várzeas guardam estreita relação com o material de origem, sedimentos provenientes das regiões andina e subandina, transportados pelos rios e depositados na planície aluvial. Segundo Schaeffer et al., (2000) as características mineralógicas e químicas dos solos da Amazônia são, em grande parte, ditadas pela natureza do material de origem, sendo as áreas mais extensas de solos eutróficos só existem onde há influência atual (Neossolo Flúvico) ou pretérita (Vertissolo do primeiro terraço) de sedimentos andinos.

Nas frações argila e silte dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos há o predomínio dos minerais primários mica, feldspato, olivina e plagioclásios, além de conteúdo significativo de esmectitas, vermiculitas, ilita, caulinita e quartzo, refletindo a natureza

geológica andina, onde o Rio Juruá tem sua nascente (Quadro 7, Figuras 6 e 7). Estes resultados concordam com o Sioli, (1951); Irion (1984), Lima (2001), Schaeffer et al., (2000) e Lima et al. (2005, 2005).

Quadro 7. Composição mineralógica das frações argila, silte e areia leve de alguns perfis representativos dos solos estudados, por difratometria de raios X (minerais silicatados)

Horiz.	Argila	Silte	Areia Leve
Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
Perfil 1			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
C	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
2C ₂	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt
3C ₃	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
4C ₄	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
Perfil 2			
Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
C	Vm, Es, Mi/Bt, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg, Rt, Mgt
2C ₂	Vm, Es, Mi/Bt, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
4C ₄	Vm, Es, Mi/Bt, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
6C ₆	Vm, Es, Mi/Bt, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
Perfil 3			
Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
C ₁	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
2C ₂	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
Perfil 4			
Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Rt, Pg
C	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
2C ₂	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu, Ol	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	Qz, Fd, Pg
Vertissolo Háptico órtico			
Perfil 1			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
C _{v2}	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
Perfil 2			
Vertissolo Háptico órtico			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
C _{v2}	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
C _{v3}	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
Perfil 3			
Vertissolo Háptico órtico			
A	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-
C _{v2}	Vm, Es, Mi/Bt, Il, Ka, Qz, Mu	Es, Mi/Il, Kt, Mu, Ol, Qz, Fd, Pg	-

Bt – biotita; Es – esmectita; Fd – feldspato; Il – ilita; Mi – mica; Ka – caulinita; Mu – moscovita; Ol – olivita; Qz – quartzo; Pg – plagioclásio; Rt – rutilo.

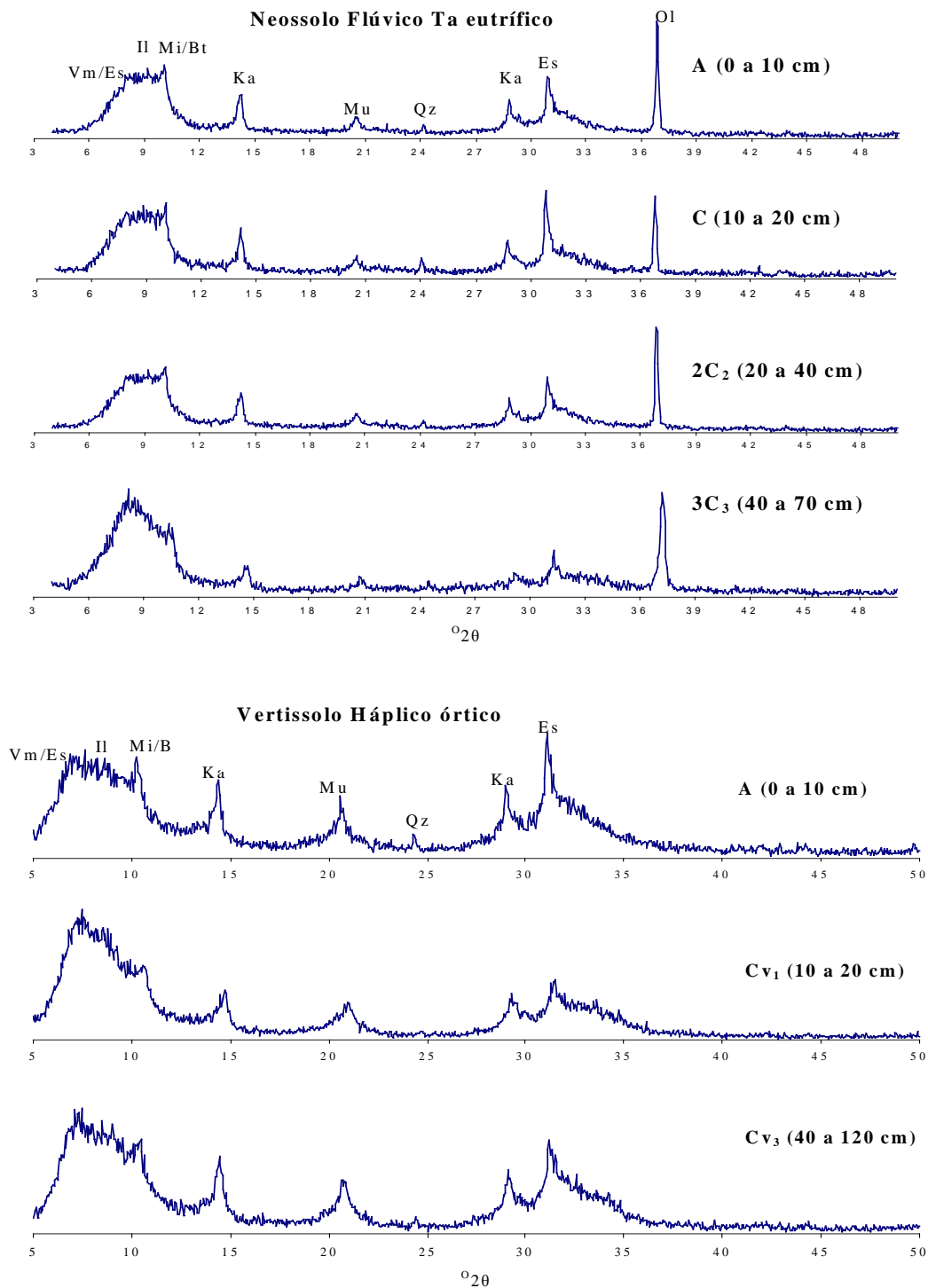


Figura 6. Difrátogramas de raios-X da argila natural ao longo do perfil de Neossolo Flúvico Ta eutrófico e Vertissolo Háptico órtico, representando os seguintes minerais: Bt-Biotita; Es-esmectita; Il-ilita; Ka-caulinita; Mi-mica; Mu-Muscovita; Ol-Olivina, Qz-quartzo; Vm-Vermiculita.

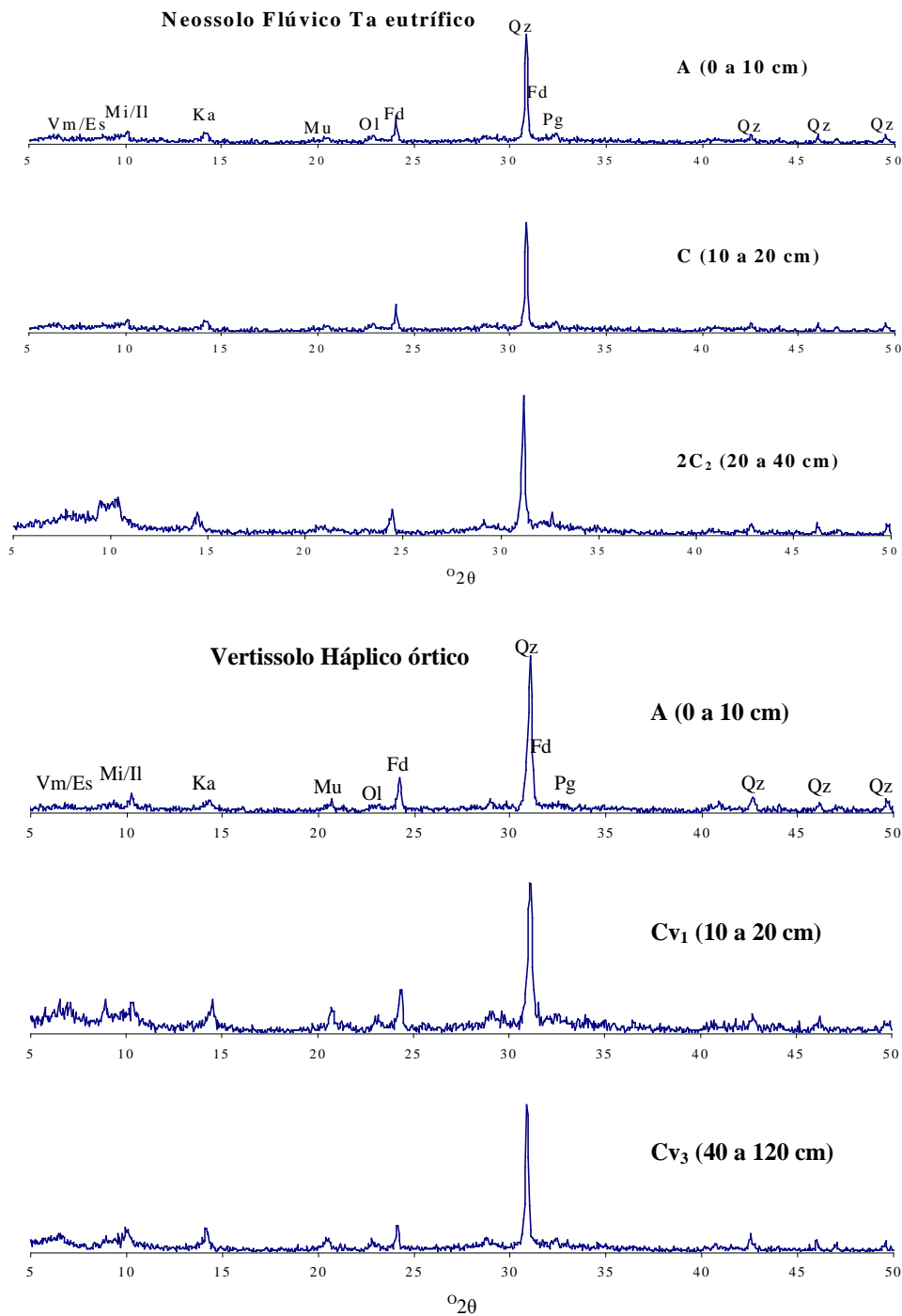


Figura 7. Difratomogramas de raios-X da fração silte ao longo do perfil de Neossolo Flúvico Ta eutrófico e Vertissolo Háplico órtico, representando os seguintes minerais: Es-esmectita; Fd-Fedspato; Il-ilita; Ka-caulinita; Mi-mica; Mu-Muscovita; Ol-Olivina, Qz-quartzo; Vm-Vermiculita e Pg-plagioclásio.

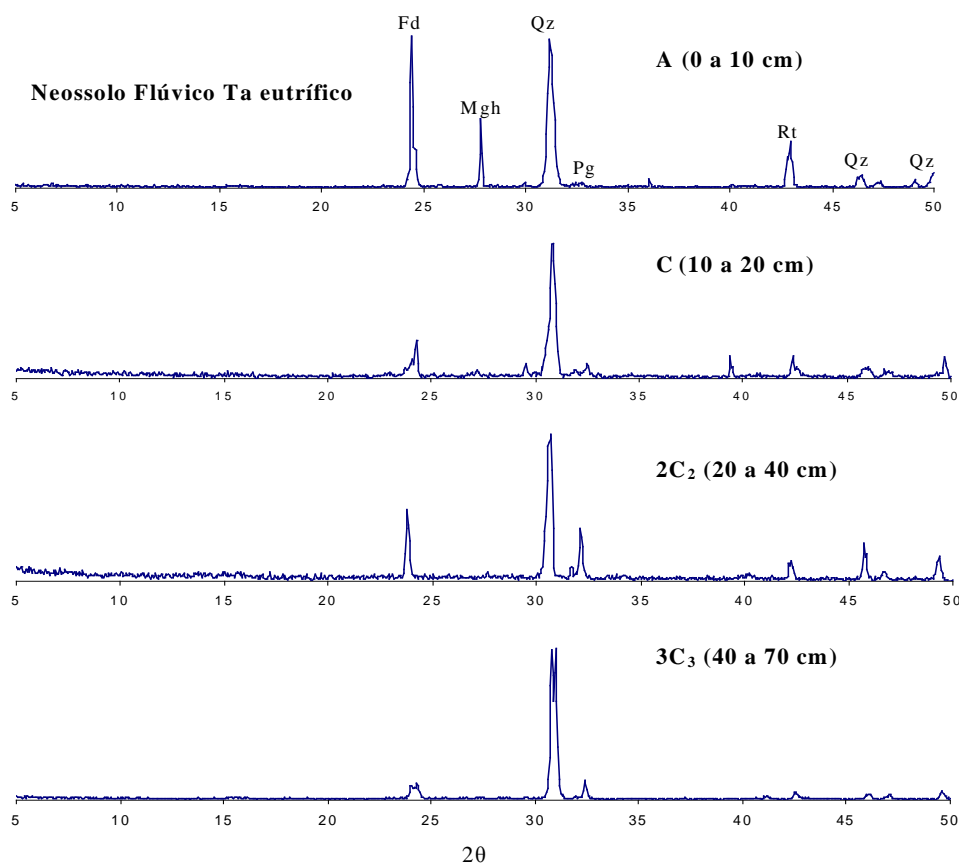


Figura 8. Difratoogramas de raios-X da fração areia leve ao longo do perfil 1 de Neossolo Flúvico Ta eutrófico, representando os seguintes minerais: Fd-Feldspato; Mgh-maghemita; Qz-quartzo; Rt-rutilo e Pg-plagioclásio.

Não foram observadas variações significativas na composição mineralógica da fração silte em comparação com a fração argila em todos os perfis estudados (Quadro 7, Figura 6 e 7), exceto pela ocorrência de plagioclásio e feldspato potássico no silte.

Os minerais de argila expansíveis presentes nestes solos podem se originar do intemperismo local dos minerais primários ou serem fruto da deposição do rio em condições de menor energia. Entretanto, o nível elevado do lençol freático a as inundações periódicas limita o processo pedogenético, levando a formação de solos jovens. Dessa forma, o processo de conversão de minerais primários em secundários

pela ação intemperica das condições locais, deve estar ocorrendo de maneira mais intensa nos horizontes do Vertissolo, que não sofrem variações do lençol freático.

Houve picos marcantes de esmectita e vermiculitas nos perfis, o que permite presumir que a vermiculita e a esmectita sejam os componentes mineralógicos mais importantes dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos, e os responsáveis por características como fendilhamento quando seco (presentes nos Neossolos Flúvicos e Vertissolos), superfície de compreensão (slinkensides) e dureza nos Vertissolos, etc.

As esmectitas são componentes freqüentemente encontrados em solos pouco intemperizados da Amazônia (IRION, 1984; MÖLLER, 1986; SILVA, 1999), entretanto a sua presença nos Neossolos Flúvico e Vertissolos avaliados foi marcante, com picos de alta intensidade (Figuras 6 e 7). Nestes solos, a presença da esmectita está relacionada à deposição de materiais de natureza andina e subandina, além de que os teores elevados de cálcio e magnésio e sílica nos horizontes avaliados podem contribuir para a síntese e estabilização desse mineral (LIMA et al., 2005, 2006).

Onde a atuação dos agentes bioclimáticos é mais intensa e a acidez é mais elevada, a esmectita torna-se instável, decompondo-se e liberando alumínio para o meio, o que resulta em elevação dos teores de alumínio trocável (IRION, 1984; LIMA et al., 2001). Provavelmente este processo esteja ocorrendo nos Vertissolos, que são mais evoluídos pedogeneticamente que os Neossolos Flúvicos. Os valores mais baixos de pH e os maiores teores de Al^{3+} em relação aos perfis de Neossolo Flúvico corroboram esta afirmação.

A presença de caulinita na fração argila destes dos Neossolo Flúvicos e Vertissolos se deve a contribuição de sedimentos carreados das terras firmes. Na terra firme dessa região a formação geológica predominante é a Formação Solimões, e há grande ocorrência de caulinita nos solos (Schaeffer et al., 2000). Também o ambiente de restrição à drenagem, pH elevado e saturação de cátions alcalinos e alcalinos-terrosos, como encontrado nos Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Juruá, não permitem formação de caulinita pelo intemperismo local.

Quadro 8. Teores de areia leve (AL) e areia pesada (AP) e teores totais de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) contidos na areia leve nos perfis de Neossolos Flúvicos Ta eutróficos do Rio Juruá, Acre.

Horiz.	Prof. (cm)	AL %	AP	Areia Leve ¹		
				Ca^{2+} dag kg ⁻¹	Mg^{2+}	K^+
Perfil 1		Neossolo Flúvico Ta eutrófico				
A	0 - 5	97,8	2,2	0,26	0,18	0,99
C	5 - 20	98,4	1,6	0,25	0,16	0,97
2C ₂	20 - 40	99,1	0,9	0,26	0,16	1,11
3C ₃	40 - 70	99,3	0,7	0,33	0,19	1,14
4C ₄	70 - 100	99,6	0,4	0,27	0,17	1,12
Perfil 2		Neossolo Flúvico Ta eutrófico				
A	0 - 5	99,5	0,5	0,28	0,17	1,16
C	5 - 20	98,7	1,3	0,32	0,18	1,04
2C ₂	20 - 25	98,8	1,2	0,31	0,16	1,14
3C ₃	25 - 35	99,7	0,3	0,37	0,23	1,13
4C ₄	35 - 40	99,3	0,7	0,34	0,19	1,16
5C ₅	40 - 50	99,2	0,8	0,36	0,22	1,03
6C ₆	50 - 60	97,8	2,2	0,32	0,20	1,23
Perfil 3		Neossolo Flúvico Ta eutrófico				
A	0 - 5	95,4	4,5	0,34	0,21	1,14
C	10 - 35	98,4	1,6	0,33	0,23	1,03
2C ₂	35 - 90	98,3	0,7	0,36	0,21	0,82
Perfil 4		Neossolo Flúvico Ta eutrófico				
A	0 - 8	97,9	2,1	0,37	0,22	1,06
C	8 - 65	98,9	1,1	0,41	0,24	1,11
2C ₂	65 - 100	98,1	1,9	0,40	0,16	0,90

¹ Extraídos pelo ataque triácido.

Como houve predomínio da fração areia nos Neossolos Flúvicos foi realizada a separação entre areia leve e areia pesada, afim de se entender melhor a relação dessa fração com a reserva e riqueza de nutrientes nesses solos (Quadro 8).

A fração areia dos Neossolos Flúvicos foi composta quase que exclusivamente por areia leve, que variou de 97,8 a 99,7 % da fração argila total nos Neossolo Flúvicos avaliados, demonstrando a pequena participação da areia pesada na composição da fração areia desses solos.

A difratometria de raios X da fração areia leve mostrou que há o predomínio dos minerais quartzo, feldspato potássico, rutilo e em menor intensidade plagioclásio (Quadro 7 e Figura 8). O ataque triácido mostra que a fração areia leve apresenta maior riqueza de K, seguidos por Ca^{2+} e em menor quantidade o Mg^{2+} . Os maiores valores de K^+ estão associados à presença de feldspato, e os de Ca^{2+} à presença de plagioclásio, que são minerais primários ricos nesses elementos (SONG & HUANG, 1988).

As maiores porcentagens de areia leve nos Neossolos Flúvicos sugerem que esses solos apresentem maiores reservas de K^+ e Ca^{2+} , já que a liberação de formas estruturais de Mg^{2+} para as plantas depende da ocorrência e do intemperismo de minerais ferromagnesianos nas frações do solo (RICE & KAMPRATH, 1968). Por outro lado, os minerais com densidade superior ao líquido de separação, como anfibólio, piroxênio, olivina e mica (JACKSON, 1979), mesmo em bem menores proporções, podem contribuir significativamente como reserva de nutrientes para os solos (MELLO et al., 2000).

3.4. Ataque sulfúrico e extração de Fe por ditionito e oxalato

Os dados de óxidos pelo ataque sulfúrico estão no Quadro 9. Pode-se notar que os solos apresentaram valores baixos de Fe_2O_3 , menores que 8 dag kg^{-1} , sendo portanto classificados como hipoférricos (EMBRAPA, 2006), tanto nos Neossolos Flúvicos como nos Vertissolos.

Quadro 9. Teores de óxidos de silício, alumínio, ferro, potássio, magnésio, cálcio, manganês, fósforo e titânio pelo ataque sulfúrico nos Neossolos Flúvicos Ta eutróficos e Vertissolos Háplicos órticos do Rio Juruá, Acre

Horiz.	Prof. (cm)	SiO ₂	Al ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Ki
		..... dag kg ⁻¹									
		Neossolo Flúvico Ta eutrófico									
Perfil 1											
A	0 - 10	5,9	4,1	2,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	2,4
C	10 - 20	6,7	4,5	2,4	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	2,5
2C ₂	20 - 40	6,7	4,1	2,1	0,3	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	2,8
3C ₃	40 - 70	8,9	6,5	3,0	0,5	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	2,3
4C ₄	70 - 100	6,6	4,4	2,5	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	2,5
Perfil 2											
		Neossolo Flúvico Ta eutrófico									
A	0 - 10	11,0	7,0	3,3	0,4	1,0	0,5	0,1	0,0	0,0	2,7
C	10 - 20	9,5	6,8	3,1	0,5	0,7	0,5	0,1	0,0	0,0	2,4
2C ₂	20 - 25	10,3	6,0	2,7	0,4	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0	2,9
3C ₃	25 - 35	10,0	6,7	2,7	0,5	0,7	0,5	0,1	0,0	0,0	2,5
4C ₄	35 - 40	12,1	6,8	2,7	0,5	0,8	0,5	0,1	0,0	0,0	3,0
5C ₅	40 - 50	16,2	7,0	2,6	0,4	0,1	0,5	0,1	0,0	0,0	3,9
6C ₆	50 - 60	10,7	6,5	3,4	0,4	0,7	0,5	0,1	0,0	0,0	2,8
Perfil 3											
		Neossolo Flúvico Ta eutrófico									
A	0 - 10	9,0	4,8	2,6	0,3	0,6	0,5	0,1	0,0	0,0	3,2
C	10 - 35	10,0	5,0	2,9	0,5	0,7	0,5	0,1	0,0	0,0	3,4
2C ₂	35 - 90	14,5	7,8	3,4	0,6	1,0	0,5	0,1	0,0	0,0	3,2
Perfil 4											
		Neossolo Flúvico Ta eutrófico									
A	0 - 8	7,8	4,2	2,2	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	3,1
C	8 - 65	9,0	5,2	2,5	0,4	0,7	0,4	0,1	0,0	0,0	2,9
2C ₂	65 - 100	11,8	6,6	3,0	0,4	0,8	0,5	0,1	0,0	0,0	3,0
Vertissolo Háplico órtico											
Perfil 1											
A	0 - 5	19,7	11,0	4,1	0,7	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0	3,0
C _{v1}	5 - 140	18,2	10,5	4,2	0,7	1,2	0,5	0,1	0,0	0,0	2,9
C _{v2}	40 - 140	16,5	11,5	4,5	0,8	1,2	0,5	0,1	0,0	0,0	2,4
Perfil 2											
		Vertissolo Háplico órtico									
A	0 - 8	20,0	11,8	4,1	0,8	1,4	0,7	0,1	0,0	0,0	2,9
C _{v1}	8 - 40	19,6	10,9	4,0	0,8	1,4	0,6	0,1	0,0	0,0	3,0
C _{v2}	40 - 60	20,9	10,7	4,2	0,7	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0	3,3
C _{v3}	60 - 120	19,5	10,2	4,2	0,8	1,3	0,6	0,1	0,0	0,0	3,2
Perfil 3											
		Vertissolo Háplico órtico									
A	0 - 5	18,6	9,3	3,6	0,7	1,1	0,6	0,1	0,0	0,0	3,4
C _{v1}	5 - 30	20,8	9,2	4,4	0,7	0,8	0,7	0,1	0,0	0,0	3,8

Ki= SiO₂/ Al₂O * 1,724

Quadro 10. Teores de ferro solúveis em citrato-ditionito (Fe_d) e em oxalato (Fe_o), relação Fe_o/Fe_d e teor de ferro cristalino (Fe_c) para os Neossolos Flúvicos Ta eutróficos e Vertissolos Háplicos órticos do Rio Juruá, Acre

Horiz.	Prof. (cm)	Fe_d.....dag kg ⁻¹	Fe_o	Fe_o/Fe_d	Fe_c^1....dag kg ⁻¹ ...
Neossolo Flúvico Ta eutrófico					
Perfil 1					
A	0 - 10	1,08	0,38	0,35	0,70
C	10 - 20	1,70	0,80	0,47	0,90
2C ₂	20 - 40	1,58	1,27	0,80	0,31
3C ₃	40 - 70	1,82	0,77	0,42	1,05
4C ₄	70 - 100	1,07	0,40	0,37	0,67
Neossolo Flúvico Ta eutrófico					
Perfil 2					
A	0 - 10	1,63	0,63	0,38	1,00
C	10 - 20	1,85	1,83	0,98	0,02
2C ₂	20 - 25	1,92	0,85	0,44	1,07
3C ₃	25 - 35	1,11	0,92	0,83	0,19
4C ₄	35 - 40	1,66	0,83	0,50	0,83
5C ₅	40 - 50	2,10	0,91	0,43	1,19
6C ₆	50 - 60	2,03	0,74	0,36	1,29
Neossolo Flúvico Ta eutrófico					
Perfil 3					
A	0 - 10	1,79	1,40	0,78	0,39
C	10 - 35	1,10	0,31	0,28	0,79
2C ₂	35 - 90	1,93	0,99	0,51	0,94
Neossolo Flúvico Ta eutrófico					
Perfil 4					
A	0 - 8	1,78	0,82	0,46	0,96
C	8 - 65	1,91	0,72	0,38	1,19
2C ₂	65 - 100	1,79	1,57	0,88	0,22
Vertissolo Háplico órtico					
Perfil 1					
A	0 - 5	1,34	0,95	0,71	0,39
C _{v1}	5 - 140	1,24	0,45	0,36	0,79
C _{v2}	40 - 140	0,96	0,27	0,28	0,69
Vertissolo Háplico órtico					
Perfil 2					
A	0 - 8	0,70	0,40	0,57	0,30
C _{v1}	8 - 40	0,95	0,31	0,32	0,64
C _{v2}	40 - 60	1,04	0,22	0,21	0,82
C _{v3}	60 - 120	1,29	0,27	0,21	1,02
Vertissolo Háplico órtico					
Perfil 3					
A	0 - 5	1,47	0,57	0,39	0,90
C _{v1}	5 - 30	1,31	0,90	0,68	0,41

¹ $Fe_c = Fe_d - Fe_o$

Os teores de ferro extraídos pelo ditionito (Fe_d) variaram de 0,7 a 2,1 dag kg^{-1} entre os horizontes dos solos. São valores relativamente baixos, atribuídos às condições de inundação sazonal. A relação Fe_o/Fe_d variou entre os solos de 0,21 a 0,98, o que indica que há grande participação das formas amorfas nestes solos, especialmente nos Neossolos Flúvicos.

Isso se deve aos efeitos do regime hídrico desses solos, os quais podem permanecer saturados ou inundados por períodos prolongados de tempo, resultando em condições temporariamente redutoras, dificultando na manutenção de teores relativamente elevados de formas de ferro de menor cristalinidade. Lima et al., (2006) observou resultados semelhantes trabalhando com Neossolos Flúvicos Ta eutróficos da várzea do Rio Solimões, encontrando valores de Fe_o/Fe_d elevados, refletindo o predomínio de formas de Fe de menor grau de cristalinidade nestes solos.

3.5. Caracterização física dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá

Pela análise granulométrica dos horizontes de Neossolos Flúvicos, percebe-se que há uma predominância da fração areia no pacote sedimentar do Rio Juruá em relação às demais frações granulométricas (Quadro 11). Também há o predomínio da fração areia fina em relação a areia grossa, com teores de areia fina variando de 17 a 95 dag kg^{-1} entre os horizontes. Em seguida a fração silte é a que aparece com maiores teores nos horizontes dos Neossolos Flúvicos, variando de 4 a 60 dag kg^{-1} , e em menor proporção tem-se a fração argila variando de 1 a 24 dag kg^{-1} . Não obstante a menor porcentagem de argila nos Neossolos Flúvicos, esta fração imprime a esses solos características morfológicas de fendilhamento, devido a a grande expressão de minerais expansíveis como esmectitas e vermiculitas.

Estes resultados demonstram que o Rio Juruá transporta e deposita ao longo das áreas inundadas (superfícies aluviais) predominantemente areia fina e silte. Segundo Lima (2001) na várzea do Rio Solimões, que também sofre influencia andina e

subandina, os solos normalmente apresentam teores elevados de silte e de areia fina, como encontrado neste trabalho.

Nos vertissolos houve comportamento diferente dos Neossolos com relação à granulometria, havendo uma dominância de partículas de silte e argila, variando de 40 a 79 e 19 a 59 dag kg⁻¹, respectivamente. Os teores de areia grossa foram nulos e os de areia fina foram muito baixos, variando de 0 a 2 dag kg⁻¹. O maior teor de argila nos Vertissolos mostra a maior evolução pedogenética nestes solos não mais inundados, especialmente em superfície.

A relação silte/argila é um indicativo do estágio de intemperismo dos solos (EMBRAPA, 2006). Para os Neossolos Flúvicos e os Vertissolos esta relação apresentou valores elevados, variando de 1,7 a 6,8 nos Neossolos Flúvicos e de 0,7 a 4,0 nos Vertissolos. Os valores elevados de relação silte/argila esta condizente com o menor desenvolvimento pedogenético dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos da várzea do Juruá, e com a influencia dos sedimentos andinos e subandinos na formação desses solos.

Nos Neossolos Flúvicos os valores da relação silte/argila variaram entre os horizontes avaliados, provavelmente em função do tipo de material deposita pelo rio (mais ou menos rico em silte e argila de atividade alta). Nos Vertissolos houve a tendência de ocorrer menores valores em superfície e maiores nos horizontes mais subsuperficiais, o que está relacionado à maior ação intemperica na superfície, transformando as partículas de silte em argila, especialmente em condições de alta pluviosidade e temperatura como a da região (BRASIL, 1977; LATRUBESSE & RAMONELL, 1994; IBAMA & SOS AMAZÔNIA, 1998).

Os valores de argila dispersa em água foram altos, tanto para os Neossolos Flúvicos como para os Vertissolos, variando de 1 a 19 dag kg⁻¹ e 17 a 41 dag kg⁻¹, respectivamente. Em razão dos altos teores de argila dispersa no solo, o grau de floculação foi baixo, variando de 0 a 23 entre Neossolos Flúvicos e Vertissolos.

Os valores altos de argila dispersa em água nestes solos pode estar relacionado com os baixos teores de Al³⁺ e de óxidos de ferro (BROMICK & LAL, 2005), que são

reconhecidamente agentes flocculantes, e a grande quantidade de carga negativa gerada pelas argilas de alta atividade que causam repulsão entre os colóides (HAYNES & NAIDU, 1998; CORRÊA et al., 2003).

Também se deve considerar os valores elevados de Mg^{2+} como agente dispersor de argilas, especialmente nos Vertissolos, onde sua participação no complexo de troca é maior. Nestes solos, mesmo sendo baixos os teores de sódio, em relação aos de cálcio, a argila dispersa mostra-se bastante elevada (Quadro 11), condizente com os teores elevados de Mg^{2+} (Quadro 3 e 5). Foi observada uma correlação significativa ($r = 0,86^{**}$) entre seus teores e os valores de ADA para todos os solos estudados, conforme mostra Figura 9. Schaeffer, (1994) trabalhando com Planossolos Nátricos em Roraima com elevada saturação por magnésio, observou efeitos físicos deletérios pela alta concentração de Mg^{2+} influenciando a dispersão de argila.

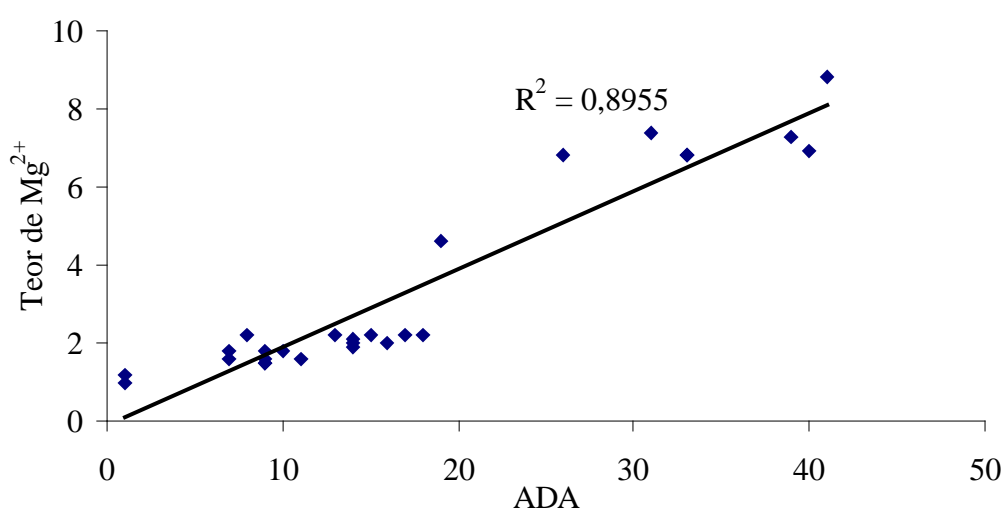


Figura 9. Correlação entre os teores de magnésio e os teores de argila dispersa em água para os horizontes de Neossolos Flúvicos Ta eutróficos e Vertissolos Háplicos órticos da várzea do Rio Juruá, Acre.

Quadro 11. Análise granulométrica, relação silte/argila (s/Arg), argila dispersa em água (Ada) e grau de flocculação (Gf) para os perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico e Vertissolo Háptico órtico da várzea do Rio Juruá, Acre

Horiz.	Prof. (cm)	Ag ¹	Af ²	s ³	Arg ⁴	s/Arg	Ada	Gf
		..... dag kg ⁻¹					dag kg ⁻¹	... % ...
Perfil 1		Neossolo Flúvico Ta eutrófico						
A	0 - 10	0	67	23	10	2,3	9	10
C	10 - 20	0	54	33	13	2,5	10	23
2C ₂	20 - 40	0	61	29	10	2,9	9	10
3C ₃	40 - 70	0	68	20	12	1,7	11	1
4C ₄	70 - 100	0	95	4	1	4,0	1	0
Perfil 2		Neossolo Flúvico Ta eutrófico						
A	0 - 10	0	16	62	22	2,8	19	2
C	10 - 20	0	38	46	16	2,9	16	0
2C ₂	20 - 25	0	17	60	23	2,6	15	3
3C ₃	25 - 35	0	74	17	9	1,9	9	0
4C ₄	35 - 40	0	31	45	24	1,9	14	4
5C ₅	40 - 50	0	52	33	15	2,2	14	1
6C ₆	50 - 60	0	27	59	14	4,2	14	0
Perfil 3		Neossolo Flúvico Ta eutrófico						
A	0 - 10	0	52	38	10	3,8	9	1
C	10 - 35	0	85	13	2	6,5	1	6
2C ₂	35 - 90	0	24	56	20	2,8	8	6
Perfil 4		Neossolo Flúvico Ta eutrófico						
A	0 - 8	0	63	28	9	3,1	7	2
C	8 - 65	0	70	22	8	2,7	7	1
2C ₂	65 - 100	0	24	60	16	3,7	13	2
Perfil 1		Vertissolo Háptico órtico						
A	0 - 5	0	1	56	43	1,3	33	2
C _{v1}	5 - 140	0	1	64	35	1,8	33	0
C _{v2}	40 - 140	1	3	50	46	1,1	40	1
Perfil 2		Vertissolo Háptico órtico						
A	0 - 8	1	0	40	59	0,7	41	3
C _{v1}	8 - 40	0	1	48	51	0,9	39	2
C _{v2}	40 - 60	0	2	65	33	2,0	31	1
C _{v3}	60 - 120	0	2	71	27	2,6	26	0
Perfil 3		Vertissolo Háptico órtico						
A	0 - 5	1	0	69	30	2,3	18	4,1
C _{v1}	5 - 30	0	2	79	19	4,1	17	1,1

¹ Ag=areia grossa; ² Af= areia fina; ³ s=Silte; ⁴ Arg= Argila

Para as características físicas dos Neossolos Flúvicos, por apresentarem argila de atividade alta, a cada potencial de água utilizado na mesa de tensão foi recalculado o volume do anel, sendo considerado para o cálculo da densidade do solo o volume médio das medidas realizadas.

Os valores de densidade do solo nos Neossolos Flúvicos estão no Quadro 12. Os valores de densidade do solo variaram de 1,23 a 1,32 kg dm⁻³ nos Neossolos Flúvicos. Houve uma tendência de ocorrer maiores valores nos horizontes A, o que está relacionado ao selamento superficial observado nestes solos.

Os valores relativamente elevados de densidade do solo provavelmente são em razão do tamanho das partículas (predominância de areia fina e silte) que se rearranjam e aumentam o empacotamento dessas partículas, provocando o adensamento do solo (RIVA, 2005). A maior ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem na superfície pode estar favorecendo esse processo, justificando os maiores valores em superfície (OLIVEIRA, et al., 1996). A grande dispersão de argilas favorece este processo, por permitir arranjo dos argilominerais e migrações a curtas distâncias dentro do perfil.

Não obstante os maiores valores de densidade do solo na pastagem, estes valores foram menores que o índice crítico do crescimento radicular de solos arenosos, de 1,75 kg dm⁻³ (MEDINA, 1985; CORSINI & FERRAUDO, 1999).

Os valores de densidade de partículas variaram de 2,67 a 2,86 kg dm⁻³, sendo que esta variação é função da diferenciação mineralógica encontrada nestes solos.

Os valores de porosidade total assumiram valores de 0,49 a 0,54 m³ m⁻³. Considera-se um solo de boa qualidade física o que apresenta em média 50 % do seu volume ocupado por sólidos, e os outros 50 % por volume poroso, ocupados por gases e água (BRADY, 1989).

Entretanto, tem-se que a grande maioria dos poros são microporos (0,39 a 0,49 m³ m⁻³) e apenas uma pequena parcela da porosidade total é composta por macroporos (0,07 a 0,13 m³ m⁻³). Pela distribuição de poros por tamanho observa-se que há predominância de poros na classe menor que 2,9 µm (0,33 a 0,55 m³ m⁻³), e um valor baixo de poros maiores que 145 µm (0,02 a 0,11 m³ m⁻³).

Quadro 12. Valores médios para densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), condutividade hidráulica em meio saturado (Kθs) e distribuição de poros por tamanho nos perfis de Neossolo Flúvico Ta eutrófico do Rio Juruá, nas profundidades de 0 a 10 cm e 55 a 45 cm

Horiz.	Tamanho de poros (μm)											
	Ds	Dp	Pt	>145	145-73	73-50	50-9	9,0-2,9	<2,9	Ma	Mi	Kθs
	..... kg dm ⁻³ .....	..... kg dm ⁻³ .....	..... m ³ m ⁻³ .....	..... m ³ m ⁻³ .....						..... m ³ m ⁻³ .....		..... cm h ⁻¹
Perfil 1	Neossolo Flúvico Ta eutrófico											
A	1,31	2,68	0,50	0,04	0,01	0,01	0,00	0,02	0,42	0,06	0,44	0,73
3C ₃	1,27	2,67	0,53	0,07	0,01	0,00	0,02	0,04	0,40	0,08	0,45	0,61
Perfil 2	Neossolo Flúvico Ta eutrófico											
A	1,32	2,72	0,50	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,43	0,07	0,43	0,00
5C ₅	1,28	2,86	0,55	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02	0,43	0,10	0,45	0,32
Perfil 3	Neossolo Flúvico Ta eutrófico											
A	1,32	2,64	0,49	0,08	0,01	0,01	0,01	0,02	0,36	0,10	0,39	1,70
2C ₂	1,23	2,70	0,54	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,50	0,05	0,49	0,56
Perfil 4	Neossolo Flúvico Ta eutrófico											
A	1,24	2,72	0,54	0,11	0,01	0,01	0,01	0,07	0,33	0,13	0,41	1,71
C	1,24	2,71	0,54	0,05	0,01	0,01	0,04	0,04	0,39	0,08	0,47	0,76

Poros acima de 50 μm foram considerados macroporos, e a baixo, microporos.

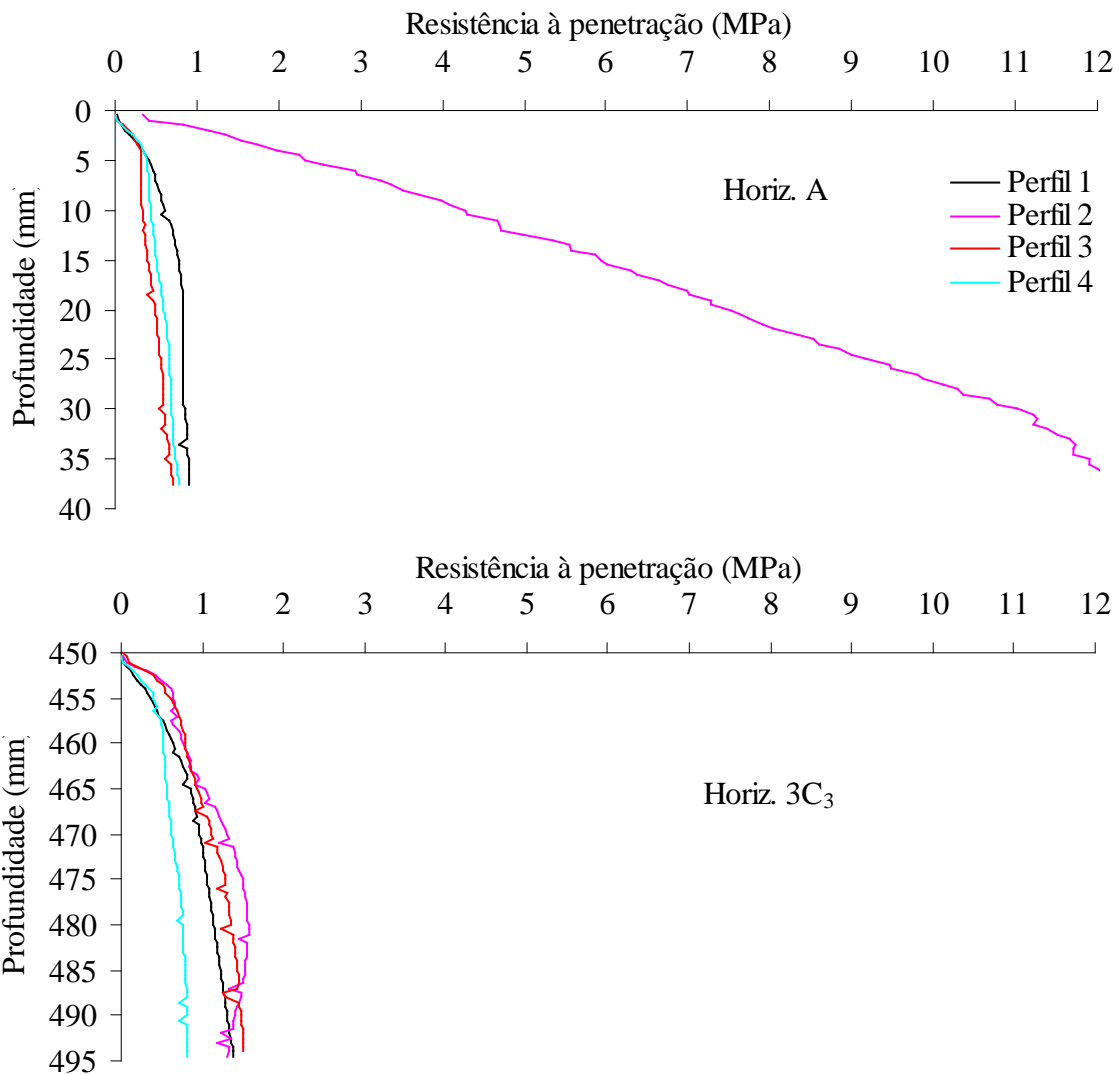


Figura 10. Resistência do solo à penetração avaliada por penetrômetro de bancada nos perfis de Neossolo Flúvico do Rio Juruá, nas profundidades de 0 a 10 cm e 45 a 55 cm. Antes da análise todas as amostras foram submetidas à tensão de 1500 kPa, apresentando umidade equivalente ao ponto de murcha permanente(PMP).

A reduzida macroporosidade e grande microporosidade nos Neossolos Flúvicos são em razão do arranjo natural das partículas, criando preferencialmente microporos (BAVER, 1948, 1956, 1972). A predominância da fração areia fina, os altos teores de silte e a grande porcentagem de argila dispersa em água encontrados nos Neossolos Flúvicos contribuem para o processo de ajuste de partículas (RIVA, 2005).

Os valores muito baixos de macroporos explicam a reduzida condutividade hidráulica desses solos (0,0 a 1,71 cm h⁻¹), pois são os macroporos os responsáveis pela condução de água no solo (BRADY, 1989). Segundo Camargo (1983) a redução do diâmetro dos poros reduz drasticamente o volume de fluxo que passa por este poro. Embora haja restrição de infiltração de água da chuva devido à reduzida condutividade hidráulica, isso não confere impedimento ao cultivo desses solos, já que a proximidade do lençol freático e a ascensão capilar da água mantém o solo úmido, permitindo o estabelecimento das plantas.

Não obstante a reduzida macroporosidade dos Neossolos Flúvicos, não foram observados valores altos de resistência do solo à penetração (Figura 10). No horizonte A dos Neossolos Flúvicos, a exceção do perfil 2, onde foi observado uma camada de selamento superficial, a resistência do solo à penetração assumiu valores menores que 1 Mpa. Nos horizontes C, o valor máximo encontrado foi de 1,5 MPa. Merotto Jr. & Mundstock (1999) e Canarache (1990) indicaram valores de 3,5 e 5 MPa, respectivamente como o limite crítico de RP, porém muitos pesquisadores utilizam o valor de 2 MPa como o limite crítico para o crescimento radicular, conforme Taylor et al. (1966).

Estes valores de resistência à penetração estão indicando que, mesmo com reduzida macroporosidade, as raízes das plantas não encontram impedimento mecânico para o seu crescimento. Isto se explica pelo grande volume de areia e reduzidos de argila nos Neossolos Flúvicos, que confere baixa coesão e aderência entre as partículas (BAVER, 1948; 1956; 1972), embora haja empacotamento das mesmas.

Com relação aos valores de retenção de água para os Neossolos Flúvicos (Quadro 13), percebe-se que estes solos apresentam alta capacidade de retenção de água e água disponível para as plantas (maiores que os encontrado para terra firme), mesmo sendo arenosos. Isto se deve a predominância de areia fina e ao arranjo das partículas criando muitos microporos, que é a classe de poros responsáveis pela retenção de água (BAVER, 1948, 1972).

O efeito do ajuste de partículas pode ser melhor visto na curva de retenção de água a baixas tensões (Figura 11), já que o arranjo e distribuição dos poros são os principais responsáveis pela retenção de água a baixas tensões (Baver, 1948,1956, 1972, 973). Pode-se observar que foram encontrados valores altos de retenção de água a baixas tensões nos Neossolos Flúvicos, como consequência do arranjo das partículas. Esses valores tenderam a reduzir a partir de 8 kPa de tensão.

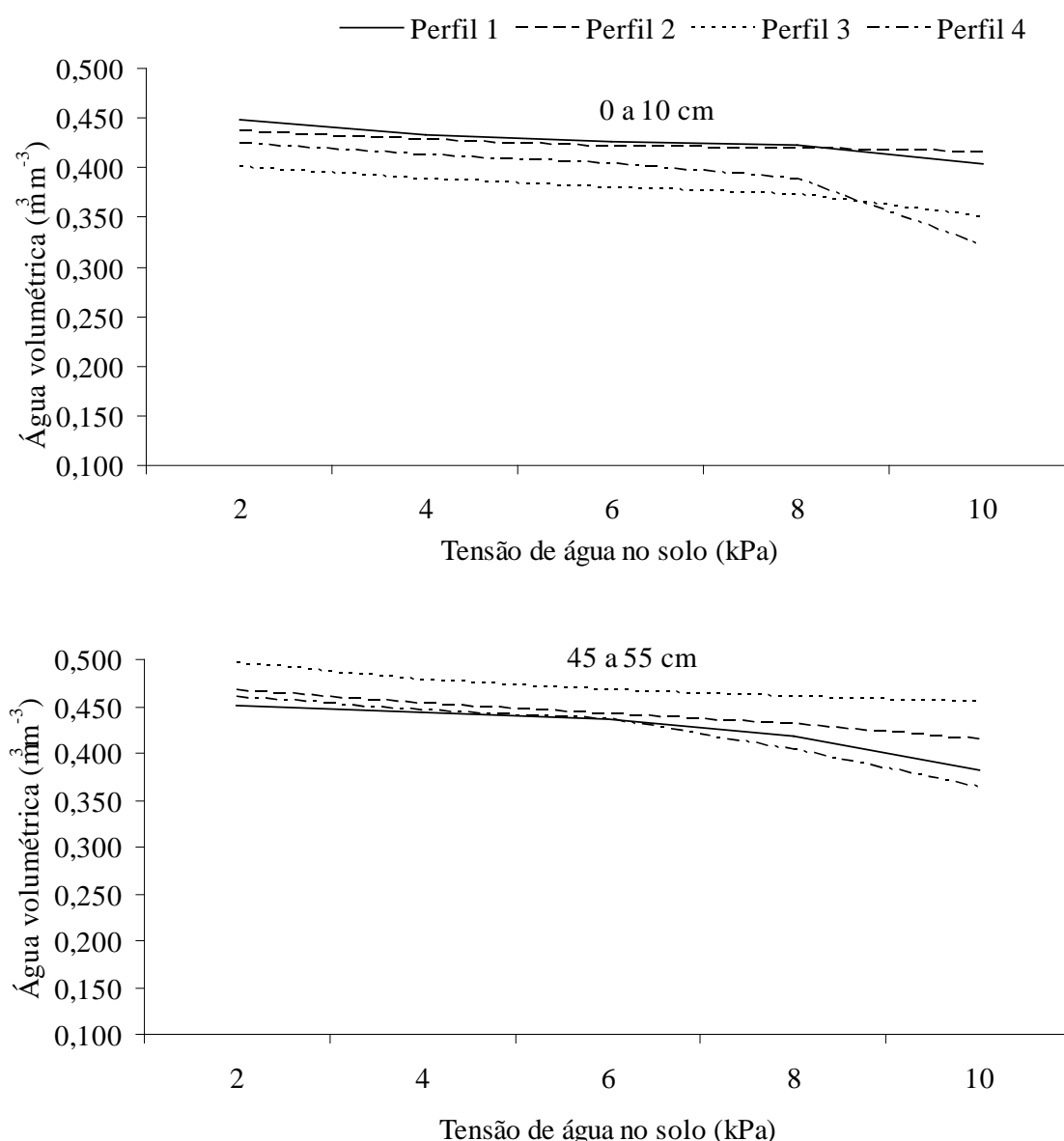


Figura 11. Curva de retenção de água em baixas tensões nos perfis de Neossolos Flúvicos Ta eutrófico do Rio Juruá, nas profundidades de 0 a 10 cm e 45 a 55 cm.

A relação água retida na capacidade de campo/porosidade total (CC/Pt) é uma relação entre água retida e o espaço poroso. Os Neossolos Flúvicos apresentaram uma relação variando de 0,55 a 0,86, com valores médios próximos de 0,66, que é o sugerido por Skopp et al., (1990) para que ocorra uma boa atividade microbiana.

Quadro 13. Valores médios para retenção de água a pressões equivalentes à capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e capacidade de água disponível (CAD), e relação água retida na capacidade de campo e porosidade total (CC/Pt), nos perfis de Neossolos flúvicos do Rio Juruá, nas profundidades de 0 a 10 cm e 45 a 55 cm.

Horiz.	CC	PMP	CAD	CC/Pt
	..... m ³ m ⁻³			
Perfil 1	Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	0,311	0,248	0,062	0,61
3C ₃	0,343	0,279	0,064	0,65
Perfil 2	Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	0,434	0,358	0,076	0,86
5C ₅	0,370	0,266	0,103	0,67
Perfil 3	Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	0,332	0,182	0,151	0,67
2C ₂	0,441	0,368	0,073	0,81
Perfil 4	Neossolo Flúvico Ta eutrófico			
A	0,298	0,187	0,110	0,55
C	0,299	0,215	0,083	0,55

Nos Vertissolos verificaram-se valores elevados de densidade do solo (Quadro 14). Provavelmente, o alto grau de dispersão de argila do solo, favorecendo um

arranjoamento dos argilominerais, a migração a curta distância, com preenchimento de poros, e a contração e expansão desses solos promoveram esse maior adensamento.

Quadro 14. Valores médios de densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt) nos perfis de Vertissolo no Rio Juruá

Horiz.	Prof. (cm)	Ds ¹ kg dm ⁻³	Dp	Pt m ³ m ³
Perfil 1		Vertissolo Háptico órtico		
A	0 - 5	1,63	2,87	43,0
C _{v1}	5 - 40	1,67	2,61	36,0
C _{v2}	40 - 140	1,76	2,77	36,4
Perfil 2		Vertissolo Háptico órtico		
A	0 - 8	1,96	2,71	27,7
C _{v1}	8 - 40	1,92	2,72	29,4
C _{v2}	40 - 60	1,78	2,71	34,3
C _{v3}	60 - 120	1,59	2,69	40,1
Perfil 3		Vertissolo Háptico órtico		
A	0 - 5	1,63	2,62	37,8
C _{v1}	5 - 30	1,67	2,62	36,2

¹ Determinado pelo método do torrão parafinado.

Os valores de porosidade total apresentaram-se reduzidos, assumindo valores bem abaixo de 50 m³ m³, considerado como adequado para um solo de boas condições físicas (BAVER, 1956; BRADY, 1989). Esses altos valores de densidade podem reduzir o fluxo de massa e a difusão de diversos elementos (fósforo, por exemplo), resultando em menor disponibilidade de nutrientes (KEMPER et al., 1971), além de

constituir impedimento mecânico ao crescimento das raízes (BAVER, 1948, 1956, 1972).

5. CONCLUSÕES

Os Neossolos Flúvicos e Vertissolos do Rio Juruá apresentaram condições químicas muito favoráveis ao cultivo, com pH elevado, altos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e micronutrientes, e baixos teores de Al^{3+} , sendo caracterizados como solos eutróficos. Entretanto os teores de carbono orgânico foram muito baixos, devido ao baixo aporte vegetal.

Nas frações argila e silte dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos há o predomínio dos minerais primários mica, feldspato, olivina e plagioclásios, além de conteúdo significativo de esmectitas, vermiculitas, illita, caulinita e quartzo, refletindo a natureza geológica andina, onde o Rio Juruá tem sua nascente. Houve um predomínio da fração areia leve, que é composta predominantemente pelos minerais quartzo, feldspato, plagioclásio e rutilo.

Nos Neossolos Flúvicos e nos Vertissolos os teores de SiO_2 foram maiores que os de Al_2O_3 , resultando em valores de Ki elevados, indicando menor solubilização e saída de sílica do sistema, favorecendo a gênese e estabilidade de minerais de argila 2:1. Os teores de Fe_2O_3 foram baixos, e a relação Fe_o/Fe_d foi alta, indicando maior presença de formas menos cristalinas de ferro.

A fração areia dos Neossolos Flúvicos é composta basicamente por areia fina, seguidos por silte e em menor quantidade argila. Nos Vertissolos predomina as frações silte e argila. Houve elevados valores de argila dispersa em água, e o magnésio aparece como cátion de grande importância nesse fenômeno, principalmente nos Vertissolos.

Os Neossolos Flúvicos apresentaram boa porosidade, entretanto com baixa macroporosidade e elevada microporosidade, o que resultou em reduzida condutividade hidráulica e boa capacidade de retenção de água. Não obstante a baixa macroporosidade, os valores de resistência do solo à penetração foram baixos, não

representando impedimentos físicos para o crescimento radicular. Os valores de densidade do solo para os Vertissolos foram elevados, o que pode representar impedimentos físicos para o crescimento radicular.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'SÁBER, A.N. **A Amazônia: do discurso à práxis**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 319p.

ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre: recursos naturais e meio ambiente – 1ª fase**. Rio Branco - SECTMA, 2000. 280 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre**. Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 356p.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 25, p. 27-32, 2000.

ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO JR., E.S.; SOUZA, R.B.; FONSECA, C.A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 131 p.

AMARAL, E.F.; BORGES, K.H.; VALENTIM, J.F.; MICHELOTTI, F.; ARAÚJO, E.A.; SÁ, C.P. Populações rurais e tendências de uso dos recursos naturais – colonos, extrativistas, ribeirinhos e pecuaristas. In: ACRE. **Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA, 2000.V.II, Cap. 4, 79-133 p.

AMARAL, E. F.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; PINHEIRO, C. L. S.; BARDALES, N. G.; OLIVEIRA, M. V. & BEZERRA, D. C. F. **Ambientes com ênfase no solo: Rio Branco a Mâncio Lima**. Acre. Rio Branco/AC: Embrapa Acre. 2001. 187p.

ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. São Paulo: IAC, 2001. p. 240-250.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, v.46, p.2-37, 1991.

BRASIL. Ministério das Minas e Energias. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.18 Javari/Contamana; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1977. 420 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 898p.

BAVER, L.D. **Soil Physics**. Second edition. Jhon Wiley and Sons, Inc. N.Y.; Chappman e Hall Limited London, 1948. 398 p.

BAVER, L.D. **Soil Physics**. Third edition. Jhon Wiley and Sons, Inc. N.Y.; Chappman e Hall Limited London, 1956. 399 p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & CARDNER, W.R. **Soil Physics**. Jhon Wiley and Sons, Inc. N.Y.; Chappman e Hall Limited London, 1972. 498 p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & CARDNER, W.R. **Física de Suelos**. Centro Regional de Ayuda Técnica, Inc. México/Buenos Aires, 1973. 529 p.

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil Structure and management: a review. **Geoderma**, v.124: p.3-22, 2005.

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas, Fundação Gargil, 1983. 44p.

CANARACHE, A. Penet – a generalizad semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, v.16: p.51-70, 1990.

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

CAVALCANTE, L.M. Geologia do Estado do Acre. In: ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**. Rio Branco:SECTMA/IMAC., 2006, p.40 -53.

CHEN, P.Y. **Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of mineral in clays and associated rocks**. Indiana: Bloomington,1977. 65 p. (Department of Natural Resources Geological Survey Occasional Paper 21).

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A. & BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.311-324, 2003.

CORSINI, P.C. & FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.289-298, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise do solo**. Ministério da Agricultura, 1997. 212p.

FALESI, I. C. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. **Anais**, Belém, 1986. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1: 168-191 p, 1986.

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

FRAILEY, C.D.; LAVINA, E.L.; RANCY, A. & SOUZA FILHO, J.P. A proposed Pleistocene/Holocene lake in the Amazon basin and its significance to amazonian geology and biogeography. **Acta Amazônica**, v.18: p.119-143, 1988.

HAYNES, R.J. & NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. **Nutrition Cyclic Agroecosystem**, v.51, p.123-137, 1998.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e SOS AMAZÔNIA. **Plano de Manejo Fase 2 – Parque Nacional da Serra do Divisor**. Brasília, DF, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População. SIDRA – Sistema Automático de Recuperação de Dados**, 2005. (Site oficial do IBGE – <http://www.ibge.gov.br>) acesso dia 20/07/2007.

IRION, G. Clay minerals of Amazonian soils. In: **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. SIOLI, H., ed. Dordrecht, Dr. W. Junk Publishers, 1984. p.537-579 (Monographiae biologicae, v. 56).

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**; advance course. 2.ed. Madison, University of Wisconsin, 1974. 835p.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**; advance course. 2.ed. Madison, Prentice-Hal, 1979. 895p.

JORDAN, C.F. Soils of the Amazon Rainforest. In: PRANCE, G. T. e LOVEJOY, T. E (eds). **Key Environments: Amazonia**. Ed. Pergamon Press, England. 1985, p. 83-94.

KEMPER, W.D.; STENART, B.A. & PORTER, L.K. Effects of compaction on soil nutrient status. In: BARNES, K.K., ed. **Compaction of agricultural soils**. Michigan, ASEA, 1971. p.178-189.

KOHNKE, H. **Soil Physics**. McGraw-Hill Book Company, New York. 1968, 224p

LATRUBESSE, E.M.; RAMONELL, C.G.A climatic model for southwestern Amazonia in last glacial times. **Quaternary International**, v.21: p.163-169 p, 1994.

LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)

LIMA, H.D.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.R.G. & KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, v.35, p.317-330, 2005.

LIMA, H.D.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.R.G.; KER, J.C & LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.59-68, 2006.

McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate extractible Fe and Al as aid in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal Soil Science**, v.46, n. 1, p. 13-22, 1966.

MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.67-71, 1985.

MEHRA, J.P., JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, v.7: p.317-327 p, 1960.

MEROTTO Jr., A. & MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23:p.135-143, 1999.

MÖLLER, M.R.F. Mineralogia de argilas de solos da região Amazônica brasileira. In: **Simpósio do trópico úmido**, 1., Belém, 1984. Anais. Belém, Embrapa-CPATU, 1986. p.214-223.

MELLO, V.F. NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. & SCHAEFER, C.E.G.R. Potássio e magnésio das frações areia e silte de diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24,p.269-284, 2000.

MOURA P. & WANDERLEY, A. **Noroeste do Acre: reconhecimentos geológicos para petróleo**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro. Boletim 26. 176 p. 1938.

OLIVEIRA, H.; BARDALES, N.G.; AMARAL, E.F.; AMARAL, E.F.; LANI, J.L.& ARAÚJO, E.A. **Relatório da aptidão natural de uso da terra no estado do Acre**. Relatório II Fase ZEE/AC. 2006. 59 p.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; FIGUEIREDO, M.S. & REGAZZI, A.J. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.509-515, 1996.

RAIJ, B. van. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: RAIJ, B. van, ed. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. p.17-31.

RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.

REICHARDT, K. Capacidade de Campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 211-216, 1988.

RICE, H.B. & KAMPRATH, E.J. Availability of exchangeable and nonexchangeable Mg in sandy Coastal Plain soil. **Soil Science Society of American Journal**, v.32-p.386-388, 1968.

RIVA, R.D.D. **Densidade, porosidade, resistência a penetração e retenção de água em resposta ao arranjo e morfometria das partículas da fração areia.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 77p. (tese de mestrado).

ROSA, M.E.C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, L.M. & CORREIA, J.R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 911-923, 2003.

SAMPAIO, F.A.R.; FONTES, L.E.F., COSTA, L.M. & JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1161-1170, 2003.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 91p.

SCHOLES, M.A.; POWLSON, D. & TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**. v.79, p.25-47, 1997.

SILVA, J.R.T. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p. (Tese de Doutorado)

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; VALE JUNIOR, J. F.; MELLO J. W. V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Boletim Museu Paranaense Emílio Goeldi**, série Ciência da Terra, v.12: p.63-104 , 2000.

SCHAEFER, C.E.G.R. **Soils and Paleosols from northeastern Roraima, Amazonia: geomorphology, genesis and landscape evolution**. Reading, University of Reading, 1994. 353p. (Tese de Doutorado)

SIOLI, H. **Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica**. Belém, IPEAN, 1951. p.3-44. (IPEAN. Boletim Técnico, 24)

SONG, S.K. & HUANG, P.M. Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. **Soil Science Society of American Journal**, v.52,p.383-390, 1988.

SOIL SURVEY MANUAL. U.S. Dept. Agriculture Handbook no 18. **Soil Survey Staff**. Bureau of Plant Industry Soils, and Agricultura Enginnering. 1951. 403p.

SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxidos. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, B.A. & SCHWERTMANN, U., eds. **Iron in soils and clay mineral**. Dordrecht, Reidel, 1988. p.203-250.

TAYLOR, H.M; ROBERTSON, G.M. & PARKER, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, v.102:p.18-22, 1966.

WHITING, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTER, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 331-362. (Agronomy Series, 9).

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method or routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.19, p1467-1476, 1988.

2. CONCLUSÕES GERAIS

No ambiente de terra firme, o processo de ocupação antrópica a noroeste do Acre, com retirada da mata nativa e implantação de pastagens causou um impacto negativo sobre as propriedades físicas do Argissolo, evidenciado pelos maiores valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração, e redução da porosidade total e da condutividade hidráulica. A redução da porosidade pela compactação do Argissolo Vermelho-amarelo foi marcante sobre os macroporos, especialmente sobre a classe de poros maiores que 145 μm , ao passo que praticamente não houve alterações nos microporos. A compactação do solo foi mais intensa de 0 a 10 cm, menos evidente de 10 a 20 cm e não alterou o solo de 45 a 55 cm.

As mudanças estruturais causadas pela compactação nos Argissolos sob pastagem provocaram deslocamento para cima na curva de retenção de água a baixas tensões, bem como alteraram os valores de retenção de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente em superfície. Não obstante as alterações na retenção de água, a capacidade de água disponível para as plantas não se alterou entre os diferentes usos. A estabilidade de agregados não se alterou entre os usos avaliados, não refletindo, portanto, a degradação física ocorrida no Argissolo sob pastagens.

O abandono das áreas com pastagens para a formação de capoeira apresentou recuperação parcial das propriedades físicas do solo, demonstrando que o pousio e a formação de capoeira possui efeito benéfico sobre as propriedades físicas do Argissolo, em especial sobre a compactação do solo.

Com relação às características químicas, a transformação de mata em pastagem causou um impacto sobre as condições químicas do solo, levando a uma redução da acidez ativa (pH), trocável (Al^{3+}) e potencial (H+Al) na superfície dos Argissolos, com a implantação de pastagens. Os teores de P-disponível foram maiores na mata, devido a extração e a não reposição por fertilizantes. De maneira geral houve um enriquecimento

do Argissolo com nutrientes após a retirada da mata, em razão da liberação de nutrientes pelas cinzas, e em parte, pela ciclagem feita pela braquiária.

A retirada da mata e implantação de pastagem alterou negativamente os teores de carbono orgânico dos Argissolos sob as condições edafoclimáticas da região avaliada, sendo que esse impacto se distribuiu uniformemente sobre as frações húmicas. O pousio de 10 anos com capoeira não foi suficiente para recuperar os teores de carbono orgânico total do solo e das frações húmicas. O carbono da biomassa microbiana foi um compartimento mais sensível ao uso e manejo do que o carbono orgânico e as substâncias húmicas, reduzindo com a pastagem, mas sendo recuperado pela capoeira.

Nos geoambientes de várzea no Rio Juruá, tem-se que os Neossolos Flúvicos e Vertissolos apresentaram condições químicas muito favoráveis ao cultivo, com pH elevado, altos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e micronutrientes e baixos teores de Al^{3+} , sendo caracterizados como solos eutróficos. Entretanto os teores de carbono orgânico foram muito baixos, devido ao menor aporte vegetal, o que sugere que o N seja o elemento limitante da produção neste ambiente.

Nas frações argila e silte dos Neossolos Flúvicos e Vertissolos há o predomínio dos minerais primários mica, feldspato, olivina e plagioclásios, além de conteúdo significativo de esmectitas, vermiculitas, ilita, caulinita e quartzo, refletindo a natureza geológica andina, onde o Rio Juruá tem sua nascente. Houve um predomínio da fração areia leve, que é composta predominantemente pelos minerais quartzo, feldspato, plagioclásio e rutilo.

Nos Neossolos Flúvicos e nos Vertissolos os teores de SiO_2 foram maiores que os de Al_2O_3 , resultando em valores de Ki elevados. Os teores de Fe_2O_3 foram baixos, e a relação Fe_o/Fe_d foram altas, indicando maior presença de formas menos cristalinas de ferro.

A fração areia dos Neossolos Flúvicos é basicamente composta de areia fina, sendo a principal fração textural encontrada nestes solos, seguidos por silte e em menor quantidade argila. Nos Vertissolos predomina as frações silte e argila indicando maior

desenvolvimento pedogenético. Houve elevados valores de argila dispersa em água, e o magnésio aparece como cátion de grande importância nesse fenômeno, principalmente nos Vertissolos.

Os Neossolos Flúvicos apresentaram boa porosidade, entretanto com baixa macroporosidade e elevada microporosidade, o que resultou em reduzida condutividade hidráulica e boa capacidade de retenção de água. Não obstante a baixa macroporosidade, os valores de resistência do solo à penetração foram baixos, não representando impedimentos físicos para o crescimento radicular. Os valores de densidade do solo para os Vertissolos foram elevados, o que pode representar impedimentos físicos para o crescimento radicular.