



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-POSAGRO

DEISY CAMILA GOLFETTO

ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO PELA
CONVERSÃO DA FLORESTA NATIVA EM SISTEMAS DE USO AGRÍCOLA NA
REGIÃO DA SERRA DA LUA, ESTADO DE RORAIMA

BOA VISTA
RORAIMA – BRASIL
2010

DEISY CAMILA GOLFETTO

**ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
DO SOLO PELA CONVERSÃO DA FLORESTA NATIVA EM SISTEMAS DE USO
AGRÍCOLA NA REGIÃO DA SERRA DA LUA, ESTADO DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima em Parceria com a Embrapa Roraima.

Orientador: Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior

Boa Vista
Roraima - Brasil

2010

**Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Roraima**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

G626a Golfetto, Deisy Camila.
 Alterações das características químicas do solo pela
 conversão da floresta nativa em sistemas de uso
 agrícola na região da Serra da Lua, Estado de Roraima /
 Deisy Camila Golfetto. – Boa Vista, 2010.
 74f. : il.

 Orientador: Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
 Roraima, Área de Concentração Produção Vegetal.

 1 - Propriedades químicas 2 – Mudança no uso do
 solo . 3 – Amazônia brasileira I - Título. II.- Vale
 Júnior, José Frutuoso.

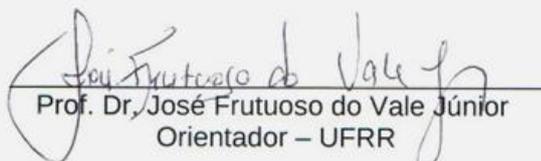
CDU – 631.412

DEISY CAMILA GOLFETTO

Alterações das características químicas do solo pela conversão da floresta nativa em sistemas de uso agrícola na região da Serra da Lua, Estado de Roraima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Aprovada: 29 de setembro de 2010.


Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
Orientador – UFRR


Profa. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa
Co-orientadora - UFRR


Prof. Dr. Armando José da Silva
UFRR


Pesquisador Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa
INPA

DEDICATÓRIA

À minha família, meus queridos tios: Vera e Darcir Zandoná;
À minha mãe: Marilaine Cenci;
Ao meu companheiro: Romito Hoffmann;
Aos meus irmãos: Anna Paula Golfetto e Carlos Eduardo Zandoná.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu senhor, pela sabedoria concedida à humanidade para entender a natureza.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal da Universidade Federal de Roraima -, pela oportunidade e formação acadêmica.

À Universidade Federal de Roraima e EMBRAPA Roraima, pelo suporte técnico.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPQ -, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior, por conceder-me a realização deste estudo, pela orientação, amizade, compreensão e pelo imenso apoio e incentivo nas longas conversas aos domingos, fundamentais na evolução da minha vida acadêmica e profissional.

À Prof^a. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa, pela coorientação, fundamental para a execução deste trabalho, pela amizade e pelo imensurável incentivo contribuindo para meu aprendizado e amadurecimento.

Ao Pesquisador Dr. Gilvan e ao Professor Dr. Armando, pela ajuda e considerações no desenvolvimento deste trabalho, e a todos os professores do programa de Mestrado.

A Universidade Federal de Viçosa -UFV- em especial aos Programas de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas e Fitotecnia, em especial ao Prof. Dr. Carlos Ernesto R. Schaefer, pela oportunidade, atenção e realização das análises químicas; também ao aluno de Doutorado, Rodrigo, e aos funcionários da UFV pelo acolhimento, dedicação e envolvimento com o trabalho.

Ao Sr. Walter Volgel, pela concessão de sua fazenda; ao Sr. Vendelino José Kroetz e aos funcionários da Fazenda Umirizal, que de alguma forma se envolveram para a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas do mestrado, aos servidores e alunos do curso de Agronomia, pelo inestimável apoio e convívio, em especial a Maria Elena Ivanoff e a minha companheira Gabriela Almeida pela amizade, convívio e ajuda incondicional para a finalização do curso

À funcionária do laboratório de solos da UFRR, Semirames, pelas incansáveis dicas e caronas, principalmente pela amizade formada durante o período de realização do trabalho.

Aos amigos Jucelaine, Alfredo, Manuela e Guilherme Schimdt Prym, por nos acolher como membros de sua família em Roraima.

À pesquisadora Gilmara pela estadia na cidade de Viçosa-MG.

A Didi por estar ao meu lado em todas as horas em que escrevi este trabalho e noutros tantos de minha vida diária.

Muito Obrigada!

*“(...) devem ensinar às crianças que o SOLO a seus pés é a cinza de nossos avôs,
Para que respeitem a Terra, digam a seus filhos:
Que a Terra é enriquecida com as vidas de nosso povo.
Ensinem as suas crianças o que ensinamos as nossas:
Que a Terra é a nossa mãe.
Tudo o que ocorrer com a Terra ocorrerá com os filhos da Terra.
Se os homens desprezam o SOLO, estão desprezando a si mesmos (...)”.*

(Trecho da carta de um chefe da tribo Seattle ao
presidente dos Estados Unidos de América do Norte,
em 1854.)

BIOGRAFIA

DEISY CAMILA GOLFETTO, filha de Adelino Golfetto e Marilaine Cenci. Nascida em 18 de fevereiro de 1984, na cidade de Sarandi, Estado do Rio Grande do Sul.

Concluiu o Ensino Médio no Colégio Marista Nossa Senhora da Conceição, no ano de 2001, na cidade de Passo Fundo, Estado do Rio Grande do Sul. Ingressou no Curso de Química Bacharel na Universidade de Passo Fundo - UPF/RS -, em 2003 e o concluiu em 2007. Foi bolsista da Embrapa - Unidade Trigo no ano de 2004; do Pibic, nos anos de 2004 e 2005; estagiária da Empresa Semeato S/A no ano de 2005, e da UPF, no laboratório de análises de solos, tecidos vegetais e fertilizantes químicos e orgânicos, nos anos de 2005 e 2006 sendo efetivada como funcionária no ano de 2007.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade Federal de Roraima-UFRR.

GOLFETTO, Deisy Camila. **Alterações das características químicas do solo pela conversão da floresta nativa em sistemas de uso agrícola na região da Serra da Lua, Estado de Roraima.** 2010.74f. Dissertação de Mestrado / Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

RESUMO

As mudanças no uso da terra como a conversão de ecossistemas naturais em agroecossistema provocam alterações significativas nas propriedades químicas do solo. Nos últimos 40 anos, essa prática tem ocorrido de forma mais intensa no bioma Amazônico. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito nos diferentes sistemas de uso agrícola em três profundidades sobre as características químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo. Os objetivos específicos foram: avaliar as características químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo com diferentes sistemas de uso e quantificar o teor de matéria orgânica do solo entre os diferentes sistemas de uso, tendo a floresta nativa como referência. Os agroecossistemas selecionados estão localizados na fazenda Umirizal, pertencente ao município de Bonfim, no Estado de Roraima, (2° 33'36"e 2° 43' 12"). As amostragens de solo foram realizadas em dezembro de 2008, em cinco diferentes manejos: floresta nativa (FN), sistema de pastagem em estágio de pousio (PP), sistema de pastagem em estágio de abandono (DA), sistema de plantio convencional (PC), sistema de cultivo mínimo (CM). O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, sendo os sistemas alocados às parcelas e as profundidades, às subparcelas. As amostras de solo foram coletadas nas seguintes profundidades: 0-10, 10-20, 20-40cm. Os resultados indicaram que a conversão de floresta nativa para sistemas de cultivo não promoveu alterações expressivas nas propriedades químicas do solo, apesar do aporte de fertilizantes químicos e revolvimento do solo. A maioria dos atributos químicos permaneceu abaixo do nível crítico (classe baixa), exceto o cálcio trocável no sistema DA, que passou para a classe de fertilidade média. As bases trocáveis e consequentemente a soma de bases encontraram-se mais destacadas na camada 0 – 10 cm. A acidez ativa foi menor nos sistemas DA e PP em relação à Floresta Nativa e acidez potencial foi menor na Floresta Nativa, havendo uma diminuição em profundidade, também para os outros sistemas estudados. A mineralização da matéria orgânica e as cinzas oriundas da queima dos restos da vegetação nativa proporcionaram melhorias nos atributos químicos do sistema DA superando os da Floresta Nativa. Em todos os sistemas houve maior aporte da matéria orgânica e consequentemente maior valor de CTC efetiva e total na camada superficial. O maior aporte de fósforo disponível foi no plantio convencional sendo o maior acúmulo em superfície para todos os sistemas decrescendo em profundidade. Os solos, independentemente do sistema, apresentaram valores de fósforo remanescente, em sua maioria alto, principalmente nos horizontes superficiais, o que resulta em baixa capacidade de adsorção de fosfato.

Palavras-chave: Propriedades químicas; mudança no uso do solo; Amazônia brasileira.

GOLFETTO, Deisy Camila. **Changes in soil characteristics by converting native forest into agricultural land use systems Serra da Lua region, Roraima State.** 2010. Master's Degree Dissertation in Agronomy – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010 Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

ABSTRACT

Land use changes such as conversion of natural ecosystems to agro ecosystems are shown to cause alterations in the the soil chemical characteristics. Over the last 40 years, land deforestation has occurred more intensively in the deforestation arc of Amazonian. The main objective of this research was to study soil chemical characteristics of red-yellow ultisol under differents land uses, in Roraima state, Northern Amazon, Brazil. The specific objectives were evaluate soil chemical characteristics of red-yellow ultisol under differents land uses havend native forest as reference and to measure the levels of soil organic matter (SOM) under differents land uses havend native forest as reference. The selected agro ecosystems of this study are located on the farm Umirizal the Bonfim city, Roraima States, (2° 33'36''e 2° 43' 12''). Soil samplings were realized during december 2008, according to five treatments: native forest (FN), pasture fallow sistem (PP), pasture abandoned (DA); conventional tillage system (PC); Minimum tillage system (MT). An entirely random design with subdivided plots with five replicates, was used, and the systems allocated plots and subplots depths. Soil samples were collected in the following soil depths: 0-10; 10-20; 20-40 cm. Results showed that conversion of native forest for farming systems did not cause significant changes in the chemical properties of soils. The conversion of native forest for farming systems did not cause significant changes in soil chemical properties, despite the input of chemical fertilizers and soil disturbance. Most of the chemical remained below the critical level (lower class), except for exchangeable Ca in the DA system now for the class of medium fertility. The exchangeable bases and therefore the sum of bases found to be more prominent in the layer 0-10 cm. The active acidity was lower in DA and PP systems in relation to the Native Forest and potential acidity was lower in Native Forest, with a decrease in depth, also for other systems studied. The mineralization of organic matter and ash derived from burning the remains of the native vegetation provided improvements in chemical properties of the DA system surpassing the Native Forest. All systems were the major input of organic matter and consequently higher amount of total and effective CEC in the surface layer. The larger input of available phosphorus was in conventional tillage and the highest accumulation at the surface for all systems decreasing in depth. The soils, regardless of the system, gave values of phosphorus, mostly high, especially in the horizon surface, which results in low capacity to absorb phosphate.

Key-words: Chemical properties; Change in land use; Brazillian Amazon;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO GERAL	3
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3.	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SOLO.....	4
3.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	5
3.3	ALTERAÇÕES QUÍMICAS E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO PELA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS	11
3.3.1	Derrubada e queima da floresta para a implantação de cultivos.	11
3.3.2	Pastagem	14
3.3.3	Agricultura	16
3.3.3.1	Alterações nos teores de matéria orgânica do solo devido aos sistemas de preparo do solo na implantação das culturas anuais.....	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....	21
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....	21
4.2.1	Caracterização climática	21
4.2.2	Caracterização geomorfo-pedológica da região Serra da Lua	22
4.2.3	Caracterização pedológica da área experimental	22
4.3	DESCRIÇÕES DOS AGROECOSSISTEMAS ESTUDADOS.....	23
4.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
4.5	AMOSTRAGEM.....	28
4.5.1	Preparo das amostras	28
4.6	ANÁLISES QUÍMICAS.....	28
4.6.1	pH	29
4.6.2	P- disponível e K-disponível	29
4.6.3	P remanescente	29
4.6.4	Ca-trocável, Mg-trocável e Acidez trocável	30
4.6.5	Acidez Potencial (H + Al)	30
4.6.6	Determinação da Matéria Orgânica do Solo (MOS)	30
4.6.7	Soma de bases; Capacidade de troca de cátions; Saturação por bases; Saturação por alumínio	30
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	32
5.2	COMPLEXO DE TROCA.....	33
5.3	ACIDEZ DO SOLO.....	38
5.4	P- DISPONÍVEL E P- REMANESCENTE.....	40
6	CONCLUSÕES	43
7	REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Teores de cálcio, magnésio, potássio e soma de bases em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008.....	34
TABELA 2	Saturação por bases, CTC efetiva e CTC total em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0 -10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008	37
TABELA 3	pH em água, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m%) em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008.....	39
TABELA 4	Fósforo disponível e fósforo remanescente (P-rem) em amostras de Argissolos Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0- 10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008.....	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização da área do estudo.....	21
FIGURA 2	Perfil do Argissolo Vermelho-Amarelo da fazenda Umirizal..	23
FIGURA 3	Sistema de floresta nativa.....	24
FIGURA 4	Sistema de pastagem em recuperação.....	25
FIGURA 5	Sistema de pastagem abandonada.....	25
FIGURA 6	Sistema de plantio convencional.....	26
FIGURA 7	Sistema de plantio direto.....	27
FIGURA 8	Figura representativa da distribuição dos pontos de coletas (trincheiras) ao longo de um transecto de 100m em uma área de 1 ha (100m x 100m).....	28
FIGURA 9	Teores de matéria orgânica em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra e três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre as profundidades e minúsculas entre os sistemas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	32

1. INTRODUÇÃO

A ocupação da Amazônia tem ocorrido de forma desordenada, nos últimos quarenta anos, modificando a cobertura vegetal original de floresta por áreas agricultáveis para a produção de alimentos. (LONGO; SPÍNDOLA, 2000, MATIAS 2003).

O modelo de ocupação das terras no processo de expansão da fronteira agrícola consiste no desmatamento e na remoção de madeiras de interesse econômico, promovendo a queima, adoção de mecanização e cultivo intensivo de culturas anuais e/ou perenes como pastagens, as quais levam a alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo ou não desencadear um processo de degradação. Além disso, esse modelo promove um sistema de agricultura itinerante, muito usual na ocupação das áreas da Amazônia (NEVES JUNIOR, 2005). O resultado é uma pressão de incorporação de novas terras, inclusive em áreas de reserva extrativista, onde a pecuária de leite tem se apresentado como opção de trabalho e renda para o pequeno produtor, outrora extrativista (SALISBUR; SCHMINK, 2007).

Estudos sobre o ecossistema da floresta têm mostrado que os solos dela são na maioria de baixa fertilidade natural, devendo sua sobrevivência e produtividade à alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições edafoclimáticas e nutricionais do solo (NUMATA, 2002). Essas espécies teriam uma baixa demanda por nutrientes minerais e dependeriam, então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta (FERNANDES et al., 1997; FERREIRA et al., 2001, FERREIRA et al., 2006). A formação da camada de serapilheira dessas florestas no solo reflete o equilíbrio entre produção e decomposição no sistema, gerando um equilíbrio químico natural (MALAVOLTA, 2002).

Nas áreas convertidas em agricultura e a não utilização de fertilizantes e corretivos acarreta um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores da Amazônia, onde o uso do fogo é amplamente difundido como manejo do solo (ALFAIA; SOUZA, 2002). As queimadas também são agentes altamente eficientes de mineralização, havendo conseqüente aumento na disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas, principalmente em profundidades menores que

cinco (5) cm no solo, atribuindo isso às cinzas resultantes do fogo que contêm alta concentração de P, K e Ca (JUO; MANU, 1996; GIARDINA et al., 2000; DESJARDINS et al., 2000). Dessa forma ocorrem decréscimos nos teores de Al, fato que pode resultar no primeiro e/ou segundo ano de cultivo em uma produção razoável, tanto na biomassa vegetal das pastagens como nas colheitas de grãos (DIEZ et al., 1997; DESJARDINS et al., 2000; BONILLA, 2005).

O desmatamento também afeta o conteúdo de carbono do solo (MARTINS et al., 1991; FEIGL, 1994, MORAES, 2002), causando quebra no seu ciclo (MALAVOLTA, 1987) devido à entrada fotossintética do gás carbônico e à decomposição acelerada e contínua da matéria orgânica do solo (MOS), realizada pelos microorganismos. Por esse motivo, a produtividade dos ecossistemas naturais e de agrossistemas introduzidos é altamente dependente da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na serapilheira dos solos. O balanço entre produtividade primária e perdas por lixiviação, erosão, volatilização e exportação de nutrientes pelas culturas reflete na sustentabilidade agronômica (FEARNSIDE, 1993).

A conversão de floresta para pastagem também pode resultar na mudança da qualidade e quantidade de matéria orgânica e outras propriedades químicas e físicas do solo (PEREIRA et al, 2000; BATJES, 2004; MARKEWITZ et al., 2004; MOREIRA; MALAVOLTA, 2004; FARIA, 2010), devido, principalmente, à introdução de uma nova fonte, oriunda de decomposição de resíduos vegetais derivados da gramínea (CERRI et al., 1991; BERNOUX et al., 1998).

Os efeitos das mudanças do uso da terra sobre as propriedades químicas e quantidade da matéria orgânica do solo nos cultivos itinerantes e de pastagens ainda não são bem compreendidos. Além disso, a escolha do manejo adequado do solo é o primeiro passo para o sucesso na agricultura, principalmente nos solos da Amazônia, visto até como um promotor da sustentabilidade da agricultura nos trópicos (FERNANDES et al., 1997; SCHAEFER; VALE JÚNIOR 1997; MARTINS, 2001; VALE JÚNIOR, 2000; PEREIRA et al, 2000; MARKEWITZ et al., 2004; MELO et al, 2006, FARIA, 2010).

A hipótese deste estudo é de que o solo com vegetação nativa transformado em área de pastagem e cultivos agrícolas sofre degradação nas suas propriedades, principalmente nos atributos químicos, sendo as alterações diferenciadas nas porções superficiais e em profundidade.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito nos diferentes sistemas do uso agrícola em três profundidades sobre as características químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo, na região da Serra da Lua, Estado de Roraima.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1.1 Verificar os teores das bases tocáveis (Ca^{++} ; Mg^{++} ; K^+);

2.1.2 Verificar os teores de P-disponível e P-remanescente;

2.1.3 Verificar os teores de Al trocável;

2.1.4 Verificar a faixa do pH em água e do pH em KCl;

2.1.5 Verificar a acidez potencial (H + Al);

2.1.6 Determinar Δ pH;

2.1.7 Determinar a soma de bases, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (%V) e a saturação por alumínio (%m);

2.1.9 Determinar o carbono orgânico total;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SOLO

O solo é um recurso natural e vital para o funcionamento do ecossistema terrestre e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Nas atividades relacionadas à agricultura e ao meio ambiente, o solo tem a função de prover um meio para o crescimento vegetal e *habitat* para animais e microrganismos, regular o fluxo de água no ambiente e servir como “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente. Os principais componentes do solo incluem minerais inorgânicos, partículas de areia, silte e argila, formas estáveis de matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, por exemplo, minhocas, insetos, bactérias, fungos, algas e nematóides de vida livre (LARSON; PIERCE, 1994).

No entanto, o desenvolvimento da agricultura nos ambientes tropicais evolui à custa da deteriorização progressiva dos recursos naturais em função da perda da biodiversidade associada à remoção da vegetação original e consequente degradação do solo e da redução da fertilidade e aumento da erosão. A definição de um manejo sustentável requer, portanto, o entendimento do funcionamento do ecossistema em resposta às práticas agrícolas utilizadas, tanto no que diz respeito à produção, quanto no que envolve o ambiente (GUALBERTO et al., 2003).

Os solos das regiões tropicais em sua maioria caracterizam-se por apresentar pobreza química com baixos teores de nutrientes minerais e matéria orgânica, indicando baixa fertilidade, devido às altas temperaturas e precipitações, constituindo-se em uma das principais limitações para produção agrícola com acidez elevada, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de Ca, Mg, N, K, P e também a alta capacidade desses solos para fixar o P aplicado como fertilizante, ou seja, tornar o P indisponível para a planta (JORDAN, 1985; VALE JÚNIOR, 2000; BISSANI et al., 2004).

Grande parte da região norte do Brasil está localizada dentro do ecossistema amazônico, o qual apresenta um território de planícies e baixos planaltos, clima equatorial com calor permanente e alto teor de umidade sendo caracterizada como uma região tropical (FERREIRA et al., 2001; FERREIRA et al., 2002; FERREIRA et

al., 2004) a qual possui grande diversidade geológica, aliada ao relevo e clima é constituída por várias classes de solos (SCHAEFER, 1994; SCHAEFER; VALE JÚNIOR; 1997; LAURANCE et al., 1999; VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2003; EMBRAPA, 2006) sendo a presença de Argissolos bastante significativa cobrindo 24,8 % de sua área total. Outra parte significativa são solos classificados como Latossolos com 24,6% de sua área (BATJES; DIJKSHOORN, 1999).

Os Argissolos são solos que apresentam horizonte B textural, não plíntico, com argila de atividade baixa ou alta, com perfis bem desenvolvidos, profundos e medianamente profundos, bem ou moderadamente drenado, apresentando uma sequência de horizontes do tipo A-Bt-C ou A-E-Bt-C. Os horizontes superficiais são mais arenosos do que os horizontes subsuperficiais, quase sempre de textura argilosa, evidenciando gradiente textural B/A, normalmente superior a 1,5, mostrando evidência de iluviação de argila pela alta relação textural e/ou revestimento das unidades estruturais com filmes de materiais coloidais translocados (cerosidade) (EMBRAPA, 2007).

O Estado de Roraima situa-se no extremo norte do Brasil, dentro do bioma Amazônico, ocupando uma área de 225.116 km², a qual representa 2,64% do território nacional e 5,81% da região em que se situa. 72% de sua superfície são revestidas pela Floresta Amazônica em área de transição com savana, que recobre as porções meridional e ocidental do estado e 28% correspondem aos campos cerrados da porção setentrional e oriental (INPE, 2009).

O Estado de Roraima apresenta uma área de 108.991 ha ocupada com a agricultura e 322.914 ha com pastagem (IBGE, 2006). O desmatamento entre os anos de 2000 a 2008 foi de 2.679 km², sendo estimado no ano de 2009 em 116 km² (INPE, 2009).

Os principais tipos de solos, nesse Estado são os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho Amarelos, Plintossolos, Planossolos e Neossolos Quatzarênicos Hidromórficos (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2002; BENEDETTI, 2007), com predominância de solos caulíníticos, distróficos e álicos, podendo apresentar problemas físicos como coesão, drenagem e químicos como a baixa fertilidade para a produção agrícola. (EMBRAPA, 2006).

3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

De modo geral, os solos tropicais brasileiros apresentam elevada acidez, alta saturação em Al e Fe trocáveis, associados à baixa concentração de nutrientes, principalmente fósforo disponível, Ca e Mg (FERNANDES et al., 2003). É, no entanto, possível aumentar a concentração dos nutrientes no solo através da incorporação de fertilizantes químicos e orgânicos podendo tornar o solo fértil para a produção agrícola.

A maneira técnica e econômica mais adequada de se fornecer Ca e Mg ao solo é por meio da calagem (WERNER, 1994; ERNANI et al., 1998). A calagem também tem outras funções como elevar os valores de pH do solo, reduzir a atividade de Al e Fe, aumentar a disponibilidade de nutrientes, notadamente o P, elevar a atividade microbiana, melhorar o ambiente radicular e restaurar a capacidade produtiva dos solos (MARSCHNER; WILCZYNSKI, 1991; FERNANDES et al., 2003; CAIRES et al., 2005). No entanto, a prática corretiva da calagem em pastagens na Amazônia apresenta controvérsias técnicas, ainda não elucidadas, quanto aos métodos de recomendação e às respostas em produtividade, uma vez que esta nem sempre traz efeitos positivos (LUZ et al., 2004).

Segundo Oliveira et al. (2004), quando o agroecossistema está muito degradado e o solo bastante exaurido pode não haver resposta à calagem, pois não há elementos minerais presentes no solo (N, P, K e micronutrientes) para serem colocados em disponibilidade - quando existir teores desses elementos no solo, caracterizando algum índice de fertilidade, apenas a calagem pode produzir aumentos de produção da forrageira.

Barizon (2001) e Soratto e Crusciol (2008), estudando a aplicação de calcário em superfície, num Latossolo Vermelho distroférico, verificaram o efeito da calagem superficial na diminuição da acidez potencial e a elevação do pH apenas na camada superficial (0 - 0,05 m), na implantação do sistema plantio direto.

A toxicidade do alumínio é um dos principais fatores limitantes à produção vegetal em solos ácidos (RITCHIE, 1995), devido às dificuldades de incorporação do calcário em profundidade, inibe o crescimento radicular, diminuindo a tolerância à seca e interferindo na absorção e translocação de nutrientes essenciais, como fósforo, cálcio, magnésio e potássio (FOY, 1976; ZANATTA; MUNDSTOCK, 1991).

O alumínio é liberado da fração mineral do solo para a solução do solo sob condições ácidas, pela troca catiônica entre os íons H^+ e Al^{3+} na composição química da argila, ficando disponível como $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_2^{2+}$ e $Al(OH)_2^{3+}$, este

último também referido como alumínio trocável - Al^{3+} (KINRAIDE, 1991), as quais são as principais formas responsáveis pela fitotoxicidade em pH 4,0 a 5,0 (PAVAN et al., 1982).

A interação entre o alumínio (Al) e a matéria orgânica (MO) é uma das reações que mais influencia as propriedades dos solos ácidos (URRUTIA et al., 1995); já a fração orgânica do solo possui a capacidade de complexar cátions, entre eles o Al^{3+} (VANCE et al., 1996). De acordo com Amaral et al. (2000), resíduos vegetais deixados na superfície do solo tendem a diminuir a acidez e a reduzir o efeito tóxico do alumínio, onde o efeito negativo promovido pela acidez do solo e pela toxidez por Al^{3+} na produção agrícola não tem sido observado na maior parte dos solos cultivados no sistema de plantio direto (CAIRES et al., 2005; CAIRES et al., 2006; ALLEONI et al., 2003, ALLEONI et al., 2005).

Desse modo, no sistema plantio direto (SPD), devido aos maiores teores de matéria orgânica do solo do que no sistema convencional (PC) de cultivo do preparo do solo (LOVATO et al., 2004), a quantidade de Al complexado (Al-MO) torna-se de acentuada importância. Cambri (2004) constatou, nas amostras de solos cultivados sob sistema de plantio direto, em diferentes localidades brasileiras, que o polímero Al-MO predominou sobre a forma trocável do alumínio (Al^{3+}).

A capacidade de neutralização da acidez do solo está associada à complexação com os ácidos orgânicos dos resíduos vegetais, aos teores de cátions e CO solúvel, (ZAMBROSI et al., 2007); já a biodisponibilidade e o potencial tóxico dos elementos no ambiente dependem de sua especiação na solução do solo (CANCÈS et al., 2003). No entanto, a acidificação, o revolvimento do solo e a decomposição de MO podem favorecer a alteração da forma não trocável do Al para formas mais disponíveis às plantas (ZAMBROSI et al., 2007)

A complexação do alumínio pelos ligantes orgânicos pode parecer à reação mais importante sob o ponto de vista da redução da sua fitotoxidez, pois a quantidade de Al complexado é dependente do pH (HARGROVE; THOMAS, 1981), e com a elevação do pH ocorre a formação de hidróxidos de alumínio para formar complexos com os ligantes orgânicos (VANCE et al., 1996). O grande potencial de produção de ligantes orgânicos solúveis no sistema de plantio direto faz com que grande parte do alumínio solúvel, nesse sistema, se encontre na forma de Al-ligante orgânico (SALET et al., 1999).

Geralmente, resíduos de culturas, a do milho, por exemplo, apresentam menor capacidade de neutralização da acidez do solo devido à retirada de resíduos vegetais ou dos produtos colhidos, assim como a redução dos teores de cátions e carbono solúvel com o avanço da idade fisiológica da planta (MIYAZAWA et al., 2000).

A fonte natural do potássio provém do intemperismo dos minerais feldspatos, micas e outros, assim como dos minerais de argila (ERNANI, 2004). Ocorre em maior concentração nos arenitos e calcários, variando no solo de acordo com o material do qual se originou (MELLO et al., 1989; SILVA et al., 1995).

O potássio é absorvido como cátion monovalente (K^+), presente na solução do solo. Essa forma está em equilíbrio com outra conhecida como trocável, que fica adsorvida aos colóides (orgânicos e minerais), devido à capacidade de troca catiônica desses materiais – as duas formas são consideradas disponíveis para as plantas, ou seja, são sujeitas à absorção (TANAKA et al., 1993). A disponibilidade de K não-trocável, em solos, está associada à mineralogia das frações texturais (MELO et al., 2000; MELO et al., 2003) e, nos solos tropicais bastante intemperizados, espera-se que estas correspondam às frações mais resistentes ao intemperismo como a areia.

Muzzili (1983) observou distribuição similar do K no solo nos sistemas de plantio direto e plantio convencional de culturas. Santos et al. (2003) observaram, após sete anos, que os teores de K foram mais elevados nas camadas superficiais dos preparos reduzidos. Sidiras e Pavan (1985) observaram maior distribuição do elemento no perfil do solo, no sistema com cobertura permanente e no plantio direto, devido provavelmente à maior infiltração de água observada nesses tratamentos - isso porque o K ocorre livre nos tecidos vegetais, podendo ser facilmente removido pela água após a senescência. (MIELNICZUK, 2005).

O fósforo é encontrado nas rochas, nos minerais e na matéria orgânica do solo. É usado pelas plantas para a reprodução e transformação de energia, e essencial para o crescimento (RHEINHEIMER, 2000). É um elemento limitante para a produção agrícola e de pastagens na Amazônia brasileira (VALE JUNIOR, 2000) – o nível dele é baixo em praticamente todos os solos na Amazônia brasileira (FEARNSIDE, 1984, 1986; SCHAFFER, 1994; SCHAFFER; VALE JÚNIOR 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO et al., 2006).

Na Amazônia brasileira, em pastagens formadas em áreas originalmente sob floresta, que sofreram corte e queima, a disponibilidade inicial do fósforo no solo é relativamente alta, devido à deposição das cinzas e à decomposição de resíduos de vegetação original (FALESI, 1976; GARCIA-MONTIEL et al., 2000; VALE JÚNIOR, 2000). Entretanto, ao contrário de outros nutrientes, geralmente mantidos em níveis mais ou menos estáveis no solo da pastagem, a disponibilidade de fósforo frequentemente diminui com o tempo (FALESI, 1976; TOWNSEND et al., 2003; ASNER et al., 2004), causa de a manutenção de níveis adequados de fósforo disponível no solo ser um dos maiores desafios do manejo de pastagens na Amazônia (DIAS-FILHO, 2005).

Em geral, solos sob preparo conservacionista apresentam maior concentração de P disponível na camada superficial e estratificação no perfil, com redução acentuada da concentração à medida que aumenta a profundidade (CENTURION et al., 1985). Lal et al. (1990), em experimento com duração de 12 anos, encontraram concentração 2,42 vezes maior de P disponível em sistema de plantio direto comparado com sistema de plantio convencional na camada de 0-10 cm; na camada de 10-50 cm, a concentração foi maior no plantio convencional. Os ácidos orgânicos, que se acumulam na superfície do solo sob sistema de plantio direto, podem contribuir efetivamente na complexação de grande parte do Al^{3+} em solução (ANGHINONI; SALET, 1998; SALET et al., 1999).

Dos macronutrientes, o P é o elemento que possui a menor mobilidade e tem apresentado os maiores acréscimos, com resultados da ordem de quatro a sete vezes em seu teor no plantio direto em relação ao plantio convencional, na camada de 0-5 cm (NÚÑEZ et al., 2003). Ciotta et al. (2002), em experimento conduzido durante 21 anos, verificaram que no solo sob plantio convencional a incorporação dos adubos fosfatados com arações e gradagens, além de intensificar as reações de adsorção, promoveu maior distribuição de P na camada arável (0-20 cm). Por outro lado, o acúmulo de P na camada superficial do solo sob plantio direto resulta da aplicação de fertilizantes fosfatados, da liberação durante decomposição dos resíduos de plantas e animais, da diminuição da fixação, em decorrência do menor contato deste elemento com os constituintes inorgânicos do solo, e da menor erosão (SANTOS et al., 2003).

O revolvimento do solo sob plantio convencional promove maior contato entre o íon fosfato e a superfície dos colóides inorgânicos, favorecendo as reações de

adsorção e a redução de sua disponibilidade para as plantas (SANTOS et al., 2003). O principal motivo da adsorção está relacionado com a característica da fração argila dos solos brasileiros, constituída principalmente por argilas do tipo 1:1, como a caulinita, e por óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Nesses colóides da fração argila, a formação de cargas negativas é dependente do pH, e em condições abaixo do ponto de carga zero (PCZ), há predominância de desenvolvimento de cargas positivas (RHEINHEIMER, 2000). Daí a elevada afinidade do íon fosfato na superfície desse grupo de colóides inorgânicos, que favorece o mecanismo de adsorção através de complexos de esfera interna (SPOSITO, 1989).

A adição de fertilizantes fosfatados em solos sob plantio direto promove a saturação dos sítios de adsorção de P, razão pela qual o P permanece na forma disponível por mais tempo (RHEINHEIMER et al., 2003). Esse aumento de P no solo pode também resultar na formação de compostos de baixa solubilidade [AlPO_4 ; $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$] que se precipitam (RAIJ, 1991; NOVAIS; SMYTH, 1999), de acordo com sua atividade química e, assim, contribui para a inativação de parte do Al^{3+} em solução, reduzindo a sua toxidez para as plantas (WRIGHT et al., 1991).

A maioria dos estudos mostram que o P disponível aumenta somente no momento inicial após a conversão da floresta em pastagem, mas tende a diminuir com o tempo. Alguns estudos, avaliando as frações de P em sucessões de solos, mostram que há ocorrência de um aumento nas frações orgânicas de P e redução do fósforo total (formas oclusas) (GARCIA-MONTIEL et al., 2000; TOWNSEND et al., 2002).

O decréscimo no conteúdo de P total, segundo Townsend et al. (2000), estaria associado a dois fatores: 1) após o desflorestamento da mata nativa e subsequente queima, ocorre incremento no pH, que pode causar a transferência de formas inorgânicas de P ocluso em formas mais lábeis; 2) solos sob pastagem são frequentemente sujeitos à compactação que podem limitar a disponibilidade de oxigênio, criando condições redutoras que levam a liberação de formas inorgânicas de P a partir de formas mais oclusas para menos oclusas.

São diversos os efeitos que o uso de sistemas de culturas tem sobre o P. Segundo Franchini et al. (2000), o fluxo contínuo de diferentes formas de C, provenientes da decomposição dos resíduos culturais, associado ao não revolvimento do solo, resulta na competição pelos sítios de carga positiva dos colóides inorgânicos por parte dos compostos orgânicos, ocorrendo a formação de

complexos orgânicos com os íons de Al^{3+} , Fe^{3+} e Mn^{2+} . O resultado da ocupação dos sítios de carga positiva na superfície dos colóides inorgânicos é a minimização da passagem do P-disponível para o P não disponível, resultando no aumento da disponibilidade de P para as raízes das plantas (RHEINHEIMER, 2000).

Estudando a influência de sistemas de manejo nas propriedades químicas e sobre a produção do milho, em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço, Bezerra (1978) concluiu que os valores de pH e N foram próximos para todos os sistemas, tendo o plantio direto condicionado maior concentração de P e K na superfície. Nolla e Anghinoni (2006) verificaram em estudo realizado sob um Latossolo Vermelho distrófico típico com 53 % de argila que houve diminuição no teor trocável e na atividade de Al na solução do solo com o aumento das doses de fosfato aplicadas.

3.3 ALTERAÇÕES QUÍMICAS E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO PELA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS

Os solos da Amazônia convertidos de floresta em áreas agricultáveis vêm sendo ocupados desde a década de 70 com pastagens através do manejo da derrubada e queima da floresta e mais recentemente com agricultura: cultivo de culturas anuais (soja, milho, algodão, arroz entre outras), através do manejo de plantio convencional passando por preparo reduzido de solo (PR) ou cultivo mínimo (CM) até o uso do sistema de plantio direto propriamente dito (SILVA et al., 2006).

Em função das práticas de cultivo, os solos utilizados para fins agrícolas têm suas propriedades físicas, químicas e biológicas alteradas (CAMPOS et al., 1995). Os diferentes sistemas de cultivo promovem mudanças na composição e arranjo dos constituintes do solo, podendo reduzir ou não a produtividade das culturas (SILVA et al., 2006).

3.3.1 Derrubada e queima da floresta para a implantação de cultivos

A Amazônia brasileira é constituída por aproximadamente 426,5 milhões de hectares de florestas (GFRA, 2005), ecossistema autossustentável, ou seja, um

sistema que se mantém com seus próprios nutrientes num ciclo permanente (NUMATA et al, 2002).

Tal fato implica uma ciclagem de nutrientes eficiente, que garante um estoque estável de elementos no sistema ao longo do tempo e de suma importância uma vez que os solos sob as florestas tropicais são altamente intemperizados e geralmente têm baixa disponibilidade de nutrientes (MALAVOLTA, 2002).

A floresta primária protege o solo da erosão e lixiviação dos nutrientes minerais no sistema através da reciclagem orgânica e apresenta-se como ecossistema em clímax, pelo alcance de equilíbrio dinâmico entre a produção e o consumo de matéria orgânica (FERNANDES et al., 1997; FERREIRA et al., 2001, FERREIRA et al, 2006).

O uso do fogo é um dos manejos do solo mais difundido na região amazônica por ser a alternativa menos onerosa, tanto para a introdução da agricultura quanto para a manutenção das áreas já existentes. Os nutrientes presentes nos solos e principalmente na biomassa da floresta encontram-se em um ciclo dinâmico, rompido quando as florestas são derrubadas, queimadas e as áreas convertidas em agricultura (ALFAIA; SOUZA, 2002).

A produtividade da agricultura tradicional depende da liberação de nutrientes oriundos das cinzas da biomassa que sofreu combustão. A queima da biomassa ocasiona o aumento das taxas de decomposição da liteira e da matéria orgânica do solo, causada pelo aumento da temperatura, e aumenta a disponibilidade de nutrientes na solução do solo, o que favorece a absorção pelas raízes das plantas. (JUO; MANU, 1996).

Estudos mostraram que esse manejo disponibiliza cinzas enriquecidas em nutrientes, as quais também seriam responsáveis pelo aparente aumento na fertilidade dos solos (UHL; JORDAN, 1984; GIARDINA et al., 2000). Os resultados serão perdas através dos processos de lixiviação e erosão caso os colóides do solo (argila e matéria orgânica) não adsorverem essa grande quantidade de nutrientes, disponíveis e que podem ser perdidos (ordem da perda dos cátions $K > Mg > Ca$) (JUO; MANU, 1996).

As cinzas são depositadas na superfície dos solos e, posteriormente, incorporadas a partir da ação da chuva e da prática de manejo empregada. Essa adição pode ser benéfica para os solos ácidos, visto que promove o aumento no pH, podendo influenciar na fertilidade através de um maior aporte de nutrientes nas

camadas superficiais do solo (JUO; MANU, 1996; GIARDINA et al., 2000). Com o aumento do pH, ocorre a diminuição do teor de alumínio trocável e o aumento dos teores de fósforo assimilável e de potássio, cálcio e magnésio trocáveis (JUO; MANU, 1996; DESJARDINS et al., 2000).

A quantidade de nutrientes liberados pela queima depende da idade da vegetação e da intensidade da queimada, porém a quantidade de nutrientes incorporados no sistema não depende somente da quantidade de cada elemento nas cinzas, mas também da capacidade do solo em reter esses nutrientes numa forma que possam ser absorvidos pelas plantas (JUO; MANU, 1996).

Com o tempo de cultivo das áreas, fatores como perda de fertilidade do solo, aumento das plantas daninhas e aumento da incidência de pragas e doenças ao longo dos anos têm sido relatados por agricultores tradicionais como justificativas para deixar o solo em pousio (BROCKI, 2001).

Martins et al. (1990), ao estudarem o efeito do desmatamento, do fogo e do cultivo sobre as propriedades do solo, no Nordeste do Pará, concluíram que o complexo de troca iônica do solo foi fortemente afetado pela queima da vegetação, uma vez que grandes quantidades de cátions básicos foram depositados no solo por meio das cinzas. Essas bases, posteriormente, são translocadas no perfil, afetam o pH em profundidade e liberam cargas dependentes que concorrem para o aumento dos valores de soma de bases, CTC, saturação por bases do complexo de troca.

Para Bandy et al. (1994), a queima ajuda a controlar pragas e doenças e permite aos agricultores limpar a terra mais rápido e eficientemente, com menor quantidade de mão de obra. Entretanto as temperaturas mais altas do solo, que seguem a derruba/queima, também aceleram a decomposição da matéria orgânica nas camadas superiores do solo.

Os nutrientes contidos nas cinzas, de forma concentrada, estão disponíveis de um a dois anos após a queima. Como os nutrientes são eliminados pelas colheitas dos cultivos e pela lixiviação, a fertilidade do solo diminui, surgem ervas daninhas mais difíceis de manejar e cujo o crescimento excessivo impede que se continue o cultivo dessas lavouras (JUO; MANU, 1996; DESJARDINS et al., 2000).

A queima, principalmente quando descontrolada, pode ter efeitos negativos sobre o solo (KLEINMAN et al., 1995), por exemplo, impedir o retorno do teor de matéria orgânica aos níveis anteriores existentes no solo (MACKENSEN et al.; 1996; HOLSCHER et al.; 1997).

Na agricultura, os principais efeitos negativos da queima da vegetação durante a fase de preparo de área para o plantio são as perdas de nutrientes retidos na biomassa da vegetação, que atingem valores de 96% do nitrogênio, 47% do fósforo, 48% do potássio, 35% do cálcio, 40% do magnésio e 76% do enxofre, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção da agricultura familiar (EMBRAPA, 2002).

Vale Júnior (2000), em termos de manejo, observou na região nordeste do Estado de Roraima, que os sistemas mais conservados, como mata e agroflorestal em comunidades indígenas, evidenciaram reciclagem maior, aumento da CTC total e P disponível, enquanto que em solos com 23 anos de uso com pastagens os valores de Al^{3+} foram maiores.

3.3.2 Pastagem

Nos últimos quarenta anos, a produção pecuária na região Amazônica passou, de forma crescente, a ser desenvolvida em áreas originalmente de florestas (LONGO; SPÍNDOLA, 2000, MATIAS, 2003). As áreas onde a floresta foi convertida em pastagem apresentam nos primeiros anos de implantação boa produção, diminuindo gradualmente com o passar dos anos (SERRÃO; TOLEDO; 1990), devido ao decréscimo da fertilidade do solo (DIEZ et al, 1991; FEARNSSIDE; BARBOSA, 1998).

O processo da perda de fertilidade é atribuído à pequena entrada de nutrientes, toxidez por alumínio e deficiência em fósforo e também pela diminuição da porosidade total, infiltração de água e degradação da estrutura do solo devido ao superpastejo e invasão de plantas daninhas (TEIXEIRA et al., 1996; CERRI, et al.; 2004).

Os primeiros trabalhos realizados sobre as alterações da conversão de florestas nativas em pastagens por sistemas pecuários na Amazônia surgiram praticamente no fim da década de 70 e no decorrer da década de 80, como forma de alerta à evolução crescente do desmatamento na região e ao abandono de pastagens em processo de degradação (FALESI, 1976; UHL et al., 1984; BUSCHBACHER et al., 1988;) e, obviamente, devido aos impactos causados à fauna do solo (DANTAS, 1979; BANDEIRA, 1979).

A partir da década de 90, estudos enfatizam a dinâmica e os estoques de carbono no solo (DESJARDINS et al., 1994; DESJARDINS et al., 2004; FEIGL et al., 1995; MORAES et al., 1996; NEILL et al., 1996; BERNOUX et al., 1998; FERNANDES et al., 1999), as transformações de P (GARCIA-MONTIEL et al., 2000; TOWNSED et al., 2002), as alterações das propriedades químicas e físicas do solo (PEREIRA et al., 2000; VALE JUNIOR, 2000; MELO, 2002; MARKEWITZ et al., 2004; COSTA et al., 2006; MELO, 2006) e a microbiologia do solo, (FEIGL et al., 2006; MOREIRA; MALAVOLTA, 2004) acoplando nesses estudos a utilização de Sistemas de Informações Geográficas –SIG (ASNER et al., 2004) e também o uso de modelagem das mudanças ocorridas na matéria orgânica do solo, durante o processo de conversão da floresta nativa em pastagem (CERRI et al., 2003; CERRI et al., 2004).

De modo geral, os trabalhos sobre ecossistemas de pastagens (degradadas ou não) têm mostrado uma melhora nas propriedades químicas dos solos. (NEILL et al., 1996; BERNOUX et al., 1998; DESJARDIM et al., 1994, DESJARDIM et al., 2004; MELO, 2003).

As alterações químicas nos teores de Ca e Mg foram observadas por Pereira et al. (2000) em Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. Eles verificaram que houve maior elevação nos teores de Ca e Mg no sistema de pastejo com capim tobiatã do que no sistema com capim braquiarião e que no período chuvoso os teores de Mg, K, MO e o valor de pH foram maiores, com exceção de P e Ca para o ano de 1997.

Na matéria orgânica do solo foi observado por vários autores que os teores normalmente decrescem nos primeiros anos após a implantação da pastagem, podendo aumentar a seguir até atingir níveis próximos aos previamente existentes na vegetação natural (ANDREUX; CERRI, 1990; CHONÉ et al., 1991; ÉDEN et al., 1991; DESJARDINS, et al., 1996; 1994; GARCÍA-OLIVA et al., 1994; VELDKAMP, 1994; CAMARGO et al., 1999).

Fujisaka et al. (1998) reportaram perda de 40 % no estoque de C do solo após a conversão de floresta (32 t ha^{-1}) e em pastagem com 10 anos (18 t ha^{-1}). Muller et al (2004) não observaram variação no teor de carbono na conversão de floresta para pastagem, mesmo em pastagem degradada. Entretanto, outros autores (CHONÉ, et al., 1991; FEIGL, et al., 1995; MORAES, 1996; NEILL et al., 1997; KOUTIKA et al., 1997) verificaram um aumento na quantidade de C após a

conversão, devido, principalmente, à entrada da biomassa da raiz (CHONÉ et al., 1991; MORAES, 2002).

A compactação do solo, devido ao manejo inadequado da mecanização, é um dos fatores que promovem as perdas de matéria orgânica e de nutrientes do solo. O escoamento superficial degrada as propriedades físicas, causando assim maior dificuldade de penetração das raízes, redução na infiltração de água e nas trocas gasosas, (MULLER et al., 2001; 2004; MARTINEZ; ZINCK, 2004). A compactação pode, também, influenciar nas estimativas do conteúdo de C e N (numa dada profundidade), em razão das mudanças na massa do solo (LUGO; BROWN, 1993; VELDKAMP, 1994).

A mudança nutricional do solo, no decorrer do tempo e com o uso da pastagem, varia conforme as propriedades químicas e físicas de cada tipo de solo e as práticas de manejo de pastagem empregadas em cada área. A pastagem implantada em solos de baixa fertilidade, com práticas de manejo impróprias, sofrerá declínio na produtividade em curto espaço de tempo, enquanto a pastagem em solos férteis, ou com manejo adequado por meio do uso de corretivos e fertilizantes, poderá manter um nível razoável de nutrientes para a atividade e por longo período (NUMATA, 1999).

No estudo realizado em Argissolos de Roraima, Melo (2002) observou que a pobreza química é extrema na região da colônia do Apiaú e o fenômeno de coesão física se refletiu na má qualidade das pastagens mais antigas e degradadas com 15 anos de uso.

3.3.3 Agricultura

Em virtude da combinação entre altas temperaturas e umidade, a introdução de sistemas agrícolas em áreas com vegetação nativa nos trópicos geralmente resulta em alterações nas propriedades químicas do solo e uma rápida perda de C (SCHOLLES; BREEMEN, 1997).

A distribuição, o conteúdo e, conseqüentemente, a disponibilidade de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) e teores de matéria orgânica podem ser afetados pelos métodos de preparo do solo e sistemas de culturas, devido, principalmente, às

alterações na CTC do solo, localização da aplicação de fertilizantes e corretivos e variação na capacidade de reciclar nutrientes (WIETHÖLTER, 2002).

O sistema convencional de uso da terra emprega a aração e a gradagem no preparo do plantio. Esse manejo é considerado o mais agressivo para o solo, com grande poder de degradação e redução da matéria orgânica do solo (MOS) (BAYER; MIELNICZUK, 1999). As principais perdas de matéria orgânica do solo são estimuladas pelo revolvimento do solo, maiores variações de temperatura e umidade no solo, quebra de agregados e diminuição da cobertura do solo.

Nesse sistema, a incorporação de resíduos, de fertilizantes e de calcário ao solo resulta em distribuição mais uniforme na camada revolvida (BLEVINS et al. 1983). Em contraste, os métodos de preparo sem revolvimento promovem a estratificação do conteúdo de cátions trocáveis, com o acúmulo nos primeiros centímetros superficiais e a redução da concentração com o aumento da profundidade (CENTURION et al., 1985). A maior concentração na camada superficial é atribuída à maior CTC, à localização superficial dos fertilizantes e corretivos e à mineralização dos resíduos culturais (BAYER, 1992). As culturas também podem afetar o teor de cátions trocáveis do solo.

Devido à exploração descontrolada dos recursos naturais pelo homem e a necessidade de proteger esses recursos, têm-se desenvolvido, nas últimas décadas, sistemas de produção voltados para a preservação e melhoramento das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Contudo o preparo reduzido de solo ou cultivo mínimo abrange práticas conservacionistas de manejo do solo, tais como a substituição do arado e da grade por escarificadores, reduzindo a intensidade de revolvimento do solo e o tráfego de máquinas sobre o mesmo, além da eliminação da queima da palha de cereais de inverno e a introdução de culturas de cobertura do solo nas áreas sob pousio no inverno (WIETHÖLTER, 2002).

Os métodos de preparo sem revolvimento promovem a estratificação do conteúdo de cátions trocáveis, com o acúmulo nos primeiros centímetros superficiais e a redução da concentração com o aumento da profundidade (CENTURION et al., 1985). Estudos feitos por diversos autores (SIDIRAS; PAVAN, 1985; BAYER, 1992; TESTA, et al., 1992; BAYER; MIELNICZUK, 1997; SILVEIRA; STONE, 2001) demonstraram que alterações nos teores de matéria orgânica, nitrogênio, alumínio e cátions trocáveis (cálcio, magnésio e potássio) e no pH do solo foram causadas pelos diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas utilizados nas lavouras.

Além do preparo de solo, o uso de sistemas de culturas, com aporte contínuo de resíduos vegetais ao solo, pode melhorar a estrutura do mesmo, aumentar a atividade biológica e promover a ciclagem de nutrientes e adição de nitrogênio (MIELNICZUK et al., 2000). Assim, a eficiência do uso de culturas de cobertura para proteção do solo e para melhoria das propriedades químicas vai depender basicamente de manejo, variando desde o plantio convencional com incorporação total dos resíduos, passando pelo plantio reduzido (cultivo mínimo) com incorporação parcial dos resíduos, até o sistema de plantio direto, com a manutenção dos resíduos na superfície do solo.

3.3.3.1 Alterações nos teores de matéria orgânica do solo devido aos sistemas de preparo do solo na implantação das culturas anuais

Em solos de regiões tropicais onde predominam minerais de baixa CTC (argila do tipo 1:1 e sesquióxidos de Fe, Al e Mn), o manejo de materiais orgânicos (resíduos de culturas, esterco, composto de lixo, lodo de esgoto etc.) é de fundamental importância por contribuir com até 90% da CTC do solo (KIEHL, 1985; MELO et al., 1997). As cargas negativas, responsáveis pelo incremento da CTC, são consequências dos grupos funcionais carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH₃) que se encontram na periferia dos ácidos orgânicos presentes no húmus (FASSBENDER, 1975) e dependem do pH do solo (RODELA; FISCHER; ALCARDE, 1995; BENITES; MENDONÇA, 1998; OLIVEIRA, 2000).

Nas condições de clima tropical, com elevada temperatura e alta precipitação pluviométrica, são expressivas as perdas de matéria orgânica do solo, tanto pela alta taxa de mineralização, como pela erosão do solo, principalmente em solos descobertos, daí a importância do uso de sistemas agrícolas que diminuam esses efeitos (LOVATO, 2001). O baixo conteúdo de matéria orgânica do solo diminui a retenção de cátions e o fornecimento de nutrientes para as culturas levando à redução nos rendimentos (BAYER, 1996).

A diminuição do conteúdo de matéria orgânica do solo é favorecida pela mobilização do solo, que aumenta a taxa de perda do carbono, pois o revolvimento do solo proporciona uma maior aeração e aumenta o contato dos resíduos orgânicos com a microbiota do solo, estimulando assim o processo de oxidação da matéria

orgânica do solo pelos microorganismos. Como consequência, em solos submetidos ao revolvimento intenso, como é o caso do plantio convencional, pode ocorrer o balanço negativo da matéria orgânica do solo no sistema, cuja taxa de adição é menor que a de decomposição, apresentando menores conteúdos de CO (AMADO, 2000).

Quando são combinados métodos de preparo, com mínimo ou nenhum revolvimento do solo, com sistemas de culturas que proporcionam alto aporte de biomassa, ocorre o aumento ou a manutenção no teor de matéria orgânica do solo. A quantidade de biomassa produzida pelas culturas de cobertura depende das espécies, do tempo de estabelecimento, das condições de crescimento e de quando a cultura é eliminada (DUIKER; CURRAN, 2003)

O acúmulo de matéria orgânica do solo nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo ocorrem principalmente nos primeiros centímetros superficiais do solo. Bayer et al. (2000) mencionam que aportes de 4,35 e 7,95 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹, pelos sistemas aveia/milho e aveia+vica/milho+caupi, resultaram em acúmulo de carbono orgânico restrito à camada superficial de 0-5 e 0-12,5 cm, respectivamente, o que ocorre principalmente nos primeiros anos de instalação de sistemas de culturas em solos não revolvidos

A matéria orgânica do solo também tem grande influência na capacidade de reter e trocar íons, assim como de tamponamento da solução do solo (DING et al., 2002). Silva et al. (1994) verificaram que decréscimos no teor de matéria orgânica do solo sob cultivos tradicionais resultaram também em decréscimos na CTC do solo.

Dados apresentados por Ciotta et al. (2003), para um solo sob plantio direto por 21 anos, mostraram que, apesar do pequeno acúmulo de matéria orgânica na superfície de um Latossolo Bruno, houve aumento expressivo nos valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0 até 8 cm de profundidade, em comparação ao plantio convencional. Nas camadas 0-2, 2-4, 4-6 e 6-8 cm, o aumento da CTC efetiva variou de 58% a 17%, e da CTC a pH 7,0 de 31% a 15%, em relação ao plantio convencional.

Bayer e Mielniczuk (1997) verificaram a interação entre métodos de preparo e sistemas de culturas em relação ao seu efeito sobre a CTC efetiva e a pH 7,0 - esta aumentou à medida que se reduziu o revolvimento do solo e se elevou a quantidade

de resíduos vegetais produzidos pelos sistemas de culturas, sendo o efeito restrito às camadas superficiais.

Estudos feitos por Lal et al. (1990), em solo de textura argilosa, demonstraram redução na CTC do solo sob plantio direto, comparado ao plantio convencional, mesmo com um aumento da matéria orgânica, podendo o efeito ser atribuído ao bloqueio de cargas dos argilominerais pela matéria orgânica do solo pela formação de complexos organominerais.

Outro fator que a matéria orgânica do solo influencia é na estabilidade dos agregados, que também indica o nível de preservação da estrutura do solo, proporcionado pelos diferentes preparos. Solos bem estruturados apresentam boas condições de aeração, de infiltração e armazenamento de água, e de equilíbrio da população de microrganismos do solo, fatores que favorecem o desenvolvimento das plantas. A formação de agregados estáveis depende, entre outros fatores, da cimentação dos colóides do solo, sendo a matéria orgânica um de seus principais agentes. Portanto preparos de solo que interferem diminuindo os teores de matéria orgânica no solo contribuem para desestabilidade dos agregados (SHANG; TIESSEN, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

Os agroecossistemas selecionados para este estudo estão localizados na fazenda Umirizal, pertencente ao município de Bonfim, no Estado de Roraima. É uma propriedade privada, totalizando 5.340 ha, distante cerca de 45 Km da capital Boa Vista, inserida na região da Serra da Lua, com coordenadas geográficas de latitude $2^{\circ} 33'36''$ e $2^{\circ} 43' 12''$ N e longitude $60^{\circ} 19' 12''$ e $60^{\circ} 24' 00''$ W (Figura1).

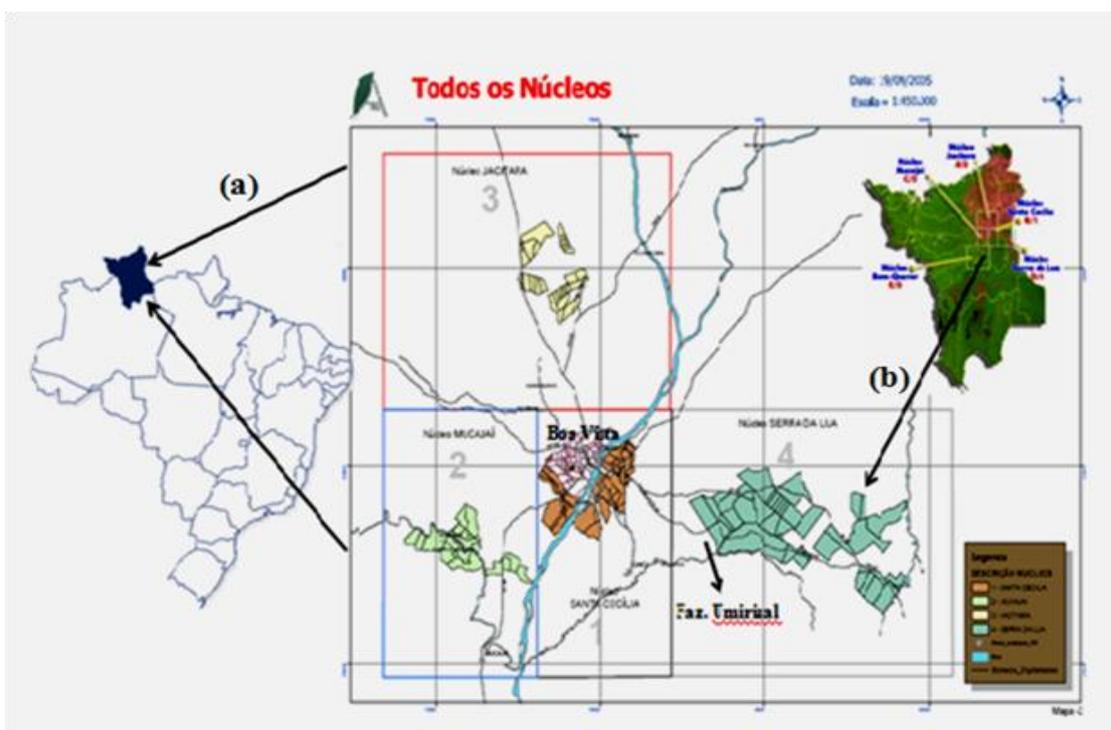


Figura1- Localização da área do estudo (a) Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima (b) área de estudo no mapa de Roraima, situada na região da Serra da Lua - Fazenda Umirizal

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

4.2.1 Caracterização climática

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso com período seco definido. A precipitação média anual é de 1.400 mm, sendo os meses de abril a julho os mais chuvosos; a temperatura média é de 25° C (BARBOSA, 1997).

4.2.2 Caracterização geomorfopedológica da região Serra da Lua

A Região da Serra da Lua está inserida no domínio de transição Savana/Floresta, cuja geologia caracteriza-se por um maciço de rochas do Complexo Guianense, representadas pelos gnaisses ortoderivados, em sua maioria fácies granulitos/anfibolito alto, migmatitos, granitos, dioritos, gabros e ultramáfitos (BRASIL, 1975).

Nessa região, foram mapeadas áreas com declividades entre 8 a 13%, com relevo regional suave ondulado a ondulado, cujas terras apresentam de pouca a moderada suscetibilidade à erosão quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, conforme classificação de Ramalho Filho e Beek (1995).

Em geral, os solos da região em estudo são formados a partir de produtos da decomposição de rochas do Complexo Guianense granitos e guinases, tendo como principais classes de solo: LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (LVd), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos plíntico (LVAd); ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distróficos plíntico (PAVd); PLINTOSSOLOS PÉTRICO CONCRECIONÁRIO Distróficos (FFcd), posicionados nos topos mais aplainados e encostas da paisagem, enquanto nas áreas abaciadas e ao longo de igarapés foram mapeadas as manchas de GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXb) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico (RQg) (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR; LEITÃO, 2005; BARROS, 2007).

4.2.3 Caracterização pedológica da área experimental

As áreas de estudo são dominadas por Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, conforme Embrapa (2006). São solos profundos, bem drenados, cujo horizonte diagnóstico é o B textural, não hidromórfico, com ausência de cerosidade.

São posicionados em relevos suavemente ondulados, com declividade média variando de 8 a 13%. Apresenta sequência de horizontes A e Bt, com acentuada

diferenciação textural entre o horizonte Ap e Bt, com teor médio de argila no horizonte A de 13,1% e no horizonte Bt de 25,3%, caracterizando mudança abrupta. São baixos os valores da relação silte/argila mostrando um elevado grau de intemperização desses solos. A transição entre os horizontes é abrupta e plana (figura 2).

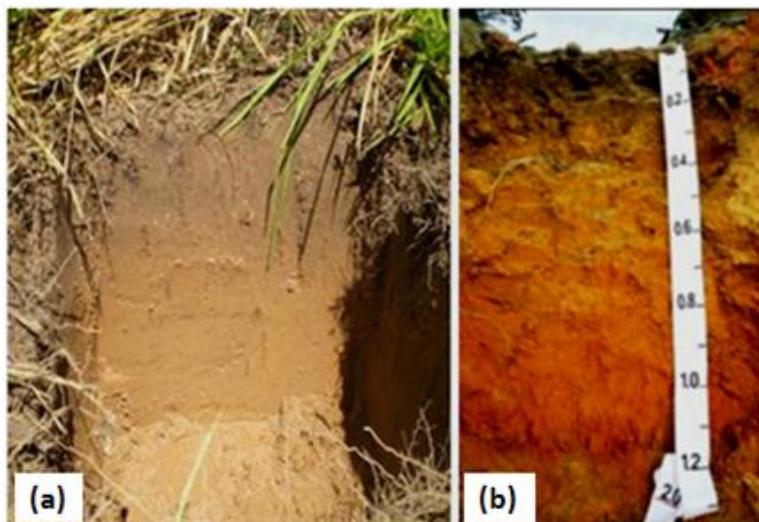


Figura 2 – Perfil do Argissolo Vermelho-Amarelo da fazenda Umirizal (a) Perfil do solo no ano de 2008 (b) Perfil do solo no ano de 2007

A coloração para o horizonte A varia de brunada a bruno amarelada com matiz 10YR, 7.5YR e para o horizonte Bt é amarelo avermelhada, com matizes de 7.5YR.

Quimicamente corresponde a solos de baixa fertilidade natural, fortemente ácido segundo EMBRAPA (2006), com baixos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , baixos teores de soma de bases e CTC, elevada saturação por alumínio (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1983).

4.3 DESCRIÇÕES DOS AGROECOSSISTEMAS ESTUDADOS.

Para a realização do estudo foram selecionadas quatro áreas com diferentes agroecossistemas e uma área com floresta nativa preservada, utilizada como referencial para os agroecossistemas e descritas a seguir.

FLORESTA NATIVA (FN) - compreende uma cobertura de transição da região de floresta e savana em Roraima, cuja tipologia é floresta estacional semidecidual, assentada sobre ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, mantida em condições naturais, sem antropização até a data da realização deste trabalho (Figura 3).

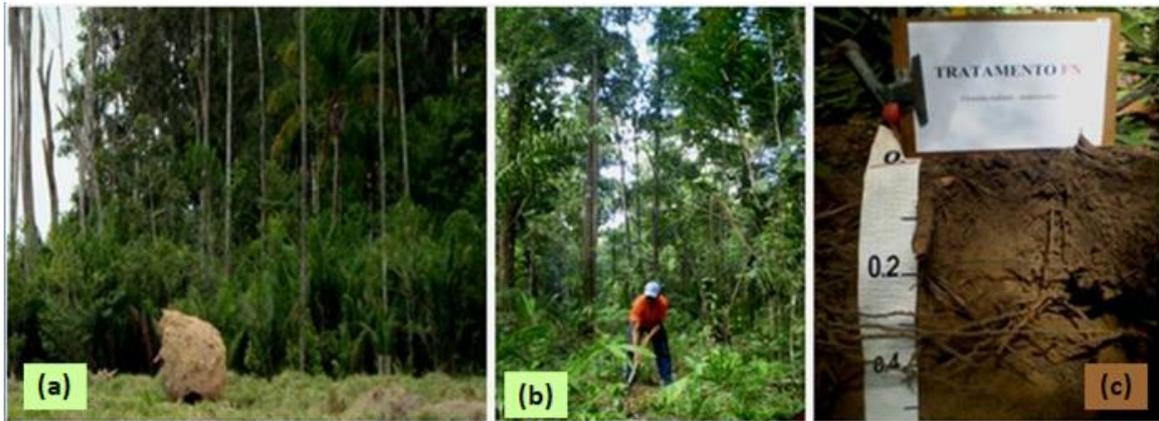


Figura 3 – Área de floresta nativa (a); vista externa da floresta (b); vista interna da área (c) e perfil de solo sob floresta.

SISTEMA DE PASTAGEM EM POUSIO (PP) – Pasto em Pousio sobre ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, com a seguinte sequência de manejo: *Brachiaria decumbens*/ *Brachiária brizantha*/ *Brachiária brizantha* em pousio (Figura 4). A área foi aberta em 1980, com 28 anos de antropização; uso de fogo periodicamente para renovação do pasto de *Brachiária decumbens*; uso de máquina para destoca após 16 anos da abertura. Em 2000, fez-se gradagem, adubação com N-P-K (5-25-15) 80 kg.ha⁻¹ e semeio com *Brachiaria brizantha*, permanecendo em pousio até a data da coleta do solo. (Figura 4)

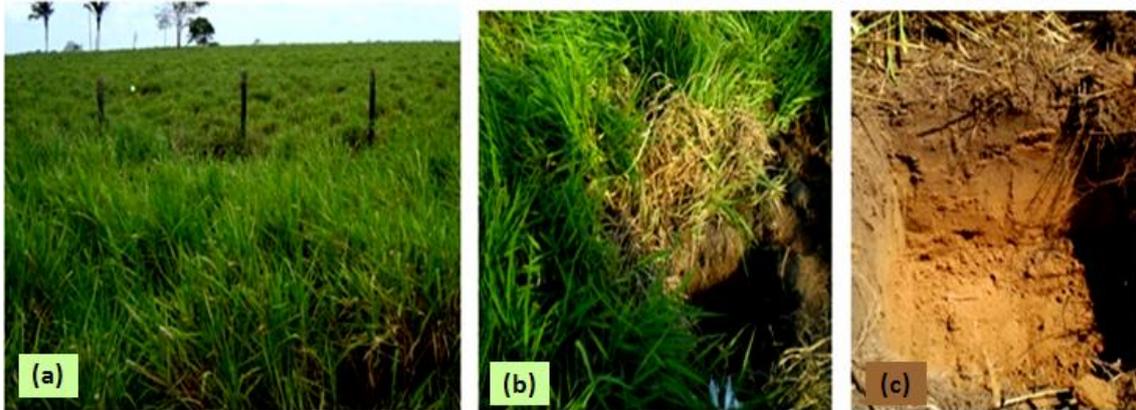


Figura 4 – Área de pastagem em recuperação, vista externa da pastagem, vista interna da pastagem e perfil do solo subpastagem.

SISTEMA DE PASTAGEM ABANDONADA (DA): A área foi aberta em 1998, com 10 anos de antropização. Em 2004, foi realizada uma roçada manual permanecendo em pousio até em 2008, quando se fez a destoca com uso do trator de esteiras para amontoamento das madeiras e retirada de troncos remanescentes. (Figura 5).

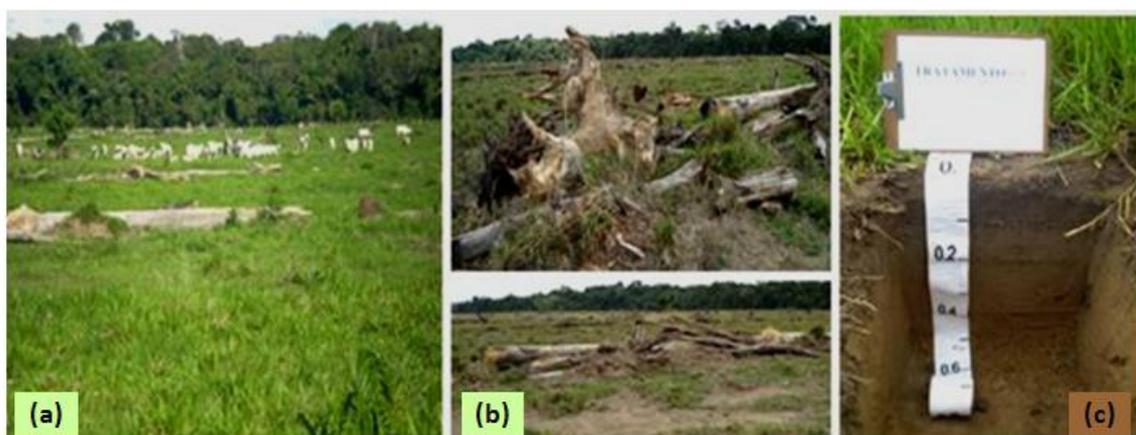


Figura 5 – Área destocada e abandonada (a); vista externa da área (b); vista interna da área (c) e perfil do solo subpastagem

SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL (PC) – A área foi aberta 1980, com 28 anos em antropização, o uso do fogo foi periódico para renovação do pasto de *Brachiaria decumbens*; no intervalo de uso, efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira.

Em 2007, foi realizado o preparo do solo com grade aradora, repetido em 2008, mesmo ano em que foi semeado milho em plantio convencional, sendo empregado N-P-K (5-16-16) para adubação da área (Figura 6).



Figura 6 – Área de plantio convencional (a); vista com plantio de milho (b); vista da área após a colheita (c) e perfil do solo subcobertura

SISTEMA DE CULTIVO MÍNIMO (CM) – A área foi aberta em 1980, com 28 anos de antropização, o uso do fogo também foi feito periodicamente para renovação do pasto de *Brachiaria decumbens*. No intervalo, efetuou-se a limpeza dos tocos remanescentes com trator de esteira. Em 2003, realizou-se a limpeza da área com roçadeira mecânica e trator com lâminas.

Em 2004, foi feito o preparo do solo com grade aradora e niveladora e semeio de arroz; uso-se adubação de N-P-K (5-25-15 com 300 kg ha^{-1}) e adubação em cobertura com uréia com 80 kg ha^{-1} . Na adubação de cobertura do arroz com uréia foi semeada *Brachiaria brizantha* para renovação da pastagem. Em 2008, a área foi cultivada com milho em cultivo mínimo, sendo empregado N-P-K(5-16-16) para adubação da área (Figura 7).

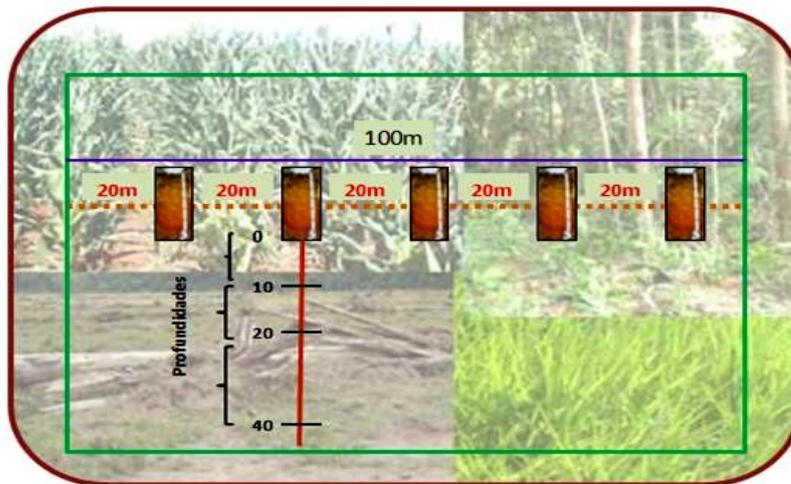


Figura 7 – Área de plantio direto, vista com plantio de milho, vista da área após a colheita e perfil do solo subcobertura.

Os agroecossistemas descritos foram explorados com pecuária em todo período - houve exceção quando estavam sendo exploradas com agricultura ou em processo de renovação. A partir de 1990, não foi mais empregado o uso de fogo, exceto na área DA.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em dezembro de 2008, foi realizada amostragem dos cinco sistemas. A área de amostragem em cada sistema foi delimitada em um (1) ha (100m x100 m), abertas cinco mini-trincheiras com profundidades de até 40 cm, subdividida em três profundidades de 0-10, 10-20 e 20- 40cm. Para tanto, marcou-se um transecto de 100m e distribuídos pontos (trincheiras) a cada 20m, totalizando-se cinco pontos de amostragem (repetições) por sistema de uso. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições; os sistemas foram considerados as parcelas e as profundidades as subparcelas (CARNEIRO et al., 2009; CARVALHO, 2006; FREITAS, 2005; SOUZA; ALVES, 2003) conforme (Figura 8).



LEGENDA

-  Área Total – de cada agroecossistema
-  Parcela - área selecionada dentro de cada agroecossistema
-  Subparcela – trincheira
-  Transecto – 100m
-  Espaçamento entre cada trincheira – 20 m

Figura 8 - Figura representativa da distribuição dos pontos de coletas (trincheiras) ao longo de um transecto de 100m em uma área de 1ha (100m x 100m).

4.5 AMOSTRAGEM

4.5.1 Preparo das amostras

As amostras de solo foram coletadas manualmente (da maior para a menor profundidade) e acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e conduzidas para casa de secagem no Centro de Ciências Agrárias, *campus* do Cauamé, na Universidade Federal de Roraima.

Para avaliação das características químicas, as amostras foram secas ao ar, destorradas e passadas em peneiras de 2mm de malha.

4.6 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, determinados os seguintes atributos químicos:

4.6.1 pH

O pH foi determinado em H₂O e KCl (1,0 mol L⁻¹) usando a relação solo: solução de 1:2,5 (EMBRAPA, 1997). As cargas do solo foram estimadas pela diferença do pH-KCl e o pH-H₂O (Δ pH) (MEKARU; UEHARA; 1972); Δ pH > 0 indica carga positiva e Δ pH < 0 indica carga negativa, mas não representam valores quantitativos de carga no solo (RAIJ; PEECH, 1972).

4.6.2 P- disponível e K-trocável

Para extração desses íons, foi realizada a solução Mehlich 1, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída por uma mistura de HCl 0,05 Mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 Mol L⁻¹. O emprego dessa solução, como extratora de fósforo e potássio disponível do solo, baseou-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH entre 2 e 3, sendo o papel do Cl⁻ o de restringir o processo de reabsorção dos fosfatos recém extraídos. A relação solo: extrato sugerido é de 1:5ml (EMBRAPA, 1997).

A leitura de P- disponível do foi realizada em fotolorímetro, utilizando o comprimento de onda 660nm (EMBRAPA, 1997).

A leitura de K-trocável foi realizada em fotômetro de chama, aferido com água deionizada no ponto zero (EMBRAPA, 1997).

4.6.3 P- remanescente

O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado na TFSA em solução de CaCl₂ 10 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P (KH₂PO₄), na relação solo - solução de 1:10, com agitação durante 1h. Em seguida, efetuou-se a separação das fases

sólida e líquida; na solução de equilíbrio determinou-se a concentração de P, utilizando o método da vitamina C (ALVAREZ et al., 2000).

4.6.4 Ca-trocável, Mg-trocável e Acidez trocável

A extração dos cátions trocáveis (Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{3+}) foi realizada com a solução de $\text{KCl } 1\text{mol L}^{-1}$ (EMBRAPA, 1997).

A leitura dos cátions Ca^{++} e Mg^{++} foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica, EAA (EMBRAPA, 1997).

A leitura do Al trocável foi realizada por titulação com $\text{NaOH } 0,025\text{ Mol L}^{-1}$, na presença de azul de bromotimol como indicador (EMBRAPA, 1997).

4.6.5 Acidez Potencial (H + Al)

Na determinação da acidez potencial do solo, utilizou-se o método descrito pela Embrapa (1979), extraíndo o $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ com uma solução de Ca (OAc)_2 1N tamponada a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997).

4.6.6 Determinação da Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Para determinar o teor de matéria orgânica foi realizada a análise química do carbono orgânico do solo, conforme o método Walkey-Black (EMBRAPA, 1997), pela obtenção de carbono orgânico na oxidação por via úmida com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N) em meio sulfúrico e utilizada a equação $\%C \times 1,724$ para estimar o teor de MOS.

4.6.7 Soma de bases; Capacidade de troca de cátions; Saturação por bases; Saturação por alumínio

Com os valores obtidos nas análises, foram feitas operações matemáticas para encontrar a saturação por alumínio (m %), a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,00 (CTC a pH 7,0 ou CTC total), saturação por bases (V %) e CTC efetiva (t), conforme descrito por Embrapa, (1997) e Meurer et al., (2000).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas por meio do teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa de computador SISVAR, Versão 5.3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O teor de matéria orgânica no solo (MOS) foi afetado tanto pelos sistemas de uso quanto pelas profundidades. Houve acréscimo de 39% da MOS no sistema DA em relação ao FN. O sistema PP não se diferenciou estatisticamente do FN, enquanto o PC e CM apresentaram teores de MOS inferior ao FN (Figura 9). A série de acúmulo de matéria orgânica entre os sistemas pode ser assim apresentada: DA>FN=PP>PC=CM.

O maior acúmulo de matéria orgânica no sistema DA pode ser atribuída à regeneração da vegetação secundária e ao resíduo da destoca que permaneceu sobre o solo sendo lentamente mineralizado.

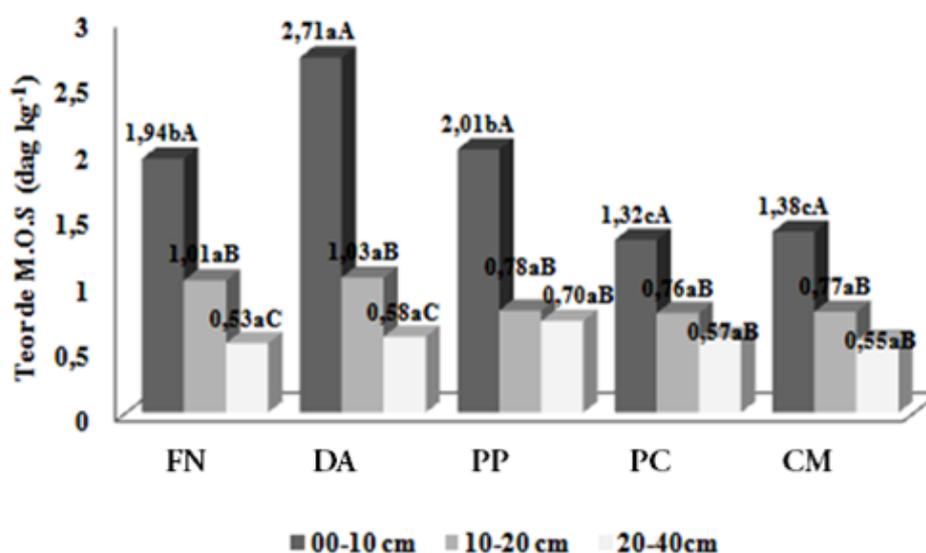


Figura 9 - Teores de matéria orgânica em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra e três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre as profundidades e minúsculas entre os sistemas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Especificamente para os sistemas DA e PP, esses resultados (Figura 9) demonstram que o pousio, seja por abandono ou programado, é estratégia conservacionista que pode manter ou até elevar o teor de matéria orgânica em

relação aos encontrados na Floresta Nativa. Em relação ao estabelecimento de pastagem, Faria et al. (2010) e Salton et al. (2005) demonstraram que pode não só recuperar os teores de C, como, em alguns casos, superá-los. Lal (2002) relaciona esse acúmulo de C à eficiência de ciclagem de nutrientes do sistema radicular das gramíneas. Roscoe et al. (2001) atribuíram esses resultados à elevada produção de resíduos pela pastagem.

O processo de desmatamento e queima para conversão de áreas nativas em agricultura resulta, em geral, na redução acentuada do conteúdo de C do solo, observado nos sistemas PC e CM desse estudo e em outros sistemas estudados por Cerri et al., 1991; Veldkamp, 1994; Bayer; Mielniczuk, 1997; Amado, 2000; Bayer et al., 2000; Ciotta et al., 2003.

Conforme esperado, constatou-se diminuição dos teores de matéria orgânica em profundidade (Figura 1). Essa redução mostrou-se mais acentuada da camada superficial para as subsequentes, estando relacionada a uma maior deposição superficial de resíduos vegetais e animais, também constatado por Sousa e Alves (2003), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície.

Com exceção dos sistemas DA e PP, com teor de MOS médio (Figura 1), os demais apresentaram teores que se enquadram na classe baixa (CFSEMG, 1999), considerando a profundidade de 0-10 cm. O baixo teor de MOS do CM, pode ser explicado pela baixa fertilidade natural que origina uma liteira pobre em nutrientes com alta velocidade de decomposição, quando comparada com liteira de regiões de solos de clima temperado (CERRI et al., 1996; EMBRAPA, 2006). O baixo teor de MOS da FN e a sua alteração, nos sistemas estudados, tem implicações sobre a oferta de elementos trocáveis, pois uma parte das propriedades de troca desses solos depende do conteúdo da matéria orgânica do solo.

5.2 COMPLEXO DE TROCA

O cálcio, o magnésio e o potássio trocável apresentaram diferenças estatísticas significativas para a interação entre os diferentes sistemas e as três profundidades avaliadas (Tabela 1). Os teores de cálcio variaram nas três profundidades dentro das cinco áreas. A área DA apresentou maior teor de cálcio para as três profundidades e o menor valor foi observado na área CM na

profundidade 0-10 cm. Nas profundidades 10-20 e 20-40 cm o menor valor de cálcio foi encontrado no FN.

Tabela 1 - Teores de cálcio, magnésio, potássio e soma de bases em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008

Sistema	Teor (cmol _c .dm ⁻³)											
	Cálcio			Magnésio			Potássio			Soma de Bases		
	00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40
FN	0,80 cdA	0,36 cB	0,18 cC	0,22 bA	0,08 cB	0,05 bB	0,07 bA	0,05 aA	0,02 dB	1,09 bA	0,49 dB	0,25 dC
DA	1,40 aA	0,97 aB	0,77 aC	0,34 aA	0,16 abB	0,14 aB	0,12 aA	0,07 aB	0,05 cC	1,86 aA	1,20 aB	0,96 aC
PP	0,99 bA	0,66 bB	0,68 aB	0,20 bcA	0,17 aAB	0,13 aB	0,06 bA	0,06 aA	0,03 cdB	1,25 bA	0,88 bB	0,84 abB
PC	0,90 bcA	0,51 bB	0,44 bB	0,15 cA	0,12 bcA	0,12 aA	0,12 aA	0,05 aB	0,07 bB	1,17 bA	0,68 cB	0,63 cB
CM	0,73 dA	0,55 bB	0,48 bB	0,29 aA	0,18 aB	0,12 aC	0,10 aA	0,07 aB	0,11 aA	1,12 bA	0,80 bcB	0,71 bcB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não apresentam diferenças significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Em relação às profundidades (Tabela 1), observa-se que os maiores teores de cálcio se concentram na profundidade 0-10 cm. Para FN e DA, os teores de cálcio foram diminuindo com a profundidade. Já nas áreas PP, PC e CM, os teores de cálcio se mantiveram estatisticamente iguais nas profundidades 10-20 e 20-40 cm.

Os teores de magnésio trocável apresentaram diferenças estatísticas entre sistemas e profundidades, variando de 0,05 a 0,34 cmol_c.dm⁻³ (Tabela 1). Os sistemas DA e CM apresentaram valores comparáveis e superiores entre os demais sistemas na profundidade de 0-10 cm. Em relação às profundidades, pode-se observar que os maiores teores de magnésio concentram-se em superfície, diminuindo em profundidade, com exceção do PC, que se manteve igual nas três profundidades. Para FN e DA não houve alteração dos teores de 10-20 e de 20-40 cm, sendo que a área PP apresentou valor intermediário na profundidade 10-20 cm.

O sistema DA destacou-se apresentando os maiores teores de cálcio e magnésio (Tabela 1). Para o cálcio, especificamente, houve um incremento da ordem de 75% em relação ao FN. Para o teor de magnésio, não houve diferenças significativas entre os sistemas DA e CM.

Os resultados observados para o sistema DA podem ser explicados pela reciclagem de cálcio via decomposição dos resíduos da derrubada da floresta e ao aumento da CTC efetiva do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada, fato também observado por Souza e Alves (2003). A manutenção do cálcio no sistema

deu-se pela regeneração da vegetação secundária que contribuiu com a ciclagem da matéria orgânica. A derrubada e a queima da floresta podem ocasionar aumento desse nutriente no solo, já que a maior quantidade de Ca do sistema encontra-se na biomassa da vegetação e é liberada junto às cinzas após a queimada (EMBRAPA, 2002). Nessa área, encontra-se muita cinza e tocos remanescentes da queimada em processo de decomposição no solo e acúmulo da matéria orgânica no solo - Figura 1, fazendo com que o cálcio seja retido em seu complexo (PEREIRA, et al.; 2000), o que pode ter interferido no resultado.

Embora se verifique aumento no teor de cálcio nos sistemas DA, PP e PC em relação a FN (Tabela 1), em termos de magnitude ainda é pouco expressivo, encontrando-se apenas o cálcio do DA na classe de teor médio (CFSEMG, 1999). A FN apresentou valor inferior aos demais sistemas nas profundidades 10-20 e 20-40 cm (Tabela 1). O baixo teor de cálcio no FN pode ser resultado da intensa ciclagem desse nutriente na floresta - o cálcio é complexado pela matéria orgânica e absorvido pelos organismos ou plantas, prevenindo, dessa forma, a saída do sistema, que apresenta limitações dado à extrema pobreza química do solo. De acordo com Cuevas e Medina (1986), a quantidade e a qualidade de nutrientes fornecidos ao solo, pela deposição da serapilheira, são variáveis, sendo dependente, principalmente, das espécies que compõem a formação florestal e da disponibilidade de nutrientes no solo; outro fator de importância para Vital et al., (2004) é a precipitação pluviométrica.

Os teores de magnésio (Tabela 1), geralmente, são inferiores aos de cálcio no solo devido à maior lixiviação (BISSANI et al., 2004). Outra relação do teor de magnésio no solo é com o nível de intemperismo, pois quanto mais intemperizado o solo, menor a ocorrência desse cátion, até que haja somente magnésio trocável adsorvido ao solo ou retido na vegetação (RAIJ, 1991).

Os teores de potássio variaram entre 0,02 a 0,12 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ entre os sistemas e profundidades (Tabela 1). Ao contrário do cálcio e magnésio os teores de potássio não se diferenciaram estatisticamente entre as profundidades 0-10 e 10-20 cm, indicando um movimento desse elemento no perfil. Araújo et al. (2004) observaram maiores teores nos primeiros centímetros e até próximo a 10cm. Os sistemas FN e PP apresentaram valores inferiores e comparáveis na profundidade 00-10 cm. Na camada 10-20 cm, não houve diferenças estatísticas entre os sistemas. Na profundidade 20-40 cm o maior valor pôde ser observado no CM, devido ao uso de

fertilizante mineral ocorrido em duas épocas: 2004 e 2008, indicando lixiviação desse elemento.

Os teores de potássio não se diferenciaram entre as áreas DA, PC e CM (Tabela 1). Na área DA, pode-se atribuir o K às cinzas, estando de acordo com que acontece em outros ambientes e fazendo com que esse cátion seja liberado para a solução do solo e disponibilizado para as plantas (COUTINHO, 1990; EGGERS, 1991; KAUFFMAN et al., 1994; BONILLA, 2005). Em PC e CM, o K foi oriundo, sobretudo da adubação com N-P-K, comprovando a afirmação de Wiethölter (2001) para quem a fertilidade dos solos degradados pode ser recuperada com a utilização do sistema de manejo adequado a cada cultura e tipo de solo. Apesar da adubação em alguns sistemas, o teor de K no solo apresenta baixa disponibilidade (EMBRAPA, 2007), demonstrando à baixa técnica empregada no manejo das áreas, clarificada por meio da área PP que, embora adubada com N-P-K, no ano anterior à amostragem (2007), apresenta níveis de K comparáveis ao da FN.

Os sistemas de cultivo apresentaram teores de K significativamente maiores ou semelhantes ao sistema FN (Tabela 1). Esses resultados divergem dos encontrados por Araújo et al. (2004) e Perin et al. (2003), quando afirmam que, em geral, os teores de K tendem a decrescer com o tempo de uso. Verifica-se, ainda, que os teores de K trocável foram mais expressivos na camada 0-10 cm (Tabela 1), fato também observado por Perin et al. (2003).

Neste estudo, não houve aumento nos teores de K no solo com o tempo de pousio no PP (Tabela 1), indicando que o tempo de recuperação (pousio) nesse sistema deve ser superior a um ano. Por outro lado, a adubação N-P-K realizada em 2007 foi apenas de manutenção, sendo necessária a reposição, independentemente do uso, para a manutenção da disponibilidade do nutriente para a vegetação de cobertura. Esses resultados seguiram a mesma tendência em estudos realizados por Melo et al. (2006), que obtiveram valores semelhantes nos teores de potássio em áreas de Argissolo com vegetação de *brachiaria* em cultivo de 10 e 15 anos no Estado de Roraima.

Quanto a FN, os baixos teores de K devem-se à ciclagem do elemento que concentra o K na vegetação e não no solo, evitando assim a saída do sistema por lixiviação. Esse comportamento não classifica o sistema FN como degradado nem de baixa fertilidade. Todo o sistema funciona com base na ciclagem de nutrientes; a

reserva de nutrientes está armazenada na espessa manta orgânica que fornece, gradativamente, para a vegetação (BARRETO et al., 2006).

Os valores de soma de bases variaram entre 1,86 a 0,25 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ nas cinco áreas e nas três profundidades (Tabela 1). A área DA apresentou soma de bases superior às demais, reflexo dos maiores teores das bases trocáveis e redução da acidez trocável. Os maiores valores da soma de bases ficaram concentrados na camada superficial do solo devido à influência das cinzas ou da adubação com N-P-K, decrescendo em profundidade, com maiores gradientes para DA e FN que não tiveram o solo revolvido.

A saturação por bases - CTC efetiva e CTC Total - apresentaram diferenças estatísticas significativas para a interação entre os diferentes sistemas e as três profundidades avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Saturação por bases, CTC efetiva e CTC total em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0 -10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008

Sistema	V(%)			CTC efetiva ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$)			CTC total ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$)		
	00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40
FN	27 bA	24 dA	15 dB	1,37 bA	0,77 bB	0,55 dC	4,07 abA	2,09 abB	1,67 aC
DA	43 aB	53 aA	58 aA	1,86 aA	1,20 aB	0,96 aC	4,33 aA	2,31 aB	1,66 aC
PP	35 abA	50 abB	53 abB	1,25 bA	0,88 bB	0,84 abB	3,61 bA	1,77 bB	1,58 aB
PC	40 aA	35 cA	39 cA	1,27 bA	0,78 bB	0,63 cC	2,91 cA	1,92 abB	1,63 aB
CM	37 aB	44 bA	45 bA	1,22 bA	0,89 bB	0,71 bcC	3,06 cA	1,81 bB	1,57 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não apresentam diferenças significativa a 5% pelo teste de Tukey.

A saturação por bases variou entre 27% a 43% entre os sistemas na profundidade de 0-20 cm, conferindo caráter distrófico a todos os sistemas, independente do manejo. A área FN foi a que apresentou menor valor nas três áreas estudadas (Tabela 2). Observa-se que os sistemas DA e PP passam a condição de eutróficos nas camadas 10-20 e 20-40. Valores elevados de saturação por bases em profundidade podem estar relacionados com o maior transporte dos cátions Ca e Mg no perfil devido à formação de complexos organometálicos que facilitam a mobilidade no solo através de maior quantidade de água infiltrada (SIDIRAS; PAVAN, 1985)

Os valores da CTC efetiva variaram entre 0,55 a 1,86 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ nas cinco áreas e nas três profundidades (Tabela 2). Observa-se que os valores médios foram

muito próximos dos valores médios da soma de bases em consequência dos baixos teores de Al nesses sistemas.

Os valores da CTC total variaram entre 1,58 e 4,33 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nas cinco áreas e nas três profundidades (Tabela 2), classificados como baixos, reflexo da mineralogia dominada pela caulinita e pela qualidade da matéria orgânica do solo. Esses valores decresceram ao longo do perfil do solo. O sistema DA não se diferenciou estatisticamente do FN, apesar do maior acúmulo de MOS nesse sistema, e embora se verifique aumento das bases no DA. A não influência da MOS na CTC do solo do DA vai de encontro com as correlações lineares positivas entre acúmulo de matéria orgânica e CTC registradas na literatura (RIBEIRO et al., 1996; CIOTTA et al., 2003; OLIVEIRA et al. 2008). No entanto, a matéria orgânica tem efeito destacado na microagregação e na estabilização de microagregados, reduzindo a superfície de contato. Assim, com a remoção pelo peróxido de hidrogênio, pode-se verificar aumento da superfície, proporcionado pela desestabilização dos microagregados, expondo sítios de cargas mais ativos à adsorção, especialmente da gibssita, que tende a se concentrar no núcleo dos microagregados (LAL et al. 1990; SCHAEFER, 1996). Esse fato também foi constatado por Uchôa (1996) na capacidade máxima de adsorção de sulfatos que foi reduzida pela presença da matéria orgânica.

Os sistemas PC e CM apresentaram os menores valores de CTC total, sendo estatisticamente semelhantes (Tabela 2). O PP apresentou CTC total estatisticamente superior aos sistemas PC e CM e não se diferenciou estatisticamente da FN. Apesar dos três sistemas terem o mesmo tempo de uso, o manejo do PP foi mais conservador quanto à matéria orgânica que refletiu na sua maior CTC total.

5.3 ACIDEZ DO SOLO

Os valores de pH em água e em KCl foram afetados apenas pelos sistemas. Já os teores de acidez potencial e a saturação por alumínio, pela interação entre sistemas de uso e profundidades (Tabela 3).

Tabela 3 – pH em água, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m%) em amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008

Sistema	pH		Δ pH	H + Al (cmol _c .dm ⁻³)			m(%)		
	H ₂ O	KCl		00-10	10-20	20-40	00-10	10-20	20-40
FN	5,0 b	4,3 b	-0,67 ab	2,97 aA	1,60 aB	1,42 aB	20 aC	36 aB	55 aA
DA	5,8 a	5,0 a	-0,81 ab	2,47 bA	1,11 bB	0,70 bC	0 cA	0 cA	0 bA
PP	5,7 a	4,8 a	-0,87 a	2,36 bcA	0,88 bB	0,74 bB	8 bA	0 cA	0 bA
PC	5,1 b	4,5 b	-0,60 b	1,73 dA	1,24 abB	1,00 abB	8 bB	13 bA	0 bC
CM	5,4 ab	4,6 ab	-0,76 ab	1,93 cdA	1,01 bB	0,86 bB	8 bA	11 bA	0 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não apresentam diferenças significativa a 5% pelo teste de Tukey.

O pH em H₂O em todas as amostras apresentou níveis de acidez de média a fraca, com valores variando 5,1 a 5,8. Os valores da acidez potencial nos sistemas nas diferentes profundidades variou de muito baixos, 0,70 cmol_c.dm⁻³ na camada de 20-40 cm do DA a médios na camada 0-10 cm da FN (2,97 cmol_c.dm⁻³).

A FN apresentou maior acidez ativa, enquanto os sistemas PP e DA apresentaram os menores valores e estatisticamente semelhantes (Tabela 3). Valores mais elevados da acidez ativa no DA podem ser resultados das cinzas remanescentes na área que agem como corretivo da acidez do solo, adicionando íons OH⁻, que irão neutralizar íons H⁺ e precipitar o Al⁺⁺⁺. Haverá, assim, aumento do pH, favorecimento da troca de cátions e aumento das bases, P e Zn e redução de Al⁺⁺⁺ trocável e de sua saturação, condição favorável às culturas (SANCHEZ et al, 1982; BUSCHBACHER et al, 1988; MARTINS et al., 1991; MORAES et al., 1996; DIEZ et al., 1997; BONILLA, 2005; SILVA et al. 2006).

A melhoria dos atributos químicos do DA deve-se à maior incorporação e acúmulo de MOS associada à ausência de manejo com máquinas revolvendo o solo. A conservação dos atributos químicos observados no DA, após dez anos de antropização, deve-se à ação tamponante da matéria orgânica, sobretudo ao pH do solo (DING et al., 2002), uma vez que os efeitos qualitativos da queimada não ultrapassam a um período superior a quatro meses (BARBOSA; FEARNside, 2000).

Entre os sistemas manejados com adubos e máquinas (PP, PC e CM), observam-se na Tabela 3 que os atributos químicos do PP se apresentaram superiores, demonstrando um ligeiro efeito positivo do tempo de pousio como prática necessária ao combate à degradação dos solos manejados com pastagem.

A maior acidez (ativa e potencial) observada no sistema FN não pode ser traduzida negativamente, considerando o equilíbrio nesse sistema cujas bases encontram-se na vegetação. A condição de acidez é propícia à manutenção da matéria orgânica. Os valores mais elevados de m% nos horizontes superficiais do FN podem ser explicados pela maior concentração de Al, relacionada com a fração do ácido fúlvico, favorecendo uma maior formação de complexos Al – MO (MELO, 2002).

A baixa saturação por alumínio nas três profundidades estudadas pode ser atribuída ao efeito alcalino das cinzas (Tabela 3). Em trabalho realizado por Melo et al., (2006) em sistemas antropizados com uso de fogo, foi observada acidez ativa média a fraca e influência das cinzas na neutralização da acidez trocável evidenciada nos horizontes superficiais com aumento dos cátions trocáveis pela queima dos restos culturais.

Segundo Smyth (1996), verificou-se forte incremento imediato dos teores das bases e redução do Al^{3+} após eventos de queima em áreas de capoeira, pastagem e floresta primária, seguidos de posterior redução acentuada desses valores aos teores originais ou menores, após três anos. Por outro lado, o aumento da saturação por Al^{3+} em profundidade no FN pode estar associado à redução do teor da MOS em profundidade, reduzindo a capacidade do alumínio em formar complexo com os compostos orgânicos (SPOSITO, 1989; VALE JÚNIOR, 2000).

Os resultados obtidos para os valores negativos de ΔpH em todas as áreas estudadas atestam que não houve mudança no caráter eletroquímico dos solos, mostrando que o manejo não alterou as áreas antropizadas em relação à floresta, verificando que há indícios de predomínio de argilominerais silicatados, principais receptores de cátions, sobre as cargas positivas dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al (YU, 1997). De acordo com Melo (2006), a natureza eletroquímica obtida reflete a natureza caulínica desses solos e pobreza química para exploração em sistemas de cultivo ou pastagens sem o aporte de fertilizantes e a incorporação de matéria orgânica.

5.4 P- DISPONÍVEL E P- REMANESCENTE

Para os teores de fósforo disponível no solo, houve interação significativa entre as áreas e as profundidades avaliadas (Tabela 4). As áreas estudadas registraram baixos teores de fósforo disponível no solo (EMBRAPA, 2007), fato comum nas pastagens degradadas em Roraima, as quais dependem totalmente da ciclagem biológica ou do aporte de fertilizantes (Melo et al., 2006). Estudos realizados por Melo (2006) corroboram a condição de baixa disponibilidade de P em Argissolos quando comparados aos Latossolos, que apresentam até dez vezes mais P total pelo ataque sulfúrico em relação aos encontrados nos Argissolos.

Tabela 4- Fósforo disponível e fósforo remanescente (P-rem) em amostras de Argissolos Vermelho-Amarelo em função de cinco sistemas de uso da terra, três profundidades (0- 10, 10-20 e 20-40 cm), média de cinco repetições, Serra da Lua – RR, 2008

Sistema	Fósforo (mg dm ⁻³)											
	Disponível						Remanescente					
	00-10		10-20		20-40		00-10		10-20		20-40	
FN	1,84	dA	0,68	bB	0,21	aB	46,5	aA	43,3	bA	42,7	aA
DA	2,53	cA	0,62	bB	0,40	aB	47,2	aA	46,4	abA	44,7	aA
PP	2,59	cA	1,20	abB	0,65	aB	46,0	aA	48,4	abA	46,0	aA
PC	6,27	aA	1,83	aB	0,54	aC	50,9	aA	49,1	aA	46,2	aA
CM	3,38	bA	0,79	bB	0,54	aB	49,5	aA	46,0	abAB	43,9	aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não apresentam diferenças significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Os teores de P-disponível nos solos dos diferentes sistemas variaram entre 0,21 e 6,27 mg dm⁻³ nas cinco áreas e nas três profundidades, classificados como de baixa disponibilidade de P (EMBRAPA, 1997). Observa-se um acúmulo de fósforo na superfície, bem como a diminuição dos teores em profundidade para todas as áreas estudadas. Esse fato é comum em solos amazônicos, pois associado à baixa mobilidade do P no solo, à natureza ácida dos solos e à pobreza química do material de origem, uma vez que parte do P encontra-se na biomassa vegetal (SILVEIRA; STONE, 2001; FALLEIRO et al., 2003; LUIZÃO et al., 2007).

Os sistemas PP, PC, CM apresentaram teores de P disponível superior a FN dado ao aporte por meio de fertilizante. Destacam-se o PC e em seguida o CM com valores de P disponível em profundidades estatisticamente superiores, explicada

pela adição de N-P-K para atender a demanda nutricional da cultura de milho. No entanto, nos sistemas manejados apenas com pastagem, DA e PP, os teores de P apresentam-se comparáveis, embora o PP tenha recebido aporte de N-P-K. É fato que o revolvimento do solo ocorrido no PP promove maior contato entre o íon fosfato e a superfície dos colóides inorgânicos, favorecendo as reações de adsorção e a redução de sua disponibilidade para as plantas (SANTOS et al., 2003).

Para a área FN, observou-se o menor valor de P disponível, pois a taxa de deposição de fósforo em floresta natural via reciclagem alcançam porcentagens entre 1 e 2% de retorno ao solo (MARCOS; LANCHO, 2002). No sistema DA manejado apenas com derruba e queima, verificou-se um aumento de P, na camada 0-10 cm, em comparação com a FN. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2006), que observaram que, após a derruba e queima da floresta, o fósforo aumentou em decorrência da deposição de cinzas e material vegetal decomposto.

Os valores para P-rem demonstram que os diferentes sistemas apresentam baixa capacidade de adsorção de P e baixa capacidade tampão de fosfatos (NOVAIS; SMYTH, 1999; ALMEIDA et. al., 2003) independentemente da profundidade. O fato sugere o bloqueio dos sítios de adsorção do P pela matéria orgânica contida no horizonte superficial. Dubus e Becquer (2001) verificaram correlação negativa entre a sorção de P e de C orgânico.

Na profundidade 10-20 cm observa-se que o P-rem do FN se diferencia estatisticamente do PC quanto à capacidade de adsorção do P, embora em pequena magnitude. A superioridade do sistema FN quanto à adsorção de P em relação ao PC deve-se possivelmente à qualidade da matéria orgânica. Segundo Fontana et al., (2008), os sistemas de manejo em plantio direto (PD) reduziram a adsorção e a precipitação de P, principalmente pela presença de substâncias húmicas mais estáveis, como ácidos húmicos e húmica.

Entre os sistemas apenas o CM apresentou redução do P-rem em profundidade indicando possível variabilidade nas características físico-químicas, granulométricas e mineralógicas (EBERHARDT et al., 2008).

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, podem-se estabelecer como principais conclusões que:

- a. A implantação dos diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas, não causaram mudanças nos atributos químicos do solo, apesar do aporte de fertilizantes químicos e revolvimento do solo.
- b. Tanto o sistema DA quanto o sistema PP encontram-se na classe de teores médios de matéria orgânica do solo. A mineralização da matéria orgânica e as cinzas oriundas da queima dos restos da vegetação nativa proporcionaram melhorias nos valores do sistema DA superando os demais sistemas. Em todos os sistemas houve maior aporte da matéria orgânica na camada superficial.
- c. A maioria das bases trocáveis do complexo de troca permaneceram abaixo do nível crítico (classe baixa), exceto o Ca trocável no sistema DA que passou para a classe de fertilidade média. Tanto as bases quanto à soma de bases encontraram-se mais destacadas na camada superficial de 0-10 cm.
- d. Os maiores valores de saturação por base, CTC efetiva e CTC total foram no sistema Da devido ao maior aporte de MOS nesse sistema, em todos os sistemas houve diminuição em profundidade.
- e. A acidez ativa foi menor nos sistemas DA onde também foi verificado o menor valor na saturação por alumínio devido à deposição das cinzas resultante da queima e PP devido ao tempo de pousio em relação à Floresta Nativa. A acidez potencial foi menor na Floresta Nativa devendo-se ao equilíbrio natural da floresta, na qual foi verificado o maior valor de saturação por alumínio sendo associado ao teor de MOS, em todos os sistemas houve uma diminuição dos teores de acidez potencial em profundidade.
- f. O maior aporte de fósforo disponível foi no sistema PC onde houve adição de fertilizante químico com maior acúmulo em superfície para todos os sistemas decrescendo em profundidade. Para o fósforo remanescente independentemente do sistema, o solo apresentou valores em sua maioria altos, principalmente nos horizonte superficiais, o que resulta em baixa capacidade de adsorção de fosfato.

7 REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MILENICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 24, p.179-189, 2000.
- ALFAIA, S. S.; SOUZA, L. A. G. Perspectivas de uso e manejo dos solos na Amazônia. In: Araújo, Q. R. Ed. **500 Anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.29, p.923-934, 2005.
- ALLEONI, L. R. F.; ZAMBROSI, F. C. B.; MOREIRA, S. G.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Liming and electrochemical attributes of an Oxisol under no tillage. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.60, p.119-123, 2003.
- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.27, p.985-1002, 2003.
- ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. de. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Bol. Inf. Soc. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v.25, p.27-32. 2000.
- AMARAL, A. S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. Porto Alegre, 2002. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ANDREUX, F.; CERRI, C.; VOSE, P. B.; VITORELO, V. A. Potencial of isotopic methods for determining input and turnover in soils. In: HARRISON, A.; INESON, P.; HEAL, O. W. (Ed.). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems: field methods, application and interpretation**. Essex: Elsevier Sci. Pub., 1990. p. 259-275.
- ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Aluminum toxicity in no-tillage system in Southern Brazil. In: **World congress of soil science**, Montpellier, 1998. Summaries. Montpellier, International Soil Science Society, 1998. p. 261-267.
- ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob mata nativa. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, p. 337-345, 2004.
- ASNER, G. P.; TOWNSEND, A. R.; BUSTAMANTE, M. M. C.; NARDOTO, G. B.; OLANDER, L. P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. **Glob. Chang. Biol.**, Oxford, v. 10, p. 844-862, 2004.

BANDEIRA, A. G. Ecologia de cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Central: efeitos do desmatamento sobre as populações. **Acta Amazon.**, Manaus, v. 9, p. 481-499, 1979.

BANDY, D.; GARRITY, D. P; SANCHEZ, P. El Problema Mundial de la Agricultura de Tala e Queima. **Agrofloresteria en las Américas**. Turrialba, Costa Rica, v. 3, p. 6-9, 1994.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA. R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G., eds. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, 1997. p.325-335.

BARBOSA, R. I.; FEARNside, P. M. As lições do fogo. **Cienc. Hoje**, São Paulo, v. 26, p. 35-39, 2000.

BARIZON, R. R. M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. Botucatu, 2001. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE.; M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R de.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestral e pastagem no Sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, p.415-425, 2006.

BARROS, L. da S. **Erosão do solo em plantios de *Acacia mangium Willd* e savana, Roraima, Norte da Amazônia**. Boa Vista, 2007. Monografia (Pós-Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Roraima.

BATJES, N. H. Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grassland of Africa. **Agr. Environ.**, v. 6, p. 133-143, 2004.

BATJES, N. H.; DIJKSHOORN, J. A. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon Region. **Geoderma**, Amsterdam v.89, p.273-286, 1999.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetado por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Porto Alegre, 1992. 172f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 1996. 241f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.21, p.235-239, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Pesqui. Agropecu. Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.331-339, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIM NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil. Tillage Res.**, Amsterdam, v.54, p.101-109, 2000.

BENEDETTI, U. G. **Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima**. Boa Vista, 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 22, p. 215-221, 1998.

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C.; VOLKOFF, B.; JOLIVET, C. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 62, p. 743- 749, 1998.

BEZERRA, J. E. S. **Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays*, L)**. Viçosa, 1978, 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O.; **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Metrópole Indústria Gráfica LTDA, 2004.

BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; SMITH, M. S. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil. Tillage Res.**, Amsterdam, v.3, p.135-146, 1983.

BONILLA, A. L. C. **Balanço de nitrogênio em microbacias pareadas (floresta vs pastagem) no Estado de Rondônia**. Piracicaba, 2005. 69p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto **RADAMBRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, Na. 20 Roraima e Na. 21. RJ, v.8, 1975.

BROCKI, E. **Sistemas agroflorestais de cultivo e pousio: Etnoconhecimento de agricultores familiares do lago do Paru (Manacapuru, AM)**. Manaus, 2001, 165 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

BUSCHBACHER, R.; UHL, C.; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pasture in easter in Amazonia. II. Nutrient stock in the soil and vegetation. **J. Ecol.**, Oxford, v.76, p. 682-699, 1988.

CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface Application of Lime for Crop Grain Production Under a No-Till System. **Agron. J.**, Madison, v.97, p.791- 798, 2005.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.87-98, 2006.

CAMARGO, P. B.; TRUMBORE, S. E.; MARTINELLI, L. A.; DAVIDSON, E. A.; NEPSTAD, D.C.; VICTORIA, R. L. Soil carbon dynamics in regrowing forest of eastern Amazonia. **Glob. Chang. Biol.**, Oxford, v.5, p. 693-702, 1999.

CAMBRI, M. A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. Piracicaba, 2004. 83p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.19, p. 121-126, 1995.

CANCÈS, B.; PONTHEU, M.; CASTREC-ROUELLE, M.; AUBRY, E.; BENEDETTI, M.F. Metal ions speciations in a soil and its solution: experimental data and model results. **Geoderma**, Amsterdam, v.113, p.641-355, 2003.

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

CARVALHO, J. L. N. **Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente**. Piracicaba, 2006. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

CENTURION, J. F.; DEMATTE, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 9, p.267-270, 1985.

CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cah. Orstom. Ser. Pedol.**, v.26, p.37-50, 1991.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J. L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG : SBCS; UFV, 1996.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C. C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 67, p. 1879-1887, 2003.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; DAVIDSON, E. A.; BERNOUX, M.; FELLER, C. A ciência do solo e o sequestro de carbono. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p.21-25, 2004.

CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J. C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Changes in organic matter in an oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: BERGHEIM, J. (Ed.). **Diversity of environmental biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 397-405.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.26, p.1055-1064, 2002.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO NO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. **Recomendações de adubação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aprox. Viçosa: UFV. 359p, 1999.

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PAULINO, V. T.; ARAÚJO, R. G. P.; MOCHIUTTI, S. Recuperação e renovação de pastagens degradadas. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106.html>>. Acesso em 19 jun. 2009.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Cienc. hoje**, São Paulo, v.12, p.22-30, 1990.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. In: Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Decologia**, v. 68, p. 446 –472, 1986.

DANTAS, M. Pastagens da Amazônia Central: ecologia e fauna do solo. **Acta Amazon.**, Manaus, v.9, p. 1-54, 1979.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Organic carbon and C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v.61, p.103-118, 1994.

DESJARDINS, T.; CARNEIRO FILHO, A.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, C. Changes of forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during holocene revealed by stable isotope ratios of soil organic carbon. **Oecologia**, v. 108, p. 749-756, 1996.

DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; BARROS, E.; BROSSARD, M.; CHAPUIS-LARDY, L.; CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; GUIMARÃES, F.; MARTINS, P.; MITJA, D.; MÜLLER, M.; SARRAZIN, M.; TAVARES FILHO, J.; TOPALL, O. Dégradation des pâturages amazoniens. Description d'un syndrome et de ses déterminants. **E.G. S.**, v. 7, p. 353-78, 2000.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian **Amazonia**. **Agr. Environ.**, v. 103, p. 365-373, 2004.

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S de. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: Alternativas viáveis visando à sustentabilidade dos ecossistemas de produção de ruminantes nos diferentes ecossistemas, 2005, Goiânia, **Anais...Goiânia**: SBZ. p. 95-104, CD-ROM.

DIEZ, J. A.; POLO, A.; DIAZ-BURGOS, M. A.; CERRI, C. C.; FIEGL, B. J.; PICOLLO, M. C. Effect of fallow land cultivated pasture and abandoned pasture on soil fertility in two deforest Amazonian regions. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 24, p. 45-52, 1997.

DING, G.; NOVAK, J. M.; AMARASIRIWARDEMA, D.; HUNT, P. G.; XING, B. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 66, p.421-429, 2002.

DUBUS, I. G.; BECQUER, T. Phosphorus sorption and desorption in oxide-rich ferrosols of New Caledonia. **Aust. J. Soil Res.**, v. 39, p. 403-414, 2001.

DUIKER, S. W.; CURRAN, W. S. Cover Crops. In: BEEGLE, D.B. (Ed.) **The Agronomy Guide 2003**. Pennsylvania: Publications Distribution Center, 2003. p.111- 115.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 32, p.1009-1016, 2008.

EDEN, C. Working with Problems Using Cognitive Mapping. In: LITTLECHILD, S.C.; SHUTLER, M. F. **Operations Research in Management**. Prentice Hall, p.236-259.

EGGERS, L. **Ação do fogo em uma comunidade campestre, em bases fitossociológicas**. Porto Alegre, 1991. 136f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Curso de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Polo Roraima**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1983. 1368p. (Boletim de Pesquisa nº 18).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Características químicas dos solos em área de pastagem nativa recém-queimada no Pantanal arenoso, MS. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2002, 19p. (Boletim de Pesquisa nº 36).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Produzir Sem Queimar** – Projeto Tipitamba. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2002. (Cartilha).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendação de adubação e calagem para os solos. In: CRAVO, M. S da.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (Eds.). **Interpretação dos resultados de Análise de solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 43-48.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; OLIVEIRA, L. C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.22, p. 275-280, 1998.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 35, p.889-901, 2004.

FALESI, I. C. **Ecosistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa - CPATU, 1976. 32 p. (Boletim Técnico do CPATU, 1).

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 27, p.1097-1104, 2003.

FARIA, A. F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M.; BATISTELLA F. F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na Bacia do rio Araguaia, Estado do Tocantins. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.34, p.517-524, 2010.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. Costa Rica: IICA, 1975.

FEARNSIDE, P. M. Initial soil quality conditions on the Transamazon Highway of Brazil and their simulation in models for estimating human carrying capacity. **J. Trop. Ecol.**, v.25, p. 1-21, 1984.

FEARNSIDE, P. M. **Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest**. New York, E.U.A: Columbia University Press, 1986.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. **Ambio**, v.22, p.537-545, 1993.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. **For. Ecol. Manage.**, Berlin, v.108, p. 147-166, 1998.

FEIGL, B. J. **Dinâmica da matéria orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondônia)**. Piracicaba, 1994. 68p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

FEIGL, B. J.; MELILLO, J.; CERRI, C. C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). **Plant Soil**, v.175, p.21-29, 1995.

FEIGL, B.; CERRI, C.; PICCOLO, M.; NORONHA, N.; AUGUSTI, K.; MELILLO, J.; ESCHENBRENNER, V.; MELO, L. Biological survey of a lowproductivity pasture in Rondônia state, Brazil. **Outlook on Agric.**, v. 35, p. 199-208, 2006.

FERNANDES, E. C. M.; MATOS, J. GARCIA, S.; WANDELLI, E.; PERIN, R. Sistemas Agroflorestais. **Ciência e Cultura** - Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, v. 49, p. 34-47. 1997.

FERNANDES, F. A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A. H. B. M. Alterações na matéria orgânica de um Podzol Hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v. 34, p. 1943-1951, 1999.

FERNANDES, A. R.; LINHARES, L. C. F.; MORAIS, F. I. O.; SILVA, G. R. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 40, p. 45-54, 2003.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; CRISPIM, S. M. A. **Biomassa microbiana e conteúdos de carbono e nitrogênio do solo em áreas de pastagem nativa sujeita à queimada, Pantanal Mato-Grossense – Corumbá**. 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 73).

FERREIRA, S. J. F.; CRESTANA, S.; LUIZÃO, F. J.; MIRANDA, S. A. F. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. **Acta Amazon.**, Manaus, v.31, p.381-396, 2001.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; MELLO-IVO, W.; ROSS, S. M.; BIOT, Y. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia central. **Acta Amazon.**, Manaus, v.32, p. 449-466, 2002.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; ROSS, S. M.; BIOT, Y.; MELLO-IVO, W. M. P. Soil water storage in an upland forest after selective logging in Central Amazonia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.28, p.59-66, 2004.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO F. J.; MIRANDA, S. A. F.; SILVA, S. R.; VITAL, A. R. T. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazon.**, Manaus, v. 36, p.59-68, 2006.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F. Fósforo remanescente e correlação com as substâncias húmicas em um Latossolo Vermelho

sob diferentes sucessões de cultura em plantio direto. **Rev. Bras. Agrocienc.**, v.14, p.1-6, 2008.

FOY, C. D. Differential aluminum and manganese tolerance of plant species and varieties in soils. **Cienc. Cult.**, Campinas, v. 28, p. 150-155, 1976.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, p.459-467, 2000.

FREITAS, L. de S. **Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades químicas e físicas do solo no cerrado do sudeste paraense**. Belém, 2005. 123f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia.

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

GARCIA-MONTIEL, D. C.; NEILL, C.; MELILLO, J.; THOMAS, S.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C. Soil phosphorus transformations following forest clearing for pasture in the Brazilian Amazon. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 64, p. 1792-1804, 2000.

GARCÍA-OLIVA, F.; CASAR, I.; MORALES, P.; MAASS, J. M. Forest-topasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. **Oecologia**, v. 99, p. 392-396, 1994.

GIARDINA, C.P.; SANFORD, R.L.; DOCKERSMITH, I.C.; JARAMILLO, V.J. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. **Plant Soil**, v. 220, p. 247-260, 2000.

GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT – GFRA. **Food and Agriculture Organization**. 2005. Disponível em: < [http: / /www.fao.org /documents/show_cdr.asp?url_file = /-docrep/008/a0400e/a0400e00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/-docrep/008/a0400e/a0400e00.htm)> Acesso em: 16 jan 2008.

GUALBERTO, V. MELLO, C. R. NÓBREGA, J. C. A. O Uso do Solo no Contexto Agroecológico: Uma pausa para reflexão. **R. Inf. Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, p. 18-28, 2003.

HARGROVE, W. L.; THOMAS, G. W. Extraction of aluminum from aluminum-organic matter complexes. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 45, p.151-153, 1981.

HOLSCHER, D.; LUWING, B.; MOLLER, R. F.; FOLSTER, H. Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. **Agricult. Ecosys. Environ.**, v. 66, p.153-163, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2008. **Censo agropecuário 2006, resultados preliminares**. Censo agropecuário. Rio de Janeiro. p. 1-146, 2006. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 maio 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. 2009. Disponível em: <http://www.inpe.br> Acesso em: 15 jun. 2010.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation**. New York: John Wiley & Sons, 1985.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash and burn agriculture. **Agricult. Ecosys. Environ.**, v. 58, p. 49-60, 1996.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **J. Ecol.**, Oxford, v. 82, p.519-531, 1994.

KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

KINRAIDE, T. B. Identify of the rhizotoxic aluminum species. **Plant Soil**, v.134, p. 167-178, 1991.

KLEINMAN, P. J. A.; PIMENTEL, D.; BRYANT, R.B. The ecological sustainability of slashandburn agriculture. **Agricult. Ecosys. Environ.**, v. 52, p. 235-249, 1995.

KOUTIKA, L. S.; BARTOLI, F.; ANDREUX, F.; CERRI, C. C. Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. **Geoderma**, Amsterdam, v. 76, p. 87-112, 1997.

LAL, R. Soil carbon dynamic in cropland and rangeland. **Environ. Poll.**, v.116, p. 353-362, 2002.

LAL, R.; LOGAN, T. J.; FAUSEY, N. R. Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in North-west Ohio. **Soil. Tillage Res.**, Amsterdam, v.15, p.371-382, 1990.

LARSON, W.; PIERCE, F. J. The Dynamics of Soil Quality as a Measure of sustainable Management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Madison: Soil Science of America, SSSA, Special publication, 1994, p. 37-51.

LAURANCE, W. F.; FEARNside, P. M.; LAURANCE, S. G. DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T. E.; RANKIN-DE-MERONA, J. M.; CHAMBERS, J. Q.; GASCON, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscapescale study. **For. Ecol. Manage.**, Berlin, v.118, p.127-138, 1999.

LONGO R. M.; ESPÍNDOLA C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria sp.*) em áreas de Cerrado e floresta amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, p.723-729, 2000.

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

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, C. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, p.175-187, 2004.

LUGO, A. E.; BROW, S. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. **Plant Soil**, v. 149, p. 27-41, 1993.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.; PROCTOR, J. Fine root growth and nutrient release in decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonia. **Plant Ecol.**, v. 192, p. 225-236, 2007.

LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; OLIVEIRA, P. P. A. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: 21º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2004, Piracicaba. **Anais...Piracicaba: FEALQ**, p. 63-100, CD-ROM.

MACKENSEN, J.; HÖLSCHER, D.; KLINGE, R.; FÖLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **For. Ecol. Manage.**, Berlin, v.86, p.121- 128, 1996.

MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. (Ed.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p. 374-416.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações.** São Paulo: Nobel, 2002.

MARCOS, G. M.; LANCHO, J. F. G. Atmospheric deposition in oligotrophic Quercus pyrenaica forests: implications for Forest nutrition. **For. Ecol. Manage.**, Amsterdam, v. 171, p. 17-29, 2002.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecol. Appl.**, v. 14, p. S177-S199, 2004.

MARSCHNER, B.; WILCZYNSKI, A.W. The effect of liming on quantity, and chemical composition of soil organic matter in a pine forest in Berlin, Germany. **Plant Soil**, v.137, p.229- 236, 1991.

MARTINEZ, L. J.; ZINCK, J. A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. **Soil. Tillage Res.**, Amsterdam, v. 75, n. 1, p. 3-17, 2004.

MARTINS, P. F. S.; CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F. Efeito do desmatamento e o cultivo sobre características físicas e químicas do solo sob floresta natural na Amazônia oriental. **Revista I.G.**, São Paulo v. 11, p. 21-33, 1990.

MARTINS, P.S.F.; CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F. & CHAUVEL, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **For. Ecol. Manag.**, Berlin, v. 28, p.273-282, 1991.

MARTINS, A. R. A. **Dinâmica de nutrientes na solução do solo em um sistema agrofotestal em implantação.** Piracicaba, 2001. 144p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

MATIAS, M. I. A. S. **Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro.** Cruz das Almas- BA, 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Bahia.

MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. **Soil Sei. Soe. Am. Proc.**, v. 36, p. 296-300, 1972.

MELLO, A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J. **Fertilidade do Solo.** 3 ed. São Paulo: Nobel,. 400p. 1989.

MELO, A. W. F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre.** Piracicaba, 2003, 74 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, p.269-284, 2000.

MELO, V. F. **Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú.** Viçosa, 2002. 145p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; JÚNIOR, J. B. L.; ANDRADE, R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.1039-1050, 2006.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Palestras...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CD-ROM.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômenos de superfície. In: MEURER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo.** Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.

MIELNICZUK, J.; RHEINHEIMER, D. S.; VEZZANI, F. M. Interações fertilidade e conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 2000, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria, CD-ROM.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p.165-178.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: Potafos, 2000. (Encarte Técnico Informações Agronômicas nº 92).

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 63-81, 1996.

MORAES, J. C. **Condições dos solos em áreas de pousio dos cultivos praticados por índios Guarani, em Ubatuba, SP**. Botucatu, 2002. 174p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004

MULLER, M. M. L.; GUIMARAES, M. D.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. D. Pasture degradation in the Amazon region: soil physical properties and root growth. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v. 36, p. 1409-1418, 2001.

MULLER, M. M. L.; GIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study. **Agr. Environ.**, v. 103, p. 279-288, 2004.

MUZZILI, O. Influência do sistema plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

NEILL, C.; FRY, B.; MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A. S.; MORAES, J. F. L.; CERRI, C.C. Forest and pasture-derived carbon contributions to carbon stocks and microbial respiration of tropical pasture soils. **Oecologia**, v. 107, p. 113-119, 1996.

NEILL, C.; MELILLO, J.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, J. F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. **Ecol. Appl.**, v.7, p.1216-1225, 1997.

NEVES J. A. F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia**. Piracicaba, 2005. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Atividade e especiação química nas soluções afetadas pela adição de fósforo em Latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.955-963, 2006.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

NUMATA, I. **Avaliação da conversão de floresta para pastagem na Amazônia usando sensoriamento remoto e a fertilidade do solo**. São José dos Campos, 1999. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, INPE.

NUMATA, I.; SOARES, J. V.; LEÔNIDAS, F. C. Comparação da fertilidade de solos em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. **R. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v.26, p.949-955, 2002.

NÚÑEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. **Bragantia**, Campinas, v.62, p.101-109, 2003.

OLIVEIRA, C. M. de; NAPPO, M. E.; PASSOS, R. R.; MENDONÇA, A. R. de. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.7, n. 12, 2008. <<http://www.revista.inf.br/florestal11/html>>. Acesso em 27 jun. 2009.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2000. 247p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 103, p. 289-300, 2004.

PAVAN, M.A; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee in ultisoils and oxisols amended with CaCO_3 e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 46, p.1201 – 1207, 1982.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 57, p. 531-537, 2000.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, p. 791-796, 2003.

RAIJ, B. V.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Sei. Soe. Am. Proc.**, v. 36 p. 587-593, 1972.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1991.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 2000. 211f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RHEINHEIMER, D. S.; CONTE, E.; ANGHINONI, I. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 27, p.41-49, 2003.

RIBEIRO, A. C.; MELLO, J. W. V. de; NOVAIS, R. F. Propriedades físico-químicas do solo. In: **Fertilidade e manejo do solo**. Brasília: ABEAS, 1996. 54p. (Módulo, 3).

RITCHIE, G. S. P. Soluble aluminium in acid soils: principles and practicalities. **Plant Soil**, v.171, p.17-27, 1995.

RODELA, A.A.; FISCHER, K.R.; ALCARDE, J.C. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.26, p.17-18, 1995.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the ¹³C/ ¹²C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, v. 104 p.185-202, 2001.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **R. Ci. Unicruz**, v. 1, p. 9-13, 1999.

SALISBURY, D.S.; SCHMINK, M. Cows versus rubber: changing livelihoods among Amazonian extractivists. **Geoforum**, v.38, p.1233-1249, 2007.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. Porto Alegre, 2005. 158 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. **Science**, v. 216, p. 821-827, 1982.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; SPERA, S. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.545-552, 2003.

SCHAEFER, C. E. G. R. Soils and paleosols from northeastern Roraima North Amazonia: Geomorphology, genesis and landscape evolution. Reading: University of Reading, 1994.

SCHAEFER, C. Microstructure of Latosols as long-term biotic constructs. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. Águas de Lindóia. 1996. 20p. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo, CD-ROM.

SCHAEFER, C. E. G. R.; VALE Jr., J. F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G ; CASTELLÓN, E. G. (Ed.) **Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima**. Manaus, INPA, 1997, p.231-293

SCHOLLES, R. J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. **Geoderma**, v. 79, p. 9-24, 1997.

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

SERRÃO E. A. S.; TOLEDO J. M. The search for sustainability in Amazonian pastures. In: ANDERSON, A.B. (Ed.) **Alternatives to deforestation: steps towards sustainable utilization of amazon forest**. New York: Columbia University Press, 1990. p.195-214.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter stabilization in two semiarid tropical soils: size, density and magnetic separations. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 62, p.1247-1257, 1998.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.9, p.249-254, 1985.

SILVA, D. N.; MEURER, E.; KAMPF, N. ; BORKET, C. M. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.19, p.433-439, 1995.

SILVA, J. E. O.; LEMAINSKI, J. O.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.329-337, 2006.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 387-394, 2001.

SMYTH, T. J. Manejo da fertilidade do solo para a produção sustentada de cultivos na Amazônia. In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p.71-94.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 27 p. 133-139, 2003.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1989.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. & BORKERT, C. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M., (Eds.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. p.105-135.

TEIXEIRA, W. G.; PE REIRA, E.G.; CRUZ, L. A.; BUENO, N. Influência do uso nas características físico-química de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Manaus, AM. In: CONGRSSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 12., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo, CD-ROM.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.16, p.107-114, 1992.

TOWNSEND, A. R.; ASNER, G. P.; CLEVELAND, C. C.; LEFER, M. E.; BUSTAMANTE, M. M. C. Unexpected changes in soil phosphorus dynamics along pasture chronosequences in the humid tropics. **J. Geophys. Res.**, v. D20, p. LBA 34-1, 2002.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com milho na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 2000, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABMS, CD-ROM.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; MENDES, A. M.; PEREIRA, R. G. de A.; MAGALHÃES, J. A. **Limitações nutricionais do solo sob pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Porto Velho, Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 2003. 4p. (Comunicado Técnico nº 255).

UCHÔA, S. C. P. **Dinâmica de formas lábeis e não lábeis de enxofre no solo**. Viçosa, 1998. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa.

UHL, C.; JORDAN, C. F. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. **Ecol.**, v.65, n.5, p.1476-1490, 1984.

URRUTIA, M.; MACÍAS, F.; GARCÍA-RODEJA, E. Evaluación del CuCl₂ y del LaCl₃ como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. **Nova Acta Científica Compostelana**, v.5, p.173-182, 1995.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima.** Viçosa, 2000. 185p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa.

VALE JÚNIOR, J. F.; LEITÃO SOUSA, M. I. Caracterização e Distribuição dos solos das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; SOUZA, J. M. C. **Savanas de Roraima – Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris.** FEMACT. Boa Vista – Roraima, 2005. p. 79-81.

VANCE, G. F.; STEVENSON, F. J.; SIKORA, F. J. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. In: SPOSITO, G. (Ed.). **The environmental chemistry of aluminum.** 2.ed. Flórida: Lewis Publishers, 1996, p.169-220.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 58, p. 175- 180, 1994.

WERNER, J. C. Calagem para plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. **Pastagens fundamentos da exploração racional.** 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, 2002, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: Aldeia Norte-PR, p.14-53.

WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; BELESKY, J. D.; SNUFFER, J. D. The effect of phosphate rock dissolution on soil chemical properties and wheat seedling root elongation. **Plant Soil**, v. 134 p.21-30, 1991.

YU, C.; WARRICK, A. W.; CONKLIN, M. H.; YOUNG, M. H.; ZREDA, M. Two and three parameter calibrations of time domain reflectometry for soil moisture measurement. **Water Res. Res.**, v. 33p. 2417-2421, 1997.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p.487-495, 2007.

ZANATTA, A. C. A.; MUNDSTOCK, C. M. Efeito de níveis de fósforo e alumínio sobre estruturas vegetativas do sistema aéreo de trigo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.26, p.1365-1379, 1991.