**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da
terra no Sudoeste da Amazônia**

Maísa Honório Belizário

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Solos e Nutrição de Plantas**

**Piracicaba
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Belizário, Maísa Honório

Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no
sudoeste da Amazônia / Maísa Honório Belizário. - - Piracicaba, 2008.
93 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Amazônia 2. Aquecimento global 3. Carbono 4. Efeito estufa 5. Gás
carbônicos (Emissão) 6. Matéria orgânica do solo 7. Química do solo 8. Uso do
solo I. Título

CDD 631.41
B431m

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Maísa Honório Belizário
Engenheira Agrônoma

**Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no
Sudoeste da Amazônia**

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS CLEMENTE CERRI**

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Solos e Nutrição de Plantas**

Piracicaba
2008

“Feliz o homem que acha sabedoria,
e o homem que adquire conhecimento;
porque melhor é o lucro que ela dá do que o da prata,
e melhor a sua renda do que o ouro mais fino...”
Pv. 3:13-14

DEDICO

Aos meus pais, Maria Eunice Honório Belizário
e Benedito Belizário (Nê).
A minha irmã preferida, Heloísa Honório Belizário

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela vida e por não me deixar desistir de sonhar....

Ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq pela concessão da bolsa de mestrado

À Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo suporte financeiro para realização dessa pesquisa.

Ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP por permitir o uso de sua estrutura para execução do projeto de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri por sua orientação, amizade e ensinamentos. Muito Obrigada!

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Pellegrino Cerri – ESALQ/USP pela sua disposição nas revisões e sugestões a esse trabalho.

A Prof^a. Dr^a. Brigitte Josefine Feigl – CENA/USP por sua disposição em ajudar (nas idas e vinda da Fazenda Areião), pelas correções sugeridas.

Aos técnicos de Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - CENA/USP Lillian Assêncio de Campos, Dagmar Gisleine Marchesoni, Sandra Maria Genário Nicolete, “Gregori da Encarnação Ferrão” pelo auxílio na execução das análises laboratoriais e amizade conquistada.

A técnica do Laboratório de Ecologia Isotópica - CENA/USP Maria Antonia Zambetta Perez pelo apoio nas análises de $\delta^{13}\text{C}$.

A secretária Antônia Mara P. Casarin pela amizade e disposição para resolver assuntos burocráticos.

Ao pós doutorando Marcos Siqueira Neto pela amizade, paciência e colaboração neste trabalho. Obrigada Marquinho's!

A Silvia Maria Zinsly e equipe da Divisão de Biblioteca e Documentação pelas correções realizadas com o propósito de adequar esse material as normas de elaboração de tese da ESALQ/USP.

Aos pós-graduandos: André Mazzetto, Bruna Gonçalves, Carolina Lisboa Cindy Moreira, Ciro Righi, Francisco Mello, Felipe Cury, Gabor Szakacs, João Luis Carvalho, Leidivan Frazão,

Karina Cenciani, Marcelo Galdos, Marília Chiavegato, Sandra Sá, Suzian Martins, Stoécio Maia pela amizade e bom convívio.

Aos estagiários do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental: Breno Boro, Cristiane Alcarde e Diana Signor pela disposição

Aos amigos da Pós-Graduação da ESALQ/USP em especial: Adilson; Gean Matias, karina Albernaz, Livia Marcolini, Suzana Romeiro, Shirley Famelli, Tatielle Fenilli

As amigas-irmãs Adriana Guirado, Emily Ribeiro, Ingrid Horak, Virginia Damin pelos conselhos, apoio, bons momentos de descontração....Amo vocês!!!

Aos meus pais pelo amor incondicional, orações, confiança, apoio e exemplo de vida a seguir; a minha jóia rara Heloisa pelos sábios conselhos, amizade....não existira sem vocês.Amo

Aos meus familiares: avós, tios e tias, primos e primas por sempre me incentivarem a lutar pelos meus objetivos.

A todas as pessoas que colaboraram, direta ou indiretamente, para realização dessa pesquisa.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 DESENVOLVIMENTO	12
2.1 Revisão Bibliográfica	12
2.2 Material e Métodos	23
2.2.1 Caracterização da área de estudo	23
2.2.1.1 Clima	23
2.2.1.2 Relevo	24
2.2.1.3 Vegetação	24
2.2.1.4 Solos	26
2.2.2 Caracterização das Ecorregiões	28
2.2.2.1 Escolha dos locais de amostragem	30
2.2.2.2 Coleta e preparo ds amostras de terra para análises	39
2.2.3 Análise físico-química dos solos	39
2.2.3.1 Análise granulométrica	40
2.2.3.2 Análise do pH	40
2.2.3.3 Densidade do solo	40
2.2.4 Determinação do estoque de carbono do solo	41
2.2.4.1 Calculo das camadas equivalentes do solo	42
2.2.5 Qualidade da matéria orgânica do solo:origem do carbono	42
2.2.6 Análise dos Resultados	43
2.3 Resultados e Discussão	44
2.3.1 Análise geral do atributos do solo	44
2.3.2 Característica físico-química do solo	49
2.3.2.1 Granulometria	49
2.3.2.2 Acidez do solo	51
2.3.2.3 Densidade do solo	52
2.3.3. Teor de carbono no solo	54

2.3.2.4 Correlação do teor de C e atributos do solo.....	55
2.3.3.2 Relação entre os teores de carbono e os teores de argila e silte do solo.....	56
2.3.4 Estoque de carbono do solo	61
2.3.4.1 Estoque de carbono no solo para os diferentes usos nas ecorregiões	64
2.3.4.1.2 Estudo de caso: AltoXingu.....	66
2.3.5 Composição isotópica do solo	71
2.3.6 Taxa de acúmulo ou perda de carbono em relação à vegetação nativa	74
2.3.7 Comparação entre os estoques de carbono do solo estimados e verificados para as áreas de vegetação nativa nos estados de Rondônia e Mato Grosso	75
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERENCIAS	79
ANEXO	93

RESUMO

Mudanças no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia

As mudanças no uso da terra tais como a conversão de ecossistemas naturais em agro ecossistemas, provocam alterações significativas na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS); bem como é responsável pela crescente emissão de gases causadores do efeito estufa no Brasil, representando cerca de 20% do total das emissões. Nos últimos 30 anos, essa prática tem ocorrido de forma mais intensa no arco do desmatamento da Amazônia, particularmente nos Estados de Rondônia e Mato Grosso. Assim o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar variações nos estoques de carbono do solo, devido à mudança do uso da terra para pastagens na região Sudoeste da Amazônia. Os objetivos específicos foram: quantificar alguns atributos químicos e físicos do solo, os estoques de carbono do solo e do carbono remanescente, pela abordagem isotópica, da área de floresta nativa e aquelas transformadas em pastagens. A área de estudo (7 ° e 18 ° S; 50 ° e 67 ° W) está localizada nos Estados de Rondônia e Mato Grosso. Os solos avaliados foram Latossolos, Argissolos e Neossolos, representando 75% da área total dos dois Estados. A seleção dos locais de amostragem foi realizada a partir da divisão preliminar da área total em 11 ecorregiões biogeoclimáticas, com posterior sorteio aleatório das cidades. As amostragens de solos foram realizadas entre Junho/Julho de 2007, em cinco situações distintas: vegetação nativa (floresta, cerrado e cerradão) (NA), pastagem (PA) sob diferentes manejos, culturas perenes (PE), áreas sob cultivo convencional (PC) e plantio direto (PD). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições. As amostras de solo foram coletadas nas seguintes camadas: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. Os resultados indicaram que o sistema PD decresceu o pH do solo nas camadas mais profundas. Para todos os tratamentos, Δ pH demonstrou o predomínio de cargas negativas. A densidade do solo foi maior nas pastagens degradadas. Os teores de carbono apresentaram correlação positiva com os teores de argila+silte em todas as profundidades do solo para os diferentes sistemas de uso da terra. Na camada 0-30 cm, PC apresentou uma tendência de aumento dos estoques de carbono (51,46 Mg ha⁻¹), seguido por PD (48,76 Mg ha⁻¹), PA (46,75 Mg ha⁻¹) e PE (46,75 Mg ha⁻¹), ainda que diferenças significativas entre as áreas não foram encontradas. Na floresta, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostraram variação de -28 a -26‰ com o aumento da profundidade do solo, enquanto na pastagem a variação $\delta^{13}\text{C}$ foi menor do que na floresta (-22 a -24 ‰), devido possivelmente à presença de carbono remanescente da floresta nas camadas mais profundas do solo. A idade das pastagens não influenciou diretamente o acúmulo de carbono do solo, assim como o maior estoque de carbono encontrado na pastagem com 18 anos de uso. A textura do solo (30-60% argila+silte) determinou a maior taxa anual de estoques de carbono (2,14 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) no tratamento PD. A diferença entre o estoque de carbono estimado pelo software ArcGis 9.0 e o encontrado neste estudo foi 0,53 Mg⁻¹ ha⁻¹ para os diferentes tipos de solo e vegetação.

Palavras-chave: Carbono do solo; Mudança no uso da terra; Aquecimento global; Emissão de CO₂; Amazônia

ABSTRACT

Changes in the soil carbon stocks due to agricultural land use in the Southwest Amazonian

Land use changes such as conversion of natural ecosystems to agro ecosystems are shown to cause alterations in the transformations of soil organic matter (SOM), as well they are responsible for crescent emissions of greenhouse gases (GEE), therefore representing around 20% of total GEE emissions. Over the last 30 years, land deforestation has occurred more intensively in the deforestation arc of Amazonian, particularly in the States of Rondônia and Mato Grosso. The main objective of this research was to evaluate variations in the soil carbon stocks, due to land conversion of native forest to pastures in the Southwest Amazonian region. The specific objectives were to measure some chemical and physical soil attributes, carbon stocks and the remaining soil carbon, through isothopic technique, from the native forest and that incorporated by land use to pastures. Study site (7° and 18° S; 50° and 67° W) was located in the States of Rondônia and Mato Grosso. Soils used in this study were Latosols, Argisols and Neosols, which cover 75% of the total area of both States. The choice of sampling areas was based on a preliminary division of total area in 11 biogeoclimatic region, followed by randomized selection of cities. Soil samplings were realized during June/July 2007, according to five treatments: native forest (forest, savanna and cerradão) (NA), pasture (PA) under different managements, perennial crops (PE), areas under no tillage (PC) and tillage management (PD). Experimental design was randomized with five replications. Soil samples were collected in the following soil layers: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm. Results showed that PD decreased pH in the deeper soil layers. For all treatments Δ pH illustrated a dominance of negative charge. Soil density was found to be highest in the degraded pastures. Carbon contents showed a positive correlation with the clay+silt contents for all soil layers in the different land uses. In the 0-30 cm layer, PC management showed a tendency to increase soil carbon stocks (51,46 Mg ha⁻¹), followed by PD (48,76 Mg ha⁻¹), PA (46,75 Mg ha⁻¹) and PE (46,75 Mg ha⁻¹), although significant differences among study sites were not found. In the forest, $\delta^{13}\text{C}$ values showed a variation from -28 to -26‰ in the soil depth; while in the pasture $\delta^{13}\text{C}$ variation was lower than in the forest (-22 a -24 ‰), probably due to the presence of remaining carbon from the forest in the deeper soil layers. The age of pastures did not influence directly the accumulation of soil carbon, as well the highest carbon stock was found in the pasture with 18 years of use. Soil texture (30-60% clay+silt) determined the highest annual rate of carbon stocks (2,14 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) in the PD management. The difference between carbon stock estimated by ArcGis 9.0 software and that found in this study was 0,53 Mg⁻¹ ha⁻¹ for all different soil types and vegetation.

Keywords: Soil carbon; Land use changes; Global warming; CO₂ emission; Amazon

1 INTRODUÇÃO

A implantação de atividades agrícolas vem modificando a cobertura vegetal original de grande parte do território brasileiro. Ecossistemas naturais, como a Floresta Amazônica e o Cerrado vêm, há muito tempo, cedendo lugar a atividades agropecuárias. Estes biomas abrangem aproximadamente uma área de 7 milhões de km² representando aproximadamente 75 % do território brasileiro (IBGE, 2004). Estima-se que 60 % da área de Cerrado está apta a agricultura, sendo que até pouco tempo o mesmo era tido como inadequado ao uso agrícola, com sua exploração restringindo-se ao aproveitamento das melhores terras para a pecuária extensiva (KER, et al. 1990).

O estado do Mato Grosso possui atualmente uma área de agricultura e pastagem de 6 e 22 milhões ha respectivamente; enquanto que o estado de Rondônia apresenta uma área de 513 mil ha de agricultura e 5 milhões ha de pastagem (IBGE, 2008). Nos últimos 11 anos houve um aumento de 27% na área explorada nestes dois estados o que, provavelmente, se deve ao aumento da globalização das forças de desmatamento, com um marcante crescimento do mercado internacional de soja e, em especial, de carne bovina, que anteriormente estava restrita ao mercado nacional devido à febre aftosa (ALENCAR et al., 2004).

A mudança de uso da terra como a transformação de ecossistemas naturais em agroecossistemas tem o potencial de alterar significativamente a dinâmica da matéria orgânica do solo (BROWN; LUGO, 1990; LAL, 2003). Sua importância reside na estruturação e regulação da atividade biológica do solo, além de estar diretamente ligada com a capacidade de acúmulo de água e pela manutenção da fertilidade do solo.

Em regiões de clima tropical a decomposição da matéria orgânica é bastante acelerada, havendo situações que os estoques de carbono do solo são reduzidos em mais de 50% em menos de 10 anos de cultivo (SHANG; TIESSEN, 1997). As perdas de MOS são estimuladas pelo revolvimento do solo, variações de temperatura, umidade e aeração, ruptura dos agregados, aumento do grau de fracionamento e incorporação dos resíduos vegetais, e diminuição da cobertura do solo.

O uso de novas áreas para a agricultura é responsável por um dos maiores problemas de ordem global, aumentando a transferência de CO₂, N₂O e CH₄ da biosfera para a atmosfera. Globalmente, a agricultura contribui com cerca de 20% das emissões antrópicas dos GEE, sendo

responsável por 21-25 % do total das emissões de CO₂, 55-60% de CH₄ e 65-80% do N₂O (HOUGHTON et al., 2001).

O teor de carbono orgânico no solo sob diferentes sistemas fornece informações importantes para a avaliação da qualidade do solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam ao aumento do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000). Um baixo teor do carbono orgânico estocado no solo pode estar diretamente relacionado a uma alta taxa de emissão de CO₂ para a atmosfera. É de conhecimento geral que o gás carbônico é um dos principais gases causadores do efeito estufa, cujas emissões no mundo cresceram vertiginosamente nos últimos 40 anos (ROCHA, 2000).

Para avaliar as emissões de CO₂ devido à mudança do uso da terra pela conversão de sistemas nativos em agricultura, o Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) desenvolveu um procedimento analítico adotado como guia pelas autoridades nacionais. Este procedimento, descrito no Guia para Inventários Nacionais dos Gases do Efeito Estufa (IPCC, 2006), permite a comparação adequada dos valores de emissões uma vez que são utilizadas as mesmas equações. Assim, faz-se necessário estimar o estoque de carbono do solo uma vez que este é um dos parâmetros da equação de emissão de CO₂, admitindo que a perda ou acúmulo de C no solo está associada à respiração de CO₂ ao longo do tempo.

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar a variação no estoque de carbono do solo devido à mudança do uso da terra no sudoeste da Amazônia. Além das variações, pretende-se quantificar através de técnicas isotópicas o carbono remanescente do sistema nativo e o incorporado pelos restos culturais analisando o $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica das áreas agrícolas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

Gases do efeito estufa e uso da terra

Nas últimas décadas, os eventos climáticos possivelmente são consequência do aumento global de temperatura, causado pelo gases do efeito estufa (GEE): CO₂, N₂O, CH₄, CFC's entre outros. Os GEE tiveram sua concentração aumentada na atmosfera, desde o final do século XVIII para os dias atuais de 280 ppm para 380 ppm (CO₂), de 0,7 ppm para 1,7 ppm (CH₄) e de 280 ppb para 360 ppb (N₂O) (UNIVERSITY OF OREGON, 1998). As emissões de CO₂ representam 55% dos gases; CH₄ em torno de 17%; N₂O em torno de 5%; ozônio (O₃) troposférico, 14%; o restante, 9%, e é formado por CFC, HFC, PFC e SF₆ (IPCC, 1995).

Segundo Amundson; Davidson (1990) e Lal (1998) o aumento na concentração desses gases na atmosfera foi mais significativo nas ultimas décadas; estimativas indicam que aumentando a concentração dos GEE na atmosfera pode haver um aumento de mais 5,5° C na temperatura durante os próximos 100 anos (COX et al., 2000), com sérias consequências para o planeta Terra

O maior reservatório de carbono na Terra é aquele presente no oceano (38000 Pg C), seguido do reservatório presente nas formações geológicas (carvão, petróleo e gás natural) (5000 Pg C) (BRADY; WEIL, 1999). O reservatório de carbono do solo (2500 Pg C) é o maior nos ecossistemas terrestres (aproximadamente 4 vezes o reservatório de C da vegetação e 3,3 vezes o carbono da atmosfera) e é constituído pelo carbono orgânico (1500 Pg C) e mineral (1000 Pg C) (SCHIMEL, 1995; PRENTICE, et al., 2001). O carbono orgânico representa o equilíbrio entre o carbono adicionado ao solo pela vegetação e o perdido para as águas profundas e, finalmente, para os oceanos via lixiviação como carbono orgânico dissolvido (0,4 Pg C) ou para a atmosfera via atividade microbiana como dióxido de carbono em solos em condições aeróbicas ou metano em solos saturados com água.

Globalmente, a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento constituem as maiores fontes de GEE responsáveis por 66% daqueles lançados na atmosfera; a agricultura (20%) e a mudança do uso da terra (14%) completam o total das emissões antrópicas (MELLO, 2007). Enquanto nos países de clima temperado a maior fonte do CO₂ é a oxidação de combustíveis fósseis (veículos, sistemas de aquecimento e de refrigeração, indústrias) que geram

os maiores volumes globais anuais de CO₂; nas regiões tropicais a maior fonte de CO₂ são as queimadas. No Brasil, a queimada em desmatamentos emite de 180 a 200 milhões de toneladas de carbono por ano (MtC ano⁻¹), duas vezes mais do que o produzido pela queima de combustível fóssil no país inteiro (70 a 90 Mt C ano⁻¹; SANTILLI et al., 2005). A agricultura é responsável por aproximadamente 15% das emissões antropogênicas de CO₂, por 49% de CH₄ e por 66% de N₂O (BRUINSMA, 2003). Quando são contabilizadas as emissões de gases provenientes do processo de desmatamento (FEARNSIDE, 2000), o Brasil passa da 17^a para a 5^a posição na relação dos países que mais emitem.

No Brasil a agricultura responde por apenas de 20 a 25% da contribuição nas emissões totais de CO₂, o qual tem um papel de destaque no ponto de vista do aquecimento global por ser o mais abundante na atmosfera e pelas grandes emissões oriundas de atividades antropogênicas (HOUGHTON et al., 2001).

A contribuição da agricultura à emissão de CO₂ é decorrente do preparo do solo com arado e grade que propicia a redução da matéria orgânica do solo pelo rompimento dos agregados e aumento da oxidação do carbono orgânico em CO₂. A emissão de N₂O na agricultura está relacionada com a dinâmica do N no solo, o qual sofre influência do uso de plantas fixadoras de nitrogênio e das adições de adubação nitrogenada mineral. O CH₄ é oxidado a CO₂ pela microbiota em condições anaeróbicas, os quais usualmente atuam como um dreno deste gás sob vegetação natural e tem essa capacidade diminuída quando sofre processo de degradação (MOISER et al., 1991; LESSARD et. al., 1994; KESSAVALOU et al., 1998).

Frente à problemática de aquecimento global, destaca-se o papel potencial da agricultura em atuar como um dreno de GEE, contribuindo para mitigar o forçamento radiativo da atmosfera. Dentre as práticas de manejo destacam-se o sistema plantio direto e o uso de leguminosas como plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas, os quais têm um potencial de mitigar as emissões de CO₂ a partir do sequestro de C no solo e reduzir as emissões de N₂O para atmosfera a partir da maior eficiência do uso e manejo do N em sistemas de produção (BAYER et al., 2000).

Os ecossistemas terrestres que compreendem a vegetação e o solo são considerados atualmente um grande sumidouro de carbono, especialmente os solos. Há várias maneiras pela qual o manejo apropriado da biosfera terrestre, particularmente do solo, possa resultar em significativa redução no aumento dos GEE.

Carbono no solo e uso da terra

O solo é um importante reservatório de carbono, nos primeiros 100 cm de profundidade, em termos globais, estão armazenados entre 1.300 – 2.000 Pg C, correspondendo ao dobro da concentração de carbono atmosférico (ESWARAN et al., 1993; SOMBROEK et al, 1993; BATJES, 1996; LAL, 2003). Os solos tropicais armazenam 506 Pg C (ESWARAN et al, 1993) sendo que destes, 66 Pg C estão em solos da Amazônia (BATJES; DIJKSHOORN, 1999), e 47 Pg C na Amazônia legal brasileira ($5 \times 10^6 \text{ km}^2$) (MORAES et al., 1995; BATJES; DIJKSHOORN, 1999). Considerando os primeiros 30 cm de profundidade, os solos do território brasileiro, armazenam em torno de 36,4 Pg C (BERNOUX et al., 2002).

Desta forma, mudanças nos estoques de C do solo e/ou da vegetação podem causar impactos significativos na concentração de dióxido de carbono (BERNOUX et al., 2002; POLWSON, 2005) e de outros GEE na atmosfera (NEILL et al., 1997; SCHUMAN et al., 2002; KERR, 2005).

O carbono do solo está presente na matéria orgânica viva, que corresponde a menos de 4 % do carbono orgânico total do solo e na matéria orgânica morta, que corresponde à maior parte do carbono orgânico total do solo (cerca de 98 %) (THENG, 1987). O carbono da matéria orgânica viva subdivide-se no carbono presente nos microrganismos (60 - 80 %), consistido principalmente de fungos e bactérias, nos macroorganismos (15 – 30 %) como por exemplo, minhocas, ácaros e térmitas terrestres e, finalmente, nas raízes (5 – 10 %). Quanto ao carbono da matéria orgânica morta, o carbono se subdivide na matéria macro orgânica, ou seja, resíduos vegetais recém adicionados ao solo e no húmus (80 – 90 %); que consiste de substâncias não húmicas (30 % do carbono do húmus) representadas pelos ácidos orgânicos de baixo peso molecular (ex. ácido cítrico, ácido ftálico, ácido malônico) e substâncias húmicas (70 % do carbono do húmus) representadas pelos ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas (MACHADO, 2005). A fração inorgânica se encontra principalmente no material de origem como as rochas calcárias, sua participação é insignificante, estando presente em ambientes restritos como os solos da região semi-árida do Brasil.

O estoque de C orgânico do solo é determinado pelo balanço anual da adição de C fotossintetizado e da perda de C orgânico devido a sua oxidação a CO_2 pelos microrganismos heterotróficos (IPCC, 2001). As taxas de adição e a qualidade do carbono da vegetação

dependem muito do clima (principalmente temperatura do ar e chuvas), do tipo de vegetação (gramíneas decompõem-se mais lentamente que plantas leguminosas) e da fertilidade do solo (solos férteis resultam em plantas maiores que contêm, por sua vez, mais carbono a ser depositado no solo) (BAJTES, 1999). Os processos de decomposição e taxas de transformação são fortemente influenciados pelo clima, tipo e qualidade da matéria orgânica, associações químicas e físico-químicas da matéria orgânica com os componentes minerais do solo e pela localização da matéria orgânica no solo (BAJTES, 1999).

Os três principais processos responsáveis pelo seqüestro de carbono nos solos são a humificação, agregação e sedimentação. Ao mesmo tempo, os processos responsáveis pelas perdas de carbono no solo são a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação (LAL et al; 1997). A proteção física da MOS pela fração mineral do solo durante o processo de formação dos agregados, tem sido um processo fundamental para o aumento dos estoques de C do solo (SÁ et al., 2001).

Os agregados são formados principalmente por processos físicos e biológicos e os processos químicos são os principais responsáveis para a sua estabilização (ALLISON, 1968; LYNCH, BRAGG; 1985). Os atributos do solo que determinam a estabilidade estrutural estão ligados à textura, à mineralogia das argilas, à matéria orgânica, ao material inorgânico não-cristalino, à composição de fluidos do meio poroso, às plantas e organismos do solo e à profundidade do perfil do solo (KAY, ANGERS; 1999).

Tisdall e Oades (1982); Oades (1984) classificaram os agentes biológicos de agregação em três grupos: agentes transitórios, temporários e persistentes. Agentes transitórios são vinculados a materiais orgânicos, que são decompostos rapidamente por microrganismos; o mais importante grupo é o dos polissacarídeos, cujo o efeito deste no meio dura semanas. Agentes temporários são vinculados as raízes e hifas, particularmente hifas micorrízicas arbusculares; eles persistir por meses ou anos e são afetadas pela manejo do solo. Agentes persistentes são constituídos por húmus associados a materiais amorfos de ferro, alumínio e aluminossilicatos.

A agregação estabiliza a matéria orgânica em associação com partículas de silte e argila (60 – 95 % de C) (ROSELL et al., 1996; SCHULTEN; LEINWEBER, 2000; ROSCOE; MACHADO, 2002), nos micro e macro agregados do solo, fornecendo proteção e resistência física a decomposição (FELLER; BEARE, 1997, BAYER et al., 2002; CONANT et al; 2004).

Os solos arenosos apresentam maior proporção da MO associada às partículas de areia ($> 53 \mu\text{m}$), o que lhes confere maior fragilidade perante às mudanças nos sistemas de manejo do solo, uma vez que esta fração, composta principalmente de resíduos vegetais, é facilmente mineralizada (FREIXO et al., 2002).

A alta estabilidade da matéria orgânica nos Latossolos argilosos foi atribuída à alta concentração de oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (RESENDE et al., 1997; ROSCOE; BUURMAN; VELTHORST, 2000a) que complexam a MOS. Tognon et al (1998) analisando o comportamento de Latossolos da região amazônica e cerrados notou que o teor de matéria orgânica da região amazônica é maior nos horizontes superficiais. À medida que aumentava o teor de argila do solo, aumentava o teor de matéria orgânica. Em profundidade, os teores de matéria orgânica dos Latossolos ultrapassaram os da Amazônia. Com o aumento de precipitação pluvial ocorreu aumento no teor de matéria orgânica para ambas as regiões. Na região amazônica, o tipo de vegetação influencia na quantidade de matéria orgânica do solo, assim como os materiais das formações geológicas Solimões e Barreiras.

A conversão de um ecossistema natural em agricultura e/ou pastagem pode ter uma importante influência no destino do C estocado no solo (NEILL. et.al., 1997). Em solos sob vegetação natural, a preservação da matéria orgânica tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de carbono nas florestas é mais elevado do que em áreas cultivadas (NOBRE; GASH, 1997). Quando a vegetação original é o cerrado nativo, as reduções nos teores de C orgânico em decorrência de intervenções antrópicas têm sido menores do que em solos sob mata (TOGNON et al., 1997), podendo até mesmo, ocorrer a manutenção dos teores iniciais (SILVA, 1997).

Em áreas cultivadas, os teores de matéria orgânica, via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo (RESCK et al., 1991, CHRISTENSEN, 1996).

Os efeitos do sistema de manejo sobre a MOS tem apresentado direta ou indiretamente reflexos nas características químicas. O incremento de MOS resulta no aumento da CTC do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997) e em maior disponibilidade de nutrientes. Bayer e Bertol (1999) relataram que o efeito da MOS nas propriedades químicas do solo depende da quantidade de resíduos e da composição da rotação de culturas.

A matéria orgânica exerce um papel importante no solo, sua presença propicia a melhoria da estrutura e aeração (solo friável e poroso), é responsável também pelo aumento da retenção de umidade. Do ponto de vista químico, a matéria orgânica incorpora nutrientes como nitrogênio, fósforo, enxofre e outros. O húmus apresenta elevada CTC o que resulta no aumento do poder tampão do solo (RAIJ, 1983; MELLO et al, 1989, SILVA, 1994). Apesar de esta MOS ser a principal responsável pela CTC nos solos de origem tropical, quando se trata de SPD, a melhoria das condições de fertilidade do solo se restringe à camada superficial (DICK, 1983).

Principais usos da terra nos estados de MT e RO e características gerais dos atributos do solo

Pastagem

Nos últimos vinte anos a produção pecuária na região Amazônica passou, de forma crescente, a ser desenvolvida em áreas originalmente de florestas. O estabelecimento de pastagens cultivadas na região de Rondônia e Mato Grosso, na maioria dos casos, vêm da derrubada da floresta, queima da biomassa vegetal e semeadura das forrageiras ou, em menor escala, o desbravamento da floresta por meios mecânicos, com o uso de trator e posterior semeadura.

A maior parte das áreas de florestas na Amazônia é transformada em agricultura e pastagem (BUSCHABACHER, 1986; FEARNSIDE, 1995). A área de pastagem destes estados é de 7 milhões de ha (IBGE, 2008). FEARNSIDE (1996) estimaram que 45 % das áreas desmatadas na Amazônia brasileira correspondem ativamente a pastagem, 28 % floresta secundária originária de pastagem abandonada pós 1970 e 2 % a pastagem degradada.

No geral, as pastagens que correspondem ao maior uso da terra, apresentam nos primeiros anos de implantação boa produção, diminuindo gradualmente com o passar dos anos (SERRÃO; TOLEDO; 1990), devido a diminuição da fertilidade do solo (DIEZ et al, 1991; FEARNSIDE, 1998). Esse processo é atribuído à pequena entrada de nutrientes, toxidez por alumínio e deficiência em fósforo, como 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).

O reduzido potencial de uso da terra para pastagem é um fator que leva os pecuaristas a abandonarem as suas áreas originárias sob pastagem e explorarem outras áreas de floresta para a

implantação de novas áreas produtivas (DEMATTE, 1998), o que resulta na expansão da área desflorestada ano a ano

Entretanto, com a remoção da cobertura vegetal e a implantação de pastagens ocorre uma série de alterações nas propriedades químicas e físicas dos solos. Essas modificações podem ser de caráter positivo ou negativo, isto é, podem provocar uma melhoria nas propriedades do solo como também podem acelerar sua degradação, dependendo principalmente da natureza do solo, da espécie vegetal, do sistema de manejo usado e do tempo de exploração agrícola (PEREIRA, 2001).

A conversão de floresta para pastagem resulta na mudança da qualidade e quantidade de matéria orgânica e outras propriedades físicas e químicas do solo (DIEZ et al, 1991, MAGGS; HEWETT, 1993). As mudanças mais comuns após a queima são aumento do pH e aumento da CTC e uma diminuição na acidez trocável seguida da queima (SANCHEZ et al, 1982; BUSCHBACHER et al, 1988; DIEZ et al, 1991; MARTINS et al, 1991). Oliveira et al. (1996) relatam que a acidez do solo e as condições fisiológicas que o acompanham, resultam da falta de cátions metálicos permutáveis, que na sua ausência deixam livres ânions como HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} e NO_3^- e outros formadores de ácidos, resultando em diminuição do pH. Mudanças nos conteúdos de carbono e nitrogênio também foram observadas (CERRI, et al, 1991; VELDKAMP, 1994; MORAES et al, 1995, BERNOUX et al, 1998, CASSIOLATO, 2002).

A matéria orgânica do solo normalmente decresce nos primeiros anos após a implantação da pastagem, podendo aumentar a seguir até atingir níveis próximos aos previamente existentes na vegetação natural (BUSCHBACHER et al, 1986; ANDREUX; CERRI, 1990; CHONÉ et al, 1991; ÉDEN et al, 1991; DESJARDINS, et al; 1994; GARCÍA-OLIVA et al., 1994; VELDKAMP, 1994; CAMARGO et al., 1999). Fujisaka et al. (1998) reportou perda de 40 % no estoque de C do solo após a conversão de floresta (32 t ha^{-1}) 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, 1995; NEILL et al, 1997; KOUTIKA et al, 1997) reportaram um aumento na quantidade de C após a conversão, isto devido a entrada da biomassa da raiz (CHONÉ et al, 1991, FISHER et al, 1994, MORAES, 2002). FEARNSIDE e BARBOSA (1998) têm discutido a divergência na evolução do C após conversão de floresta em pastagem, uma vez que o sistema pode funcionar como fonte ou dreno de carbono dependendo do manejo adotado.

Chanasyk, Naeth (1995), Azenagashe et al. (1997) e Muller et al. (2001) constataram aumento da densidade na camada superficial do solo em sistema de pastejo intensivo. O aumento da densidade do solo creditado ao tempo de pastejo também é devido à degradação da própria pastagem, visto que o processo de compactação é intensificado pela redução dos agentes de estrutura, tais como matéria orgânica, redução da atividade de alguns microrganismos e exudados de plantas. Esses agentes estão diretamente relacionados com a produção da parte aérea, da quantidade de raízes e do grau de cobertura do solo.

Uma serie de fatores tem sido identificada na literatura como controladores do comportamento do carbono no solo após a mudança do uso da terra como propriedade química da liteira (FEIGL et al, 1995; ELLERT; GREGORICH, 1996; SCHOLES et al;1997), clima (LUGO et al, 1986; BROWN; LUGO, 1990; MORAES et al; 1996), tipo de solo (FELLER; BEARE, 1997; SCHOLES et al, 1997; GARCIA-OLIVA et al, 1999), mudança na comunidade microbológica (PRASAD et al, 1994), mudança no ciclo do nitrogênio (BROWN; LUGO, 1990; CHONÉ et al, 1991; DESJARDINS et al;1994) e praticas de manejo (FELLER; BEARE, 1997, FEARNSIDE; BARBOSA, 1998; SCHOLES et al, 1997; BRUCE et al; 1999; MULLER et al, 2004).

Em ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico tem uma só origem a vegetação nativa. Nos ecossistemas alterados, como pastagens, há a introdução de uma nova fonte, oriunda da decomposição de resíduos vegetais derivados da gramínea (CERRI et al., 1990; BERNOUX et al., 1998). A quantificação destas fontes pode ser feita com o emprego de técnicas isotópicas baseadas na abundância natural do ^{13}C (CERRI, et al, 1985).

A razão isotópica do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) é um importante instrumento para determinar a dinâmica da MOS e determinar a fonte de C do solo na conversão da vegetação nativa, constituída por plantas com ciclo fotossintético C3 com assinatura isotópica entre -32 e -22 ‰ (valores médio próximo a -27‰), para a pastagem e sistemas agrícolas com plantas de ciclo fotossintético C4 com assinatura isotópica entre -17 a -9 ‰ ($\delta^{13}\text{C}$ médio em torno de -13‰). Assim, as espécies C3 e C4 têm valores distintos de $\delta^{13}\text{C}$ que não se sobrepõe, sendo possível determinar a fonte de C da MOS, uma vez que estes valores permanecem praticamente inalterados durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais ou mineralização da MOS (BERNOUX et al., 1998b; ROSCOE et al., 2000; SISTI et al., 2004).

Agricultura

A expansão da cultura da soja no Brasil nas duas últimas décadas alcançou grandes proporções trazendo importantes mudanças para o modelo de ocupação do espaço territorial e para o desenvolvimento da economia nacional. Segundo maior produtor mundial do grão e maior exportador desde 2003, o Brasil tem aumentado sua produção acompanhando a tendência mundial de crescimento da demanda e da oferta de soja (LIMA, 2006).

A expansão da monocultura apresenta como um dos fatores mais importantes para o aumento das taxas de desmatamento. No estado do Mato Grosso, local de maior expansão da cultura da soja, foram plantados 6,1 milhões de hectares na safra 2004/2005, com produção de 16,9 milhões de toneladas de grãos e produtividade aproximada de 2810 kg ha⁻¹ (CONAB, 2005). Essa influência ainda parece ser indireta, uma vez que, está se estabelecendo sobre áreas de pastagens degradadas de projetos pecuários fracassados, na maioria dos casos.

Na Região de Cerrados do Brasil, observa-se o rápido desenvolvimento da atividade pecuária e a intensificação do plantio de culturas anuais. Os solos da região possuem um elevado potencial para a agricultura mecanizada intensiva, uma vez corrigida suas deficiências químicas (GOEDERT, 1987, FRANCHINI et al., 1999), apresentando, sob vegetação natural, propriedades físicas favoráveis (BLANCANEUX, et al., 1993). Assim, a entrada em cultivo de solos tropicais acarreta, normalmente, uma forte redução nos estoques orgânicos e degradação do conjunto de propriedades edáficas a que são associadas (CERRI et al., 1991; RESCK et al., 1991).

A introdução de sistemas agrícolas em áreas com vegetação nativa nos trópicos geralmente resulta em uma rápida perda de C, em virtude da combinação entre altas temperaturas e umidade (SCHOLLES; BREEMEN, 1997). Na região do Cerrado, as reduções do C em decorrência das intervenções antrópicas têm sido menores do que em solos sob florestas (TOGNON, 1998), podendo até ocorrer a manutenção dos teores iniciais (SILVA, 1997).

O sistema convencional de uso da terra emprega a aração e a gradagem no preparo do plantio. Este manejo é considerado o mais agressivo para o solo, com grande poder de degradação e redução da MOS (BAYER; MIELNICZUK, 1999). As principais perdas de MOS são estimuladas pelo revolvimento do solo, maiores variações de temperatura e umidade no solo, quebra de agregados e a diminuição da cobertura do solo. A redução da fração mais ativa da MOS afeta diversas funções no solo, como, por exemplo, a manutenção da produção de

polissacarídeos, fundamentais ao processo de agregação (GOLCHIN; BALDOCK; OADES, 1997). Esses compostos são transientes no solo, pois são rapidamente degradados (STEVENSON; COLE; 1999) e seu teor no solo depende, portanto, da atividade biológica..

Desta forma, a redução da biomassa microbiana pode resultar em menor estabilidade de agregados e desencadear o processo de degradação do solo. SILVA et al. (1994), mostraram que o cultivo contínuo de soja no Cerrado por cinco anos usando grades pesadas em três tipos de solo diminuiu a MOS em 80 % nos arenosos e em 41 % naqueles com mais de 30 % de argila.

A adoção do sistema plantio direto aumenta o teor de MO a qual mantém a integridade estrutural dos agregados, reduzindo sua oxidação e a degradação do solo (CASTRO FILHO et al., 2002) mas deve-se considerar que este aumento também depende de outros fatores, tais como: clima, principalmente temperatura, precipitação, textura e mineralogia do solo (ALVAREZ; LAVADO, 1998) e tempo de implantação do sistema.

Diversos estudos documentaram aumento significativo de MOS em sistema plantio direto (SPD) comparado com os sistemas que utilizam práticas convencionais (CORAZZA et al., 1999; RESCK et al., 2000; BAYER et al., 2000; SÁ et al., 2001; BAYER et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004; CARVALHO, 2006). Na região do cerrado geralmente não encontra diferenças significativas, fato atribuído à maior intensidade do processo de decomposição sob altas temperaturas (FREITAS et al., 2000; ROSCOE et al., 2000b; ROSCOE; BUURMAN, 2003). No Brasil Central, CORAZZA et al. (1999) obtiveram aumento de $1,43 \text{ Mg de C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em solos sob SPD, contrastando com perdas médias de $0,5 \text{ Mg de C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no sistema convencional de cultivo. As divergências nos resultados foram atribuída às condições climáticas e experimentais, os tipos de sistema considerados plantio direto, as camadas do solo estudadas e o tempo de implantação do manejo.

O SPD surgiu como o conjunto de práticas alternativas para reduzir os processos erosivos em solos com maior declividade. Com o passar do tempo, foram observadas outras alterações nas características do solo. Isso ocorre em função da ausência do revolvimento, com a decomposição mais lenta e gradual dos resíduos na superfície do solo e a estratificação dos nutrientes, formando um gradiente de fertilidade no perfil do solo. Desta forma, aumenta-se o contato entre os nutrientes e as raízes das culturas, além da conservação da umidade, continuidade da porosidade e a amenização das amplitudes térmicas no solo. Este sistema ainda apresenta potencial para mitigar a emissão CO_2 com o aumento da MOS, uma vez que a decomposição lenta e gradual do

material orgânico favorece a associação com a fração mineral do solo. Estes fatores favoreceram a melhoria do ambiente edáfico e a sustentabilidade da cadeia produtiva e assim valorizam os produtos do agronegócio da região sudoeste da Amazônia.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de abrangência desta pesquisa corresponde aos estados de Rondônia e Mato Grosso, onde foi avaliado o estoque de carbono do solo em sistemas nativos e alterados pelos cultivos. A região sudoeste da Amazônia, mais especificamente os Estados de Rondônia (RO) e Mato Grosso (MT) representam uma área de transição entre a bacia Amazônica e o planalto Central brasileiro, localizada entre as latitudes 7° e 18° Sul e entre as longitudes 50° e 67° Oeste, esta região forma o divisor de águas entre a bacia Amazônica ao norte e a bacia do Paraná ao sul e constitui uma das mais extensas fronteiras agrícolas do mundo, abrangendo uma área de aproximadamente 1.128.000 km² nesses estados.

2.2.1.1 Clima

O clima da região varia em função da latitude, podendo ser caracterizado por um regime tropical úmido com curto período de seca. Em termos de temperatura, a região pode ser considerada como quente com grande uniformidade térmica, onde não se percebe presença de significativas variações estacionais no decorrer do ano (em geral, variação térmica inferior a 5°C). Entretanto, temperaturas mais baixas (média e mínimas) podem ocorrer nas zonas de altitude do sul de Rondônia e no sudeste do Mato Grosso.

A precipitação anual oscila entre 1400 e 2500 mm. O regime pluviométrico é caracterizado por duas épocas bem definidas: uma época chuvosa e a outra época seca ou com pouca chuva. A época mais chuvosa inicia-se entre dezembro e janeiro e tem duração de cerca de dois a cinco meses. O maior índice pluviométrico ocorre no norte do Mato Grosso, mais precisamente no médio Teles Pires, região que apresenta precipitação em torno de 2550 mm. Áreas com precipitações variando entre 1400 e 1500 mm ocorrem nos extremos, sudeste e sudoeste do Mato Grosso. As áreas com precipitação total decrescendo de 2500 a 1500 mm formam, a partir da área norte mais chuvosa, uma série de faixas contínuas, abrangendo, portanto, a maior parte da região de estudo (MELLO, 2007).

Segundo o sistema de Köppen, os tipos climáticos da região de estudo são essencialmente o Aw e o Am, ou seja, clima tropical com curto período seco (Aw: úmido com apenas um mês seco; Am: variedade monção com época seca mais prolongada).

2.2.1.2 Relevô

As altitudes mais elevadas, atingindo cotas superiores a 1000 metros, são encontradas no centro e no sul da região de estudo, na Chapada dos Parecis e na Chapada das Alcantiladas. Nas bordas da região, ao norte, a leste e a oeste, a altitude decresce consideravelmente não excedendo os 200 m.

O relevo da região apresenta-se principalmente sobre uma larga porção do escudo brasileiro, ou plataforma Amazônica, limitada ao norte pela Bacia Amazônica e ao sul pela Bacia Sedimentar do Paraná. Pequenas bacias, de importância secundária, limitam o escudo a oeste (a Bacia do Guaporé e a Bacia do Alto Paraguai) e a leste (a Bacia do Araguaia) (MELLO, 2007).

2.2.1.3 Vegetação

A vegetação natural varia em função do regime de chuvas, proporcionando acentuado caráter semi-caducifólio, redução do porte e densidade da vegetação no sentido Norte-Sul. A Floresta Ombrófila Aberta Amazônica cobre quase totalmente o Estado de Rondônia, estendendo-se no sentido Leste, ao Norte do Mato Grosso. Na região do Alto Xingu ocorre a transição Floresta Ombrófila – Floresta Estacional Semidecidual. A fitofisionomia Cerrado e Cerradão ocorrem dos planaltos de Rondônia, noroeste do Mato Grosso e, estende-se na totalidade da bacia sedimentar do Paraná, Chapada dos Parecis, incluindo Cuiabá e Paranatinga. Na porção Sul do Estado do Mato Grosso, encontra-se o bioma Pantanal (Mello, 2007) (Figura1).

Segundo Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado de Rondônia (ZSEE-RO), as coberturas vegetais caracterizadas por Floresta Ombrófila florestas tropicais úmidas, pluviais, sempre verdes. Dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado. Ocorre sobre latossolos, podzólicos, lateritas de idades variadas desde o quaternário (aluviais), predominando no terciário até o pré-cambriano. Estas subdividem em abertas, as quais são florestas com dossel descontínuo, permitindo ausência de área foliar entre 30 e 40 %. Podem

estar associadas a palmeiras, cipós, bambus e sororocas; e florestas com dossel contínuo, fechado. Floresta Ombrófila densa apresenta dominância de árvores na abóbada, sem associações co-dominantes.

Figura 1 – Vegetação nativa dos Estados de RO e MT (MELLO, 2007)

Florestas Estacionais Semidecíduais são florestas com sazonalidade moderada, com grau de deciduidade de até 30 % em relação às espécies. A sazonalidade é de natureza hídrica, com déficit de até 4 meses do ano. Dossel com emergentes reduzidas.

Os cerrados (savanas) são formações com feições xeromórficas produzidas por estacionalidade ou estresse edafo-climático de origem hídrica ou de saturação de alumínio e ferro. As savanas brasileiras, denominadas cerrados, podem ser definidas como ambientes onde existe um estrato herbáceo ou graminoso contínuo, exceto em algumas feições florestadas como o cerrado.

2.2.1.4 Solos

Os solos predominantes na Amazônia brasileira são Latossolos, Argissolos em menor proporção estão os Neossolos Quartzenicos e os Plintossolos (LEPSCH, 2002). Estes solos caracterizam-se por apresentarem baixa fertilidade, e com a fração argila constituída de minerais caolinita, goetita, gibsitita e óxidos de ferro (KITAGAWA; MOLLER, 1979; DEMATTE, 2000). Os níveis de Na^{+1} , Mg^{+2} , K^{+1} , P, N, e Ca^{+2} são consideravelmente baixos, resultado das altas taxas de intemperismo incidentes sobre esta região durante milhões de anos. O pH no geral se caracteriza como ácido (variando de 4,3 a 6,2), elevado conteúdo de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes. Porém essas limitações, devido à baixa CTC e pouca retenção de água, podem ser ajustadas com o uso de corretivos, fertilizantes minerais e aumento da matéria orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Mello (2007) descreve os solos da região estudada como sendo representados principalmente por Latossolos, Argissolos e Neossolos, com cerca de 40%, 20% e 15%, respectivamente do total da área de abrangência dos dois estados (Figura 2). Estes grupos de solos encontram-se distribuídos ao longo de todas as regiões sendo os Latossolos notadamente predominantes na região central do Mato Grosso e no norte de Rondônia.. Destacam-se em seguida o grupo dos Plintossolos, cobrindo 8% de toda a área, os Cambissolos e Gleissolos, que representam cerca de 6 e 5 % respectivamente da área territorial de Rondônia e Mato Grosso. Os dois últimos grupos citados se concentram em locais específicos nos estados: Os Gleissolos na região sul e norte de Rondônia, na região de fronteira do estado onde existem os rios Guaporé ao sul e Madeira ao norte. Os Cambissolos são principalmente encontrados no Mato Grosso ocupando uma faixa longitudinal extensa na região centro-sul.

Figura 2 – Solos dos Estados de Rondônia e Mato Grosso (MELLO, 2007)

Os Latossolos são uma classe de solos caracterizados por apresentarem elevado grau de intemperização, podendo ser profundos, ocorrendo principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Apresentam normalmente baixa saturação por bases e baixo pH o que os caracteriza como solos ácidos, variando de fortemente a bem drenado, representam 46 % do solos do cerrado. Os Neossolos Quartzarênicos possuem no máximo 15 % de argila, sendo muito porosos e excessivamente drenados. (EMBRAPA, 2006).

Os Argissolos caracterizam-se principalmente pela presença de argila de baixa atividade e horizonte B textural, apresentam profundidades variáveis e drenagem variando de fortemente a imperfeitamente drenados. Assim como os Latossolos, estes são solos ácidos. Os Plintossolos geralmente se apresentam como solos fortemente ácidos e com baixa saturação por bases, apresentam horizonte plíntico e devido à presença da petroplintita, possuem normalmente coloração pálida com mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas acima do horizonte plíntico.

2.2.2 Caracterização das Ecorregiões

Para melhor selecionar os locais de amostragem, a área total dos estados de Rondônia e Mato Grosso foram divididos, em 11 macro zonas biogeoclimáticas (Figura 3). A estratificação da área de estudo é uma recomendação do “*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” produzido pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), que trata dos procedimentos oficiais para estimativa de gases do efeito estufa em nível nacional; recomenda-se uma estratificação da área de estudo com objetivo de identificar diferenças edafoclimáticas e no manejo do solo, com objetivo de criar unidades espaciais mais homogêneas para a estimativa das emissões dos gases.

Figura 3 – Macro zonas biogeoclimáticas dos estados de Rondônia e Mato Grosso

A divisão foi efetuada utilizando-se o Sistema de Informação Geográfico ArcGis 9.0 pela sobreposição dos planos de informação referente a solos, vegetação nativa, geologia, clima e

relevo afim de encontrar áreas homogênea tornando possível a determinação dos atributos do solo a serem extrapolados criteriosamente para toda ecorregião (MELLO, 2007).

- Alto Xingu: os solos dominantes são Latossolo e Plintossolos, a vegetação é a transição Floresta Ombrófila-Floresta Estacional, o clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1750-2250 mm, o relevo é plano (tabular), o substrato é sedimentar Paleozóico-Cenozóico.

- Bacia sedimentar do Paraná: os solos dominantes são Neossolo Quartzarênico e Latossolo; a vegetação é o Cerrado, o clima é do tipo Am e Cwa com precipitação anual de 1250 a 1750 mm, o relevo é plano (Chapadões), o substrato é sedimentar Paleozóicos e Mesozóicos.

- Chapada dos Parecis: os solos dominantes são Latossolo e Neossolo Quartzarênico, a vegetação é o Cerrado e a transição Cerrado-Floresta Estacional, o clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1500 a 2250 mm, o relevo é plano (Chapadões), o substrato é sedimentar Paleozóico-Mesozóico.

- Depressão do Araguaia: os solos dominantes são Solos Plíntico e Glei, a vegetação é o Cerrado, o clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1250-2000 mm, o relevo é plano, o substrato é sedimentar Cenozóico e Quaternário.

- Depressão de Cuiabá-Paranatinga e região Serrana: os solos dominantes são Plintossolos, Argissolo e Latossolo, a vegetação é o Cerrado e a Floresta estacional, o clima é do tipo Am com precipitação anual de 1500-1750 mm; o relevo é plano ou montanhoso, o substrato é sedimentar metamorfizado ou não metamorfizado do Proterozóico.

- Depressão do Guaporé: o solo dominante é Latossolo, a vegetação é a Floresta ombrófila aberta na parte norte, a Floresta estacional e o Cerrado na parte sul, o clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1750-2250 mm na parte norte, do tipo Ami e Am com precipitação anual de 1500-1750 mm na parte sul, o relevo é plano, o substrato é cristalino.

- Nordeste do Mato Grosso: o solo dominante é Argissolo, a vegetação é transição Cerrado-Floresta Ombrófila, o clima é do tipo Ami com precipitação anual de 2000-2500 mm, o relevo é ondulado (colinas), o substrato é cristalino.

- Norte de Rondônia: o solo dominante é Latossolo, a vegetação é a Floresta Ombrófila aberta, o clima é do tipo Awi com precipitação anual de 2000 a 2500 mm, o relevo é plano (tabular), o substrato é em parte cristalino e em parte sedimentar Cenozóico e Quaternário.

- Norte do Mato Grosso: os solos dominantes são Argissolo, Latossolo e Neossolo Litólico, a vegetação é a Floresta Ombrófila aberta e a transição Cerrado-Floresta Estacional, o

clima é do tipos Awi e Ami com precipitação anual de 2000 a 2750 mm, o relevo é ondulado (colinas) ou plano (Chapadas internas), o substrato é predominantemente cristalino com inclusões sedimentar Proterozóico-Paleozoico.

- Pantanal: o solo dominante é o Gleissolo, a vegetação é o Cerrado, o clima é do tipo Am com precipitação anual de 1500-1750 mm), o relevo é plano, o substrato é sedimentar Quaternário.

- Rondônia central: o solo dominante é Argissolo, a vegetação é a Floresta Ombrófila aberta, o clima é do tipo Awi e Ami com precipitação anual de 1750 a 2250 mm. O relevo é ondulado (colinas e cristas) o substrato é predominantemente cristalino com inclusões sedimentar Proterozóico.

2.2.2.1 Escolha dos locais de amostragem

Em cada ecorregião foram sorteados 2 municípios para avaliação dos estoques de carbono em função da mudança do uso da terra totalizando, 22 municípios (Figura 4).

- Alto Xingu: São Jose do Xingu e Sorriso
- Bacia sedimentar do Paraná: Itiquira e Novo São Joaquim
- Chapada dos Parecis: Conquista d'Oeste e Sapezal
- Depressão do Araguaia: Água Boa Ribeirão Cascalheira
- Depressão de Cuiabá-Paranatinga: Porto Esperidião e Várzea Grande
- Depressão do Guaporé: Pimentiras d'Oeste e Pontes e Lacerda
- Nordeste do Mato Grosso: Guarantã do Norte e Vila Rica
- Norte de Rondônia: Rio Crespo e Theobroma
- Norte de Mato Grosso: Itauba e Nova Monte Verde
- Pantanal: Barão de Melgaço e Cáceres.
- Rondônia central: Ariquemes e Santa Luzia d'Oeste

Figura 4 - Municípios sorteados para amostragem de solo

Nestes locais foi realizada a amostragem de solo em pares representativos quanto ao uso e mudança de uso da terra para determinação do estoque de carbono. Os pares de amostragem são caracterizados por sistema nativo (referencia), pastagem, uso agrícola com agricultura sob sistema de plantio convencional e/ou direto e culturas perenes. As características gerais das áreas como: latitude, longitude, municípios, estado, uso da terra e praticas de manejo estão apresentados no (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

continua

Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)			
Alto Xingu	10°54'37''	52°47'3''	São José do Xingu (MT)	PA- melhorada	14	Calagem; Adubação
Alto Xingu	10°55'18''	52°47'17''	São José do Xingu (MT)	PA - alt. degradada	14	
Alto Xingu	10°55'18''	52°47'54''	São José do Xingu (MT)	FES		
Alto Xingu	10°54'42''	52°47'3''	São José do Xingu (MT)	PA nominal	14	
Alto Xingu	12°29'46''	55°40'32''	Sorriso (MT)	Contato SF/FES		
Alto Xingu	12°29'43''	55°40'35''	Sorriso (MT)	PA- melhorada	20	Calagem e adubo
Alto Xingu	12°29'46''	55°40'36''	Sorriso (MT)	PA(5) > Soja (15)	20	PD safrinha
Alto Xingu	12°30'12''	55°38'39''	Sorriso (MT)	Soja (6)	6	PD safrinha
Alto Xingu	12°29'13''	55°38'49''	Sorriso (MT)	Arroz (2)	2	Cult. Convencional
Alto Xingu	12°29'12''	55°38'47''	Sorriso (MT)	Soja (15)	15	PD e pousio
Alto Xingu	12°29'43''	55°36'53''	Sorriso (MT)	Soja (6)	6	PD e safrinha
Alto Xingu	12°29'43''	55°36'52''	Sorriso (MT)	Contato SF/FES		
Bac. Sed. Paraná	17°25'98''	54°41'57''	Itiquira (MT)	PA - nominal	17	Produtiva
Bac. Sed. Paraná	17°27'11''	54°42'33''	Itiquira (MT)	PA(4)>S (5)>Alg (3)>S (3)	15	PD safrinha
Bac. Sed. Paraná	17°25'53''	54°40'45''	Itiquira (MT)	PA(3)>S(2)>Alg (2)>S(10)	22	PD e pousio
Bac. Sed. Paraná	17°27'12''	54°42'35''	Itiquira (MT)	SF		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

					Continuação		
Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo	Prática de manejo ²	
	Latitude	Longitude	Município (UF)		(anos)		
Bac. Sed. Paraná	17°28'50''	54°40'59''	Itiquira (MT)	PA – altam. degradada	10	P e calagem	
Bac. Sed. Paraná	17°28'44''	54°40'59''	Itiquira (MT)	SA			
Bac. Sed. Paraná	15°9'9''	53°34'9''	Novo São Joaquim (MT)	Soja/alg (15)> Soja (4)	19	Soja em PD com safrinha	
Bac. Sed. Paraná	15°9'11''	53°34'9''	Novo São Joaquim (MT)	Soja/Algodao	19	Cult. Convencional	
Bac. Sed. Paraná	15°7'32''	53°34'26''	Novo São Joaquim (MT)	SP	15		
Bac. Sed. Paraná	15°8'26''	53°25'55''	Novo São Joaquim (MT)	PA - nominal			
Chapada Parecis	14°32'23''	59°30'50''	Conquista D'Oeste (MT)	PA - altam. degradada	18		
Chapada Parecis	14°32'22''	59°30'43''	Conquista D'Oeste (MT)	FES	14		
Chapada Parecis	14°32'23''	59°31'	Conquista D'Oeste (MT)	PA - altam. degradada			
Chapada Parecis	14°37'30''	59°31'37''	Conquista D'Oeste (MT)	PA - nominal	12		
Chapada Parecis	14°37'31''	59°31'44''	Conquista D'Oeste (MT)	FES			
Chapada Parecis	13°27'18''	58°43'32''	Sapezal (MT)	Soja (5)	5	PR (milheto safrinha)	
Chapada Parecis	13°27'16''	58°43'32''	Sapezal (MT)	SA			

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Continuação

Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)			
Chapada Parecis	13°43'51''	58°59'14''	Sapezal (MT)	Soja (7)	7	PD safrinha
Chapada Parecis	13°43'48''	58°59'17''	Sapezal (MT)	SA		
Chapada Parecis	13°38'10''	58°43'32''	Sapezal (MT)	Soja (7)	7	PD safrinha
Chapada Parecis	13°38'60''	58°43'32''	Sapezal (MT)	FES		
Depres. Araguaia	14°3'8''	52°20'34''	Água Boa (MT)	Soja	18	PD com 7 anos safrinha
Depres. Araguaia	14°3'8''	52°20'38''	Água Boa (MT)	Ar (2)> PA(2) – melhorada	4	Adubo-NPK
Depres. Araguaia	14°3'15''	52°20'39''	Água Boa (MT)	AS		
Depres. Araguaia	12°38'26''	51°47'25''	Rib. Cascalheira (MT)	FES		
Depres. Araguaia	12°38'25''	51°47'25''	Rib. Cascalheira (MT)	PA (10)>Soja (5)	15	PD safrinha
Depres. Araguaia	12°38'28''	51°47'23''	Rib. Cascalheira (MT)	PA – melhorada	5	Reformada (arroz)
Depres. Araguaia	12°35'40''	51°47'06''	Rib. Cascalheira (MT)	PA - alt. Degradada	10	
Depres. Cuiabá	15°50'21''	58°30'54''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	15	
Depres. Cuiabá	15°50'15''	58°29'59''	Porto Esperidião (MT)	SA		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Continuação						
Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)		(anos)	
Depres. Cuiabá	15°50'39''	58°30'43''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	12	
Depres. Cuiabá	15°50'36''	58°30'52''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	21	
Depres. Cuiabá	15°50'53''	58°31'19''	Porto Esperidião (MT)	FES		
Depres. Cuiabá	15°39'15''	56°13'18''	Várzea Grande (MT)	PA - mod. Degradada	20	
Depres. Cuiabá	15°39'15''	56°13'18''	Várzea Grande (MT)	SA		
Depres. Guaporé	13°21'57''	60°53'56''	Pimenteiras do Oeste (RO)	PA(18)>Ar(2)>S (2)	22	PC, pousio; NPK
Depres. Guaporé	13°22'54''	60°53'38''	Pimenteiras do Oeste (RO)	PA – Alt. degradada	15	
Depres. Guaporé	13°21'56''	60°53'57''	Pimenteiras do Oeste (RO)	FES		
Depres. Guaporé	13°17'17''	60°47'46''	Pimenteiras do Oeste (RO)	Café(10)>Ar (2)>M/S (10)	22	PD safrinha; NP, calagem
Depres. Guaporé	13°17'10''	60°47'51''	Pimenteiras do Oeste (RO)	Past - mod. degradada	15	
Depres. Guaporé	13°13'43''	60°47'47''	Pimenteiras do Oeste (RO)	FES		
Depres. Guaporé	15°17'45''	59°12'23''	Pontes e Lacerda (MT)	PA(7)> Soja (3)	10	PD safrinha; NPK
Depres. Guaporé	15°16'54''	59°12'28''	Pontes e Lacerda (MT)	PA - alt. degradada	10	
Depres. Guaporé	15°16'56''	59°12'19''	Pontes e Lacerda (MT)	FES		
Depres. Guaporé	15°16'35''	59°13'46''	Pontes e Lacerda (MT)	PA-nominal	16	

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Continuação						
Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)			
Nordeste de MT	9°52'31''	54°53'9''	Guarantã do Norte (MT)	Floresta		
Nordeste de MT	9°52'31''	54°53'12''	Guarantã do Norte (MT)	PA - nominal	27	Calagem em 2001
Nordeste de MT	9°52'23''	54°53'14''	Guarantã do Norte (MT)	PA - altam. degradada	29	
Nordeste de MT	9°57'51''	50°58'29''	Vila Rica (MT)	PA - alt. degradada	13	Calagem a 2 anos
Nordeste de MT	9°58'19''	50°59'13''	Vila Rica (MT)	PA - mod. Degradada	21	
Nordeste de MT	9°57'54''	50°58'35''	Vila Rica (MT)	FOA		
Norte de RO	9°49'48''	62°40'59''	Rio Crespo (RO)	PA - alt. degradada	15	Queima
Norte de RO	9°48'23''	62°40'55''	Rio Crespo (RO)	PA - mod. degradada	20	Queima
Norte de RO	9°49'50''	62°40'57''	Rio Crespo (RO)	FOA		
Norte de RO	10°6'30''	62°19'26''	Theobroma (RO)	Cacau	9	
Norte de RO	10°6'38''	62°19'30''	Theobroma (RO)	Cacau	6	
Norte de RO	10°6'33''	62°19'10''	Theobroma (RO)	PA – mod. Degradada	10	
Norte de RO	10°6'37''	62°19'26''	Theobroma (RO)	FOA		
Norte de RO	10°3'14''	62°19'12''	Theobroma (RO)	PA – melhorada	12	Calagem, N e P 2 anos

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Continuação						
Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)		(anos)	
Norte de RO	10°3’14’’	62°19’12’’	Theobroma (RO)	PA – melhorada	12	Calagem, N e P 2 anos
Norte de RO	10°3’17’’	62°19’14’’	Theobroma (RO)	PA) – moder.degradada		
Norte de MT	10°54’17’’	55°15’16’’	Itaúba (MT)	PA - mod. Degradada	22	PD c safrinha
Norte de MT	10°54’18’’	55°15’14’’	taúba (MT)	PA (15)> Soja (7)	22	
Norte de MT	10°54’20’’	55°15’15’’	taúba (MT)	FOA		
Norte de MT	11°1’17’’	55°17’34’’	taúba (MT)	PA - mod. Degradada	15	
Norte de MT	11°1’16’’	55°17’32’’	taúba (MT)	FOA		
Norte de MT	9°58’51’’	57°21’14’’	Nova Monte Verde (MT)	FOA	25	
Norte de MT	9°58’49’’	57°21’14’’	Nova Monte Verde (MT)	PA - nominal		
Norte de MT	9°58’43’’	57°24’28’’	Nova Monte Verde (MT)	FOD	10	
Norte de MT	9°58’44’’	57°24’28’’	Nova Monte Verde (MT)	PA - mod. degradada		
Pantanal	16°12’20’’	55°56’45’’	Barão de Melgaço (MT)	PA – altam. Degradada	20	
Pantanal	16°12’22’’	55°56’42’’	Barão de Melgaço (MT)	AS		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

					Conclusão	
Ecorregião	Coordenadas		Localização	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude	Município (UF)			
Pantanal	16°2'7''	57°36'40''	Cáceres (MT)	PA – altam. degradada	13	Adubação cobertura morta
Pantanal	16°1'56''	57°37'25''	Cáceres (MT)	PA – altam. degradada	20	
Pantanal	16°2'2''	57°36'16''	Cáceres (MT)	SA		
Pantanal	16°0'58''	57°44'37''	Cáceres (MT)	PA - melhorada	5	
Pantanal	16°0'36''	57°44'50''	Cáceres (MT)	PA - nominal	3	
Pantanal	16°0'50''	57°44'31''	Cáceres (MT)	SP		
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Café Conilon	14	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Café Conilon	16	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Cacau	26	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	FOA		
RO Central	11°55'10''	61°44'27''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	Café Conilon	8	Adubo – NPK (4 x)
RO Central	11°55'13''	61°44'26''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	PA – alt. Degradada	15	
RO Central	11°55'29''	61°44'38''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	Café Conilon	12	
RO Central	11°55'23''	61°44'27''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	FOA		

¹PA= Pastagem, Ar= arroz, S=soja, M=milho, alg=Algodão, FOA= Floresta Ombrófila Aberta, FOD= Floresta Ombrófila Densa, FES= Floresta Estacional Semidecidual, SA= Savana Arborizada, SP= Savana Parque, SF=Savana Florestada, Contato FS/FES= Contato Savana Florestada / Floresta estacional semidecidual. ²PD= Plantio direto, PR= Plantio Reduzido.

2.2.2.2 Coleta e preparo de amostras de terra para análises

A amostragem foi realizada em junho/julho de 2007. Foram coletadas cinco repetições em cada local nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de acordo com a Figura 3. As amostras de terra foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas a 2 mm para retirada de material não decomposto. As amostras de terra destinadas à análise de C total e para determinação do C do solo, foram moídas e passadas em peneiras de 100 mesh. Em todas as trincheiras e profundidades foram coletadas amostras indeformadas pelo método do anel volumétrico ($99,4 \text{ cm}^3$) para determinação da densidade do solo.

Figura 5 - Esquema de amostragem de solo em cada situação estudada nos estados de Rondônia e Mato Grosso

As variáveis do solo estudadas foram areia, silte, argila, argila + silte (g kg^{-1}) para as áreas de vegetação nativa e pastagem; pH- H_2O , pH-KCl, densidade do solo (g cm^{-3}), os teores de C total (g kg^{-1}), estoque de carbono (Mg ha^{-1}), determinação de $\delta^{13}\text{C}$ através da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ para as áreas de pastagem.

2.2.3 Análise físico-química dos solos

As análises físico-químicas do solo foram realizadas para todas as áreas amostradas, exceto a análise granulométrica que foi efetuada para as áreas sob de vegetação nativa e pastagem, uma vez que os pares amostrados estão sobre o mesmo tipo de solo não ocorrendo grande diferença na textura destes solos. A área de Guarantã do Norte foi desconsiderada devido à perda das amostras coletadas.

2.2.3.1 Análise granulométrica

Após preparo das amostras, 100g de TFSA foram levadas ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (CENA-USP) para análise granulométrica com objetivo de confirmar a presença de solos arenosos, argilosos. Para as áreas de vegetação nativas foram analisadas as camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm e para pastagem 0-5, 5-10 e 10-20 cm. O método utilizado foi o do densímetro que consiste em dispersar a amostra de solo com solução hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio, em agitador elétrico de 1200 RPM por 16 horas e em seguida transferir a amostra para uma proveta graduada de 1000mL. Agitar a suspensão por 40 segundos e efetuar a leitura da densidade com densímetro a vários intervalos de tempo, conforme (CAMARGO et al., 1986).

2.2.3.2 Análise do pH

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

2.2.3.3 Densidade do solo

A amostragem do solo foi realizada em uma área com aproximadamente 1 ha (100 x 100 m) em cada situação. Coletaram-se amostras de solo em cinco trincheiras até 30 cm de profundidade, seccionada nas seguintes camadas (0-5; 5-10; 10-20; 20- 30 cm). Para cálculo da densidade aparente do solo foram coletadas amostras de solo indeformado com auxílio de um cilindro de aço inox (5 x 5 cm). Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, as amostras para cálculo densidade do solo foram retiradas na porção média da camada.

No laboratório foi determinada a massa total de cada amostra e uma alíquota de 5 g foi utilizada para a umidade gravimétrica. A densidade aparente do solo foi determinada segundo BLAKE, HARTGE (1986).

Com o peso seco da amostra e o volume conhecido do cilindro (99,4 cm³), pode-se obter a densidade: eq. (1).

$$\delta = m/V \text{ (gcm}^{-3}\text{)} \quad (1)$$

δ = densidade, m = peso do solo seco, V = Volume

2.2.4 Determinação do estoque de carbono do solo

O teor de C total das amostras para posterior cálculo do estoque foi determinado por combustão a seco no analisador elementar LECO CN-2000 no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (CENA-USP).

Para cada camada de solo amostrada (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade) calculou-se os estoques multiplicando o teor de C pela densidade do solo e sua respectiva camada (Equação 2) (NEILL et al., 1997; BERNOUX et al., 1998b).

$$E = d \times h \times C \quad (2)$$

Sendo:

E = estoque de carbono total do solo (Mg ha⁻¹);

d = densidade aparente do solo (g cm⁻³);

h = espessura da camada amostrada (cm);

C = teor de carbono ou total do solo (%).

Como as amostras foram coletadas em campo sempre em camadas fixas, pode-se incorrer em erros no cálculo dos estoques, em razão da variação nos valores de densidade do solo devido à mudança de uso da terra (MORAES et al., 1996). Nesse caso, os estoques foram corrigidos para a mesma massa de terra, utilizando como referência, o solo da vegetação nativa referente a cada par avaliado

2.2.4.1 Cálculo das camadas equivalentes de solo

As camadas equivalentes em massa a 30 cm de solo sob vegetação nativa foram calculadas seguindo as seguintes etapas:

A - Fixar a camada de solo (20-30 cm) de referência (floresta, cerrado, vegetação de transição);

B - Calcular a média ponderada da densidade da vegetação nativa em relação as suas respectivas camadas de solo (δ nativa);

C - Calcular a média ponderada da densidade de cada situação em relação as suas respectivas camadas de solo (δ uso)

D – Determinar a camada de solo equivalente para cada situação (Equação 3).

$$\text{Camada equivalente (cm)} = (\delta \text{ nativa} / \delta \text{ uso}) \times 30 \quad (3)$$

2.2.5 Qualidade da matéria orgânica do solo: origem do carbono

A razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do solo para as áreas de pastagem foi obtida a partir da liberação de CO_2 devido a combustão a 550°C de amostra de terra, em tubo pirex selados, na presença de CuO , no analisador elementar Carlo Erba EA-1110, sendo os gases gerados separados por cromatografia gasosa e, carregados por fluxo contínuo até o espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus no Laboratório de Ecologia Isotópica (CENA-USP). A relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) da amostra é expressa na forma de δ por mil (‰), com relação ao padrão internacional PDB (Equação 4).

$$^{13}\text{C} = (\text{R amostra} / \text{R padrão} - 1) \times 1000 \quad (4)$$

Sendo:

R amostra = relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da amostra;

R padrão = relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do padrão.

O padrão utilizado é a rocha calcária da Formação Pee Dee (PDB – Pee Dee Belemnite). Materiais biológicos geralmente têm uma razão isotópica menor que a razão isotópica do padrão, tornando o valor de δ negativo.

A contribuição do tipo de vegetação (C3 ou C4) no estoque de C do solo foi calculada a partir do estoque de C, composição isotópica do C do solo e da composição isotópica da vegetação predominante segundo proposto por BERNOUX et al. (1998b) (Equação 4).

$$\delta^{13}\text{Ct} \times \text{Ct} = \delta^{13}\text{C3} \times \text{C3} + \delta^{13}\text{C4} \times \text{C4} \quad (4)$$

Sendo:

$\delta^{13}\text{Ct}$ = composição isotópica do C total do solo;

Ct = Carbono total do solo;

$\delta^{13}\text{C3}$ = composição isotópica das plantas C3 do local;

C3 = Carbono do solo proveniente das plantas C3 (-28‰);

$\delta^{13}\text{C4}$ = Composição isotópica das plantas C4 do local;

C4 = Carbono do solo proveniente das plantas C4 (-13‰);

2.2.6 Análise dos resultados

A hipótese deste estudo concentra-se nas alterações dos estoques de C devido à mudança do uso da terra para os estados de Mato Grosso e Rondônia. Admitindo-se que por meio da divisão das ecorregiões buscou-se a “homogeneidade” dentro de cada situação; a amostragem em pares fornece para cada situação um controle local.

Assim, o delineamento experimental empregado para a análise dos resultados pode ser considerado inteiramente casualizado (DIC), constando de 22 áreas consideradas como tratamentos (32 nativas, 38 pastagens, 8 áreas com culturas perenes, 3 áreas cultivadas em plantio convencional e 15 áreas cultivadas em plantio direto), cada qual com cinco pontos amostrais por área (pseudo-repetições) em diferentes sítios topográficos (HURLBERT, 1984).

Os resultados foram inicialmente submetidos à estatística básica clássica para se conhecer a frequência e distribuição dos dados. Em seguida foram agrupados em diferentes categorias (Nativas, Pastagens, Perenes, Plantio convencional e Plantio direto), posteriormente foi feito o

desdobramento destes grupos em cada ecorregião estudada. Os resultados foram submetidos à análise de variância com o propósito de conhecer existência de diferenças significativas entre si pelo procedimento GLM e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para caracterizar as diferenças entre os tratamentos. Para as correlações lineares de Pearson entre as variáveis que influenciaram as alterações do C no solo foi aplicado o Teste t ($p < 0,01$ e $0,05$). A análise regressão linear foi realizada para as variáveis teores de carbono e argila+ silte com objetivo de verificar dependência entre elas.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Análise geral dos atributos do solo

A estatística clássica foi aplicada as variáveis do solo (pH H₂O; pH KCl, densidade, teor e estoque de carbono) para cada profundidade amostrada referente aos diferentes usos e manejo do solo nos estados de Rondônia e Mato Grosso. As variáveis areia e argila + silte foram analisadas somente na área de vegetação nativa e pastagem, sendo na pastagem determinada até a camada 10-20 cm. A estatística descritiva foi utilizada para analisar a frequência e a distribuição dos dados, considerando que além da variação espacial relacionada a fatores de formação do solo (TRANGMAR et al., 1985), pode estar ocorrendo a influência do uso e manejo do solo (YANG et al., 2001).

Os valores mínimo e máximo foram utilizados para identificação de possíveis outlier, mas nenhum dado discrepante foi encontrado no conjunto de dados analisados (Tabela 1). A assimetria e a curtose foram utilizadas para verificar a distribuição estatística dos dados, que no geral apresentaram distribuição assimétrica positiva, ou seja, média maior que a mediana com maior número de dados com valores abaixo da média.

Os valores de pH, no geral diminuíram com a profundidade para todos os usos avaliados. A maior variação do pH foi na área de vegetação nativa para camada 0-5 cm, com valores de 3,98 a 7,75 para pH H₂O e 2,98 a 7,35 para pH KCl referente a mínimo e máximo respectivamente. A decomposição do material vegetal pelos microorganismos liberam CO₂, aumentando a concentração desse gás no solo; este reage com a água produzindo H⁺, além da dissociação de H⁺ dos ácidos orgânicos (HAVLIN, et al.; 2005), uma vez que essa área não recebeu calagem.

Tabela 2 - Estatística básica para as variáveis, pH H₂O e pH KCl, argila, argila + silte, densidade do solo, teor e estoque de C nas diferentes camadas amostradas para vegetação nativa, pastagem, cultura perene, agricultura (plantio convencional e direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Continua									
	Estatística Descritiva								
	Media	Mediana	Max ¹	Min ²	D.P. ³	Ass ⁴	Curt ⁵	C.V. ⁶	n
NATIVA (0-5 cm)									
pH H2O	5,41	5,16	7,75	3,98	0,96	0,55	-0,64	18	155
pH KCl	4,67	4,23	7,37	2,98	1,09	0,93	-0,39	23	155
Areia (%)	70,74	75,61	97,97	34,62	16,15	-0,46	-0,71	23	93
Argila + silte (%)	29,26	24,39	65,38	2,03	16,15	0,46	-0,71	55	93
Densidade (g cm ⁻³)	1,13	1,12	1,82	0,60	0,21	0,16	0,07	18	158
C(g kg ⁻¹)	19,78	16,78	62,10	7,31	9,35	1,14	1,76	47	158
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,58	9,67	21,42	4,26	3,86	0,67	-0,22	37	158
NATIVA (5-10 cm)									
pH H2O	5,27	5,34	7,92	3,70	1,00	0,32	-0,49	19	158
pH KCl	4,64	4,22	7,83	3,43	0,93	1,45	1,15	20	158
Areia (%)	67,88	71,72	97,99	27,44	17,52	-0,39	-0,84	26	93
Argila + silte (%)	32,12	28,28	72,56	2,01	17,52	0,39	-0,84	55	93
Densidade (g cm ⁻³)	1,22	1,27	1,61	0,68	0,18	-0,56	-0,22	15	158
C(g kg ⁻¹)	13,34	12,25	33,10	4,56	5,84	1,05	0,93	44	158
Estoque (Mg ha ⁻¹)	7,80	7,60	15,13	1,75	2,67	0,56	0,16	34	158
NATIVA (10-20 cm)									
pH H2O	5,28	5,25	7,94	3,78	0,94	0,40	-0,52	18	155
pH KCl	4,60	4,31	6,95	3,71	0,77	1,56	1,16	17	155
Areia (%)	67,32	71,85	97,99	23,52	18,31	-0,45	-0,69	27	96
Argila + silte (%)	32,68	28,15	76,48	2,01	18,31	0,45	-0,69	56	96
Densidade (g cm ⁻³)	1,27	1,30	1,60	0,86	0,17	-0,61	-0,33	13	157
C(g kg ⁻¹)	11,01	9,83	48,60	4,19	5,53	2,56	12,97	50	157
Estoque (Mg ha ⁻¹)	13,41	12,86	56,96	5,98	5,56	3,32	23,19	41	157
NATIVA (20-30 cm)									
pH H2O	5,39	5,34	8,03	3,84	0,88	0,42	-0,50	16	156
pH KCl	4,64	4,36	7,53	3,92	0,77	1,81	2,27	17	156
Areia (%)	65,33	69,56	97,99	21,75	19,76	-0,40	-0,78	30	94
Argila + silte (%)	34,67	30,44	78,25	2,01	19,76	0,40	-0,78	57	94
Densidade (g cm ⁻³)	1,28	1,32	1,66	0,73	0,19	-0,61	-0,31	15	157
C(g kg ⁻¹)	8,83	8,01	22,40	3,60	3,75	1,15	1,30	42	157
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,75	10,50	29,95	4,79	3,65	1,13	4,44	34	158
PASTAGEM (0-5cm)									
pH H2O	6,04	6,05	7,40	4,69	0,53	0,17	-0,19	9	184
pH KCl	5,27	5,15	7,18	4,11	0,74	0,45	-0,63	14	184
Areia (%)	71,77	73,77	98,29	19,75	20,06	-0,93	0,32	28	32
Argila + silte (%)	27,63	26,21	80,25	1,71	20,26	0,91	0,31	73	32
Densidade (g cm ⁻³)	1,37	1,41	1,66	0,44	0,17	-1,50	4,38	13	187

Tabela 2 - Estatística básica para as variáveis, pH H₂O e pH KCl, argila, argila + silte, densidade do solo, teor e estoque de C nas diferentes camadas amostradas para vegetação nativa, pastagem, cultura perene, agricultura (plantio convencional e direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Continuação

	Estatística Descritiva								N
	Media	Mediana	Max ¹	Min ²	D.P. ³	Ass ⁴	Curt ⁵	C.V. ⁶	
C(g kg ⁻¹)	18,40	16,10	49,55	6,11	8,48	0,87	0,48	46	187
Estoque (Mg ha ⁻¹)	12,23	11,37	27,45	4,07	5,16	0,50	-0,40	42	188
PASTAGEM (5-10 cm)									
pH H2O	5,90	5,91	7,27	4,19	0,59	-0,31	-0,09	10	186
pH KCl	5,12	5,04	7,15	3,99	0,76	0,53	-0,64	15	186
Areia (%)	74,51	77,82	98,00	30,96	16,79	-0,68	0,11	23	32
Argila + silte (%)	25,49	22,18	69,04	2,00	16,79	0,68	0,11	66	32
Densidade (g cm ⁻³)	1,37	1,41	1,66	0,78	0,16	-1,12	1,40	12	186
C(g kg ⁻¹)	14,58	12,75	53,90	3,68	6,88	1,71	5,24	47	188
Estoque (Mg ha ⁻¹)	9,60	8,85	24,16	2,17	4,05	0,70	0,37	42	188
PASTAGEM (10-20 cm)									
pH H2O	5,83	5,84	7,47	4,27	0,64	-0,26	-0,39	11	186
pH KCl	5,05	4,81	7,09	3,99	0,74	0,70	-0,53	15	186
Areia (%)	69,99	69,73	97,99	31,26	19,50	-0,38	-0,78	28	32
Argila + silte (%)	30,01	30,27	68,74	2,01	19,50	0,38	-0,78	65	32
Densidade (g cm ⁻³)	1,37	1,40	1,67	0,76	0,16	-1,00	1,32	11	186
C(g kg ⁻¹)	11,49	10,57	26,80	4,11	4,88	1,00	0,62	42	186
Estoque (Mg ha ⁻¹)	15,23	14,50	31,14	0,00	5,93	0,48	-0,09	39	188
PASTAGEM (20-30 cm)									
pH H2O	5,81	5,86	7,16	4,42	0,65	-0,18	-0,78	11	186
pH KCl	5,01	4,80	6,80	4,08	0,74	0,76	-0,64	15	186
Densidade (g cm ⁻³)	1,35	1,37	1,73	0,79	0,16	-0,63	0,40	12	186
C(g kg ⁻¹)	9,22	8,54	23,00	3,17	3,78	1,16	1,60	41	186
Estoque (Mg ha ⁻¹)	12,16	11,33	24,31	2,71	4,18	0,68	0,11	34	186
CULTURA PERENE (0 -5 cm)									
pH H2O	6,22	6,28	7,87	4,38	0,81	0,16	-0,34	13	40
pH KCl	5,76	5,89	7,59	4,08	0,99	0,16	-0,76	17	40
Densidade (g cm ⁻³)	1,27	1,28	1,56	0,89	0,13	-0,33	0,84	11	40
C(g kg ⁻¹)	18,96	17,60	49,80	1144	6,44	2,87	12,87	34	40
Estoque (Mg ha ⁻¹)	11,83	10,98	22,07	7,63	3,13	1,17	1,67	26	40
CULTURA PERENE (5 -10 cm)									
pH H2O	6,03	6,15	7,98	4,04	0,99	-0,11	-0,84	16	40
pH KCl	5,58	5,73	7,50	3,97	1,00	0,07	-1,03	18	40
Densidade (g cm ⁻³)	1,31	1,31	1,52	1,09	0,11	-0,14	-0,79	9	39
C(g kg ⁻¹)	14,06	13,90	22,80	9,45	2,85	0,86	1,11	20	40
Estoque (Mg ha ⁻¹)	9,18	8,88	15,58	6,98	1,88	1,73	3,31	20	39

Tabela 2 - Estatística básica para as variáveis, pH H₂O e pH KCl, argila, argila + silte, densidade do solo, teor e estoque de C nas diferentes camadas amostradas para vegetação nativa, pastagem, cultura perene, agricultura (plantio convencional e direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Continuação									
	Estatística Descritiva								
	Media	Mediana	Max ¹	Min ²	D.P. ³	Ass ⁴	Curt ⁵	C.V. ⁶	N
CULTURA PERENE (10-20 cm)									
pH H2O	5,90	6,17	7,85	4,21	1,10	-0,09	-1,47	19	40
pH KCl	5,45	5,62	7,58	4,07	1,01	0,24	-0,96	19	40
Densidade (g cm ⁻³)	1,36	1,35	1,63	1,02	0,14	-0,30	-0,22	10	40
C(g kg ⁻¹)	10,46	11,07	15,45	6,17	2,25	0,03	-0,74	22	40
Estoque (Mg ha ⁻¹)	14,03	14,17	19,16	8,58	2,35	0,13	-0,09	17	40
CULTURA PERENE (20 - 30 cm)									
pH H2O	5,83	6,03	7,47	4,30	1,06	0,01	-1,63	18	40
pH KCl	5,34	5,47	7,34	4,09	0,93	0,29	-1,16	17	40
Densidade (g cm ⁻³)	1,37	1,35	1,63	0,97	0,15	-0,35	0,09	11	40
C(g kg ⁻¹)	8,45	8,80	11,80	4,56	1,91	-0,51	-0,88	23	40
Estoque (Mg ha ⁻¹)	11,39	11,85	15,07	6,95	2,14	-0,38	-0,88	19	40
PLANTIO CONVENCIONAL (0 -5 cm)									
pH H2O	5,89	5,90	6,70	5,15	0,46	0,09	-1,13	8	15
pH KCl	5,19	5,13	5,93	4,67	0,36	0,70	-0,14	7	15
Densidade (g cm ⁻³)	1,07	0,99	1,34	0,90	0,16	0,70	-1,14	15	15
C(g kg ⁻¹)	21,17	19,80	33,44	13,70	6,35	0,58	-0,77	30	15
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,98	9,97	16,90	8,39	2,63	1,12	0,35	24	15
PLANTIO CONVENCIONAL (5-10 cm)									
pH H2O	5,80	6,08	6,45	4,49	0,63	-1,03	-0,14	11	15
pH KCl	5,07	5,16	6,04	4,36	0,47	0,28	-0,31	9	15
Densidade (g cm ⁻³)	1,13	1,08	1,42	0,89	0,20	0,21	-1,89	18	15
C(g kg ⁻¹)	19,58	18,45	30,08	11,80	6,06	0,39	-1,02	31	15
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,69	9,69	15,74	8,20	2,41	0,83	-0,58	23	15
PLANTIO CONVENCIONAL (10-20 cm)									
pH H2O	5,67	5,89	6,58	4,86	0,53	-0,18	-1,12	9	15
pH KCl	4,82	4,79	5,41	4,21	0,40	0,21	-1,42	8	15
Densidade (g cm ⁻³)	1,19	1,22	1,43	0,91	0,18	-0,36	-1,06	15	15
C(g kg ⁻¹)	16,83	15,30	28,47	10,10	5,81	0,92	-0,36	35	15
Estoque (Mg ha ⁻¹)	19,24	17,81	25,77	12,39	4,04	0,28	-0,85	21	15
PLANTIO CONVENCIONAL (20-30 cm)									
pH H2O	5,34	5,20	6,31	4,73	0,47	0,82	-0,09	9	15
pH KCl	4,59	4,51	5,73	4,23	0,34	2,88	9,97	7	15
Densidade (g cm ⁻³)	1,16	1,12	1,41	0,98	0,15	0,43	-1,31	13	15
C(g kg ⁻¹)	12,94	13,20	18,14	9,22	2,93	0,31	-1,04	23	15

Tabela 2 - Estatística básica para as variáveis, pH H₂O e pH KCl, argila, argila + silte, densidade do solo, teor e estoque de C nas diferentes camadas amostradas para vegetação nativa, pastagem, cultura perene, agricultura (plantio convencional e direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Conclusão									
	Estatística Descritiva								
	Media	Mediana	Max ¹	Min ²	D.P. ³	Ass ⁴	Curt ⁵	C.V. ⁶	N
Estoque (Mg ha ⁻¹)	14,77	14,55	18,86	10,27	2,57	-0,22	-0,61	17	15
PLANTIO DIRETO (0-5 cm)									
pH H2O	6,07	6,05	7,21	5,00	0,48	0,10	0,09	8	75
pH KCl	5,36	5,32	6,91	4,03	0,63	0,54	0,06	12	75
Densidade (g cm ⁻³)	1,19	1,19	1,61	0,81	0,19	-0,03	-0,31	16	74
C(g kg ⁻¹)	19,47	20,23	31,40	8,10	7,19	0,07	-1,46	37	74
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,97	11,65	16,77	0,00	3,42	-0,35	-0,19	31	75
PLANTIO DIRETO (5-10 cm)									
pH H2O	5,79	5,80	6,45	5,08	0,31	-0,12	-0,06	5	74
pH KCl	4,92	4,84	6,32	4,05	0,42	0,85	1,19	9	74
Densidade (g cm ⁻³)	1,23	1,23	1,64	0,84	0,19	0,00	-0,76	16	75
C(g kg ⁻¹)	18,02	17,88	34,16	8,16	6,68	0,31	-0,96	37	75
Estoque (Mg ha ⁻¹)	10,65	10,96	18,63	4,54	3,01	0,20	-0,45	28	75
PLANTIO DIRETO (10-20cm)									
pH H2O	5,63	5,62	6,45	4,94	0,35	0,13	-0,44	6	75
pH KCl	4,72	4,70	6,33	3,98	0,38	1,21	3,05	8	75
Densidade (g cm ⁻³)	1,26	1,27	1,60	0,79	0,21	-0,03	-1,16	16	75
C(g kg ⁻¹)	14,82	13,20	29,00	4,72	6,63	0,22	-0,82	43	74
Estoque (Mg ha ⁻¹)	17,67	17,95	28,78	0,00	6,05	-0,27	-0,34	34	75
PLANTIO DIRETO (20-30 cm)									
pH H2O	5,39	5,35	6,32	4,78	0,37	0,49	-0,12	7	75
pH KCl	4,55	4,50	5,62	4,11	0,26	1,70	4,33	6	75
Densidade (g cm ⁻³)	1,27	1,28	1,63	0,84	0,19	-0,11	-0,71	15	75
C(g kg ⁻¹)	11,79	10,90	29,30	3,71	5,23	0,68	0,34	44	75
Estoque (Mg ha ⁻¹)	14,11	13,92	31,28	5,66	4,74	0,67	1,23	34	75

¹Max= Máximo; ²Min= mínimo; ³DP= Desvio Padrão; ⁴Ass= Assimetria; ⁵Curt= Curtose; ⁶CV= Coeficiente de variação

O pH em água e KCl apresentaram uma correlação positiva com os teores de carbono do solo, ou seja, quanto maior o teor de MOS maior o valor de pH. Segundo Lopes (1983) a presença das cargas negativas pode ser atribuída à matéria orgânica do solo (MOS), que supera as cargas positivas dos minerais ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. De maneira geral, pode-se considerar que a MOS é composta aproximadamente por 58 % de carbono em diferentes estágios de decomposição. A quebra nas cadeias de C formando radicais R-COOH (carboxila) e

R-OH (hidroxila), juntamente com elevada superfície específica são os responsáveis pela geração das cargas na MOS (RAIJ, 1991).

A densidade média do solo aumentou com a profundidade para as áreas sob vegetação nativa, cultura perene, PC e PD. A pastagem não apresentou variação na densidade para as camadas amostradas, mas foi superior aos demais usos (MULLER et al.;2001); isto provavelmente ocorreu devido à pressão de pastejo nestas áreas, considerando que grande parte destas apresentavam elevado grau de degradação (TEIXEIRA et.al, 1996; CERRI, et al.;2004).

Como era de se esperar, o teor médio de carbono do solo diminuiu com a profundidade para todos os tratamentos, o mesmo foi observado Koutika, et al.(1997); Desjardins et al.(2004); Carvalho(2006).O menor teor de carbono foi encontrado na pastagem, camada 10-20 cm.

O sistema plantio convencional foi o uso do solo que apresentou maior média para estoque de carbono ($51,46 \text{ Mg ha}^{-1}$) seguido do plantio direto com estoque de $48,76 \text{ Mg ha}^{-1}$ na camada 0-30 cm. Machado e Silva (2001) obtiveram para sistema convencional um estoque $66,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ na camada 0-40 cm comparado ao sistema plantio direto ($62,9 \text{ Mg ha}^{-1}$), o mesmo foi obtido por Freitas et al (2000) em solos do cerrado.

Geralmente, com a substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas, percebe-se um declínio no conteúdo de C do solo, decorrente da redução no aporte de material e ao aumento da decomposição da matéria orgânica pelas práticas de manejo. Apesar de a matéria orgânica do solo aumentar sob o sistema plantio direto e apresentar elevado aporte de resíduos, deve-se considerar que este aumento também depende de outros fatores, tais como: clima, principalmente temperatura, precipitação, textura e mineralogia do solo (ALVAREZ; LAVADO, 1998) e tempo de implantação do sistema.

O elevado coeficiente de variação para os atributos analisados, refere-se alta variabilidade dos dados quanto a heterogeneidade de locais amostrados, localização geográfica, tipo de solo, manejo, tempo de implantação de cada uso e número de repetições.

2.3.2 Característica físico-química do solo

2.3.2.1 Granulometria

Os solos no geral apresentaram textura média a arenosa, com teor de areia entre 60 e 75% (Figura, 3). O teor de argila aumentou com a profundidade na área de vegetação nativa, com

média de 29,26 e 34,67 % para as camadas 0-5 e 20-30 cm , respectivamente, com a mesma tendência para a área de pastagem. A granulometria é um componente inerente do solo que varia em função do material de origem e grau de intemperização não apresentando grande alteração pelo manejo. Valores semelhantes a este foram obtidos por Correa (2002) no MT.

Os valores de argila para área de vegetação nativa foi de 248,23 g kg⁻¹ na camada 0-5 cm e de 308,39 para camada 20-30 cm

Tabela 3 - Caracterização granulométrica para as áreas de vegetação nativa e pastagem em diferentes camadas do solo para a Região de Rondônia e Mato Grosso

Camada cm	Areia	Silte	Argila	Argila +Silte)
-----g kg ⁻¹ -----				
Nativas				
0 - 5	710,57 ± 154,57	41,20 ± 33,17	248,23 ± 150,42	289,42 ± 154,57
5-10	684,65 ± 172,52	45,50 ± 28,07	269,85 ± 164,59	315,35 ± 172,53
10-20	673,61 ± 181,69	40,61 ± 24,26	285,78 ± 176,52	326,39 ± 181,69
20 - 30	654,40 ± 196,18	37,21 ± 23,24	308,39 ± 194,43	345,60 ± 196,18
Pastagem				
0 - 5	734,47 ± 173,45	52,13 ± 47,58	213,40 ± 155,32	265,53 ± 173,45
5-10	727,75 ± 165,33	44,14 ± 43,63	228,11 ± 147,75	272,25 ± 165,33
10-20	672,54 ± 183,85	47,99 ± 47,74	279,47 ± 168,12	327,46 ± 183,85

Os dados representam médias (n) ± desvio, nativa (n=32) e pastagem (n=38).

A relação entre a matéria orgânica e o teor de argila do solo esta relacionada a estabilidade dos agregados o qual tem grande impacto sobre os fatores que influenciam o crescimentos das culturas e a qualidade de um solo; como proteção do solo a erosão hídrica (PERFECT et al., 1990). A fração argila exerce domínio sobre o comportamento do solo em virtude de sua pequena dimensão, o que aumenta de maneira significativa sua superfície específica, e da presença de cargas negativas permanentes.

Solos arenoso apresentam uma rápida mineralização da matéria orgânica (FREIXO, 2002) dispersam se mais facilmente que solos com boa estabilidade de agregados fornecendo proteção e resistência física a decomposição (FELLER; BEARE, 1997, BAYER et al., 2002; CONANT et al; 2004).

2.3.2.2 Acidez do solo

O pH é a forma utilizada para representar a acidez ativa do solo, ou seja, a concentração de íons H^+ livre na solução do solo. O pH está diretamente relacionado à saturação de bases, quanto menor o valor do pH menor % de bases ocupando o complexo coloidal do solo, indicando a necessidade de correção.

Os valores médios de pH- H_2O e pH-KCl e Δ pH para os diferentes usos do solo nas diferentes profundidades amostradas estão representados na tabela 4.

Tabela 4 - Valores de pH H_2O , pH KCl e Δ pH para as diferentes camadas de solo amostradas sob vegetação nativa, pastagem, culturas perenes, agricultura (plantio convencional e plantio direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Camada (cm)	Nativa	Pastagem	Perene	PC ¹	PD ²	C.V. (%)
pH - H_2O						
0-5	5,41 Ba	6,05Aa	6,22 Aa	5,89 ABa	6,07 Aa	11
5-10	5,28 Aa	5,91Aa	6,03 Aa	5,80 Aa	5,79 Aab	12
10-20	5,30 Aa	5,83Aa	5,90Aa	5,67 Aa	5,63 Abc	12
20-30	5,40 Aa	5,82Aa	5,83 Aa	5,34 Aa	5,39 Ac	12
DMS ²	0,58	0,31	1,20	1,23	0,29	
C.V. ³	17	9	15	8	5	
pH - KCl						
0-5	4,67 Ba	5,26 ABa	5,76 Aa	5,19 ABa	5,36 ABa	16
5-10	4,64 Ba	5,12 ABa	5,58 Aa	5,07 ABa	4,92 ABab	15
10-20	4,61 Ba	5,05 ABa	5,45 Aa	4,82 ABa	4,72 ABab	14
20-30	4,64 Aa	5,02 Aa	5,34 Aa	4,59 Aa	4,55 Ab	14
DMS	0,56	0,41	1,13	0,69	0,36	
C.V.	19	13	15	5	7	
Δ pH						
0-5	-0,74 Aa	-0,79 Aa	-0,47 Aa	-0,70 Aa	-0,71 Aa	50
5-10	-0,67 Aa	-0,79 Aa	-0,46 Aa	-0,72 Aa	-0,87 Aa	53
10-20	-0,71 ABa	-0,78 ABa	-0,45 Ba	-0,75 ABa	-0,91 Aa	50
20-30	-0,77 Aa	-0,79 Aa	-0,49 Aa	-0,86 Aa	-0,84 Aa	49
DMS	0,30	0,22	0,27	0,84	0,22	
C.V.	64	47	42	42	27	

¹PC=Plantio Convencional, ²PD=Plantio Direto. Os dados representam médias dos usos: nativas (32), pastagem (38), perene (8), plantio direto (15) e plantio convencional (3). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal e as minúsculas na vertical.

²Diferença mínima significativa. ³C.V.= coeficiente de variação.

O pH no geral não apresentou diferença estatística para profundidade em cada situação de uso da terra e prática de manejo analisada, exceção ao PD que apresentou maior média na camada superficial. O mesmo comportamento foi verificado por Castro (1999); Carvalho (2006) mostrando que incrementos de MOS resulta no aumento da CTC do solo (BAYER; MIELNICZUK; 1997), relacionado ainda às características tamponantes da MOS (RAIJ, 1983; MELLO et al, 1989, SILVA, 1994) ou ao aumento da força iônica da solução do solo, devido ao incremento dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} na superfície do solo (FRANCHINI et al., 1999) provenientes da aplicação superficial de fertilizantes e corretivos.

Entretanto, observou-se uma leve tendência de redução do pH no sistema de semeadura direta em relação ao convencional na profundidade de 5-10 e 10- 20 cm, tal comportamento deve-se a não incorporação de calcário a essa profundidade.

O menor em vegetação nativa, pelo fato da acidez não ter sido corrigida .Os demais tratamentos não diferiram entre si .

Os valores negativos de Δ pH para todos os tratamentos demonstraram o predomínio de cargas negativas no solo. A variação de Δ pH em todas as áreas foi entre -0,45 a -0,86.

2.3.2.3 Densidade do solo

A densidade do solo representa a quantidade de massa de solo que ocupa um volume conhecido. Quanto maior a densidade do solo maior será o grau de compactação, e consequentemente maior resistência à penetração de raízes, infiltração de água e aeração (KOUTIKA et.al., 1997).

A densidade apresentou diferença em profundidade somente para a área de vegetação nativa com maior média nas camadas subsuperficiais (Tabela 5), possivelmente onde há menor aporte de material vegetal, considerando ser uma área sem interferência de praticas de manejo

A pastagem juntamente com agricultura perene foram os usos que apresentaram maiores densidades médias na camada superficial. Considerando que grande parte das pastagens apresentava elevado grau de degradação pode-se inferir que estas além de apresentarem um esgotamento do estoque de nutriente e baixa biomassa da vegetação (NEPSTAD; UHL; SERRÃO, 1990), apresentam também uma compactação na superfície do solo (ÉDEN et al., 1991), devido ao pisoteio de animais. Valores semelhantes foram encontrados por Moraes et.al

(1996), Neill, et.al (1996) para a mesma profundidade em pastagens de 3 a 81 anos de implantação em um Latossolo amarelo e Argissolo vermelho amarelo com densidade de 1,30 a 1,59 g cm⁻³ e 1,24 a 1,53 g cm⁻³, respectivamente.

Valores inferiores aos recém apresentados foram obtidos por BAYER et.al (2006) avaliando dois Latossolos com diferentes teores de argila no Cerrado. Os referidos autores apresentaram valores de densidade de 0,93 g cm⁻³ para textura média argilosa (350 g de argila kg⁻¹) em Luziânia (GO) e de 1,05 g cm⁻³ em Costa Rica (MS) em solo muito argiloso (650 g de argila kg⁻¹).

Tabela 5 - Densidade media do solo (g cm⁻³) para as diferentes camadas de solo amostradas sob vegetação nativa, pastagem, culturas perenes, agricultura (plantio convencional e plantio direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Camada (cm)	Nativa	Pastagem	Perene	PC ¹	PD ²	C.V(%)
Densidade do Solo (g cm ⁻³)						
0-5	1,13 Bb	1,37 Aa	1,27 ABa	1,07 Ba	1,19 Ba	12
5-10	1,22 Bab	1,37 Aa	1,31 ABa	1,13 Ba	1,23 Ba	11
10-20	1,27 Aa	1,37 Aa	1,36 Aa	1,19 Aa	1,26 Aa	11
20-30	1,29 Aa	1,36Aa	1,37 Aa	1,16 Aa	1,27 Aa	12
C.V ³	13	9	9	16	14	

¹PC=Plantio Convencional; ²PD=Plantio Direto. Os dados representam médias dos usos: nativas (32), pastagem (38), perene (8), plantio direto (15) e plantio convencional (3). Medias seguida de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal e as minúsculas na vertical.

²Diferença mínima significativa. ³C.V.= coeficiente de variação.

Segundo Alvarenga et al. (1996); Corsini e Ferraud, (1999) a densidade com valor entre 1,27 e 1,57 g cm⁻³ é restritiva ao crescimento radicular e à infiltração de água no solo, com textura argilosa e arenosa, respectivamente. Os valores de densidade neste trabalho foram menores que o índice critico de desenvolvimento radicular proposto por este autores (1,57g cm⁻³), considerando que no geral os solos apresentaram textura media a arenosa. De maneira geral, o valor de 1,40 g cm⁻³ é aceito como limite crítico, que aumenta com o decréscimo do teor de argila do solo (ARSHAD et al., 1996).

Na camada 5-10 cm o menor valor da densidade do solo foi observado no sistema de plantio convencional (1,13 g cm⁻³) não ocorrendo diferença nas demais camadas, considerando

que esta camada esta sujeitas aos processo de mecanização com maior revolvimento do solo quebrando as estruturas tornando o solo mais poroso nesta profundidade.

A densidade não apresentou diferença significativa entre as camadas do PC e PD, sendo que no PD houve uma tendência do aumento da densidade com a profundidade, podendo estar relacionada ao período de implantação do sistema , vindo a diminuir com o tempo em virtude do incremento de matéria orgânica no sistema de plantio direto (MACHADO e BRUM, 1978; KLUTHCOUSKI, 1998; TORMENA et al., 1998).

Os valores de densidade aparente do solo apresentado anteriormente serão utilizados para o cálculo das profundidades equivalentes de solo, para comparação de mesma massa de solo.

2.3.3 Teor de carbono no solo

Os teores de carbono do solo diminuíram com aumento da camada amostradas para as áreas sob vegetação nativa, pastagem, culturas perenes e PD (Tabela 6); embora apresente a mesma tendência, o PC não apresentou diferença significativa, comportamento semelhante foi verificado por SIQUEIRA NETO (2006) e FRAZÃO (2007). Bernoux et al. (1998), relata ser este um comportamento característico dos latossolos.

Tabela 6 - Teor de carbono do solo (g kg^{-1}) para as diferentes camadas de solo amostradas sob vegetação nativa, pastagem, culturas perenes, agricultura (plantio convencional e plantio direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Camada (cm)	Nativa	Pastagem	Perene	PC ¹	PD ²	C.V.(%)
Teor de Carbono (g kg^{-1})						
0-5	19,69 Aa	18,36 Aa	18,96 Aa	21,17 Aa	19,41 Aa	38
5-10	13,29 Ab	14,53 Ab	14,06 Ab	19,58 Aa	18,02 Aa	38
10-20	11,07 Abc	11,47 Abc	10,46 Ac	16,83 Aa	15,01 Aab	39
20-30	8,79 Ac	9,23 Ac	8,45 Ac	12,94 Aa	11,79 Ab	39
C.V ³	42	42	20	33	39	

¹PC=Plantio Convencional, ²PD=Plantio Direto. Os dados representam médias dos usos: nativas (32), pastagem (38), perene (8), plantio direto (15) e plantio convencional (3). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal e as minúsculas na vertical.

²Diferença mínima significativa. ³C.V.= coeficiente de variação.

Comparando os diferentes tratamentos não houve diferença significativa em todas as camadas amostradas, com tendência ao maior teor nas áreas sob plantio convencional. REICOSKY et al. (1995) salientam que mesmo nos casos em que não há aumento de MO na camada arável do solo em PD, o acúmulo de resíduos culturais sobre o solo e de MO nas camadas superficiais resultam em efeitos importantes em relação à ciclagem de nutrientes, agregação, atividade microbiana, movimento e armazenamento de água, e troca de gases com a atmosfera.

O teor de carbono da pastagem não diferiu da vegetação nativa, embora outros estudos com pastagens recuperadas e bem manejadas mostrem que este sistema tem grande capacidade de manter e até mesmo aumentar os teores de C na camada superficial e sub superficial com o tempo (CERRI, 2003; SILVA et al., 2004; PEREIRA, 2001).

2.3.2.4 Correlação do teor de C e atributos do solo

A correlação entre o teor de C e os atributos do solo está representada na tabela 7.

O pH- H₂O apresentou correlação com o teor de C nas áreas de pastagem e plantio direto, sendo esta positiva e altamente significativa ($p < 0,01$), ou seja, aumentando o pH, o teor de carbono nos solos aumenta. Na pastagem isto possivelmente ocorra devido ao baixo aporte de material vegetal da pastagem no solo, baixa mineralização da MO, sendo estas no geral classificadas como pastagens degradadas (baixo coeficiente de correlação) e no PD pode estar relacionado a aplicação de calcário. O mesmo comportamento foi verificado para pH em solução KCl, exceto para a cultura perene, que não apresentou correlação.

Tabela 7 – Correlação (r) entre os teores de carbono e os atributos do solo (pH – H₂O, pH – KCl, argila + silte e densidade) para as áreas amostradas na região de Rondônia e Mato Grosso

Situações ¹	Nativa	Pastagem	Perene	PC	PD
C x pH H₂O	0,06 ^{ns}	0,15**	0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,17**
C x pH KCl	0,11**	0,27**	0,15 ^{ns}	0,37**	0,33**
C x (Argila+silte)	0,38**	---	---	---	---
C x p	-0,65**	-0,32**	-0,50**	-0,68**	-0,74**

¹Nativa (n=632), pastagem (n=372), cultura perene (n=160), Plantio Convencional (n=60), Plantio direto (n=299). O grau de significância do teste t é representado por **= significativo a nível de 1% de probabilidade (p, 0,01) e ^{ns}= não significativo a nível de 5% de probabilidade ($p \geq 0,05$)

Os teores de carbono correlacionado ao teores de argila + silte no solo foi altamente significativo mesmo apresentando um baixo coeficiente de correlação ($r^2 = 0,38$), sobre o qual pode-se inferir à variabilidade do locais de coleta; solo com maior concentração de argila tende a maior teor de carbono.(proteção física da MO do solo)(FELLER, BEARE; 1997, BAYER et al., 2002).

A densidade apresentou correlação negativa com teor de carbono, quanto maior a entrada de carbono no sistema menor a densidade; o PD foi o uso que apresentou maior correlação ($r^2 = 0,74$), o que pode ser indicativo de maior teor de C acumulado nesse sistema. O menor valor foi observado para a área de pastagem ($r^2 = 0,32$), maior densidade do solo, possivelmente uma área mais compactada (TEXEIRA, 1996)

2.3.3.2 Relação entre os teores de Carbono e os teores de argila e silte do solo

Os teores de carbono do solo relacionados aos teores de argila+silte nas áreas de vegetação nativa (referência) foram altamente significativo ($p < 0,001$); independente da camada amostrada (Figura 6). O baixo coeficiente de correlação ($r^2=0,40$) provavelmente está relacionado à variabilidade espacial dos locais amostrados.

No geral foi observada uma tendência crescente nos teores de carbono com os teores de argila+silte; causado provavelmente pela agregação da matéria orgânica com as partículas de silte e argila formando os micro e macro agregados do solo, os quais conferem barreira física à decomposição do carbono (FELLER; BEARE, 1997, BAYER et al., 2002).

A vegetação nativa apresentou maior concentração de pontos amostrados para textura na faixa de 15 a 30 % para argila + silte, com teor inferior a 1,5 % de C, . Este comportamento pode ser consequência de um baixo aporte de material vegetal no solo caracterizado pela exuberância da vegetação (BATJES, 1999), considerando ser esta uma faixa mais arenosa; assim como pela rápida mineralização da MO (FREIXO et al., 2002)

Figura 6 - Correlação entre teores de C (%) e teores de argila+silte (%) do solo para as camadas 0-5 (A), 5-10 (B); 10-20 (C) e 20-30 (D) cm, para as áreas sob vegetação nativa nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Na figura estão apresentadas a equação da reta e o coeficiente de correlação linear significativo a 0,001% no teste t

A vegetação nativa foi subdividida em floresta e cerrado para analisar a distribuição da cobertura vegetal quanto a textura do solo. Na floresta a correlação foi significativa a 1% nas camadas 0-5 e 5-10 cm e nas demais profundidade para $p < 0,001$ (Figura 7).

A distribuição dos pontos mantiveram a tendência crescente mesmo em profundidade onde o teor de carbono é baixo, inferior a 1,8 % para toda faixa de textura analisada (15 a 80 % de argila+silte). A dispersão dos dados em profundidade apresentou maior correlação que em superfície, observada pela proximidade dos dados a reta de regressão.

Figura 7 - Correlação entre teores de C (%) e teores de argila+silte (%) do solo para as camadas 0-5 (A), 5-10 (B); 10-20 (C) e 20-30 (D) cm, para as áreas sob floresta nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Na figura estão apresentados a equação da reta e o coeficiente de correlação linear significativo a 1% (**) e a 0,001% (***) no teste t

A correlação teor de carbono e argila+silte para o cerrado foi significativo a $p < 0,001$, com coeficiente de correlação superior a floresta o que pode ter ocorrido em função de uma única área (ápice da reta), com teor de carbono superior a 2,5%. A distribuição dos pontos concentrou-se na faixa de textura arenosa (3 a 25% de argila+silte), solos estes que no geral apresentam baixa fertilidade natural apresentando vegetação menos exuberante ($C < 1,5\%$) (Batjes, 1999) (Figura 8).

Figura 8 - Correlação entre teores de C (%) e teores de argila+silte (%) do solo para as camadas 0-5 (A), 5-10 (B); 10-20 (C) e 20-30 (D) cm, para as áreas sob cerrado nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Na figura estão apresentados a equação da reta e o coeficiente de correlação linear significativo a 0,01 % (***) no teste t

Uma vez influenciado pela textura e pela cobertura vegetal nas áreas sob vegetação nativa, os teores de carbono foram analisados para áreas de pastagem e PD com objetivo de observar a dinâmica do carbono quanto a mudança no uso da terra, sendo considerada para análise a textura da vegetação nativa referente a cada uso. Não foram analisadas as áreas de plantio convencional e culturas perenes devido ao reduzido numero de dados disponíveis.

O teor de carbono do solo sob pastagem apresentou o mesmo comportamento que a vegetação nativa mas com elevada dispersão dos dados em torno da reta, embora com mesmo nível de significância a $p < 0,001$ (Figura 9).

Para camada 0-5 cm a pastagem apresentou elevado teor de carbono mesmo quando o teor de argila + silte foi baixo, subentendendo que este comportamento esta relacionado ao tempo de implantação do sistema sistema. Para maiores profundidade a dispersão diminui, na camada 10-20 cm pouco pontos amostrados apresentam teores de carbono superiores a 1,5%, consequência do manejo a que estão submetidas (FEARNSIDE E BARBOSA; 1998), sendo estas em sua maioria caracterizadas como degradadas.

Figura 9 - Correlação entre teores de C (%) e teores de argila+silte (%) do solo para as camadas 0-5 (A), 5-10 (B); 10-20 (C) e 20-30 (D) cm, para as áreas de pastagem nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Na figura estão apresentados a equação da reta e o coeficiente de correlação linear significativo a 0,01 % (***) no teste t

Os valores referentes ao PD distribuíram-se em dois grupos distintos quanto a dispersão dos dados, observados pela concentração de pontos na base e no ápice da reta, ou seja, um grupo com textura média arenosa com menor teor de carbono; e outro com textura média argilosa com maior teor de carbono, respectivamente (Figura 10). Observa-se um vazio de pontos na faixa de 30-50% de argila + silte relativo a prática de manejo sob PD em função da inexistência de amostra de terra. Tal aspecto não foi verificado para pastagem, que apresentou distribuição de dados em todas as texturas.

Figura 10 - Correlação entre teores de C (%) e teores de argila+silte (%) do solo para as camadas 0-5 (A), 5-10 (B); 10-20 (C) e 20-30 (D) cm, para as áreas de plantio direto nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Na figura estão apresentados a equação da reta e o coeficiente de correlação linear significativo a 0,001 % (***) no teste t

O plantio direto foi o uso que apresentou maior coeficiente de correlação, mesmo com poucos pontos amostrais mesmo em profundidade; onde o teor de carbono foi superior a floresta, mostrando o potencial em acumular carbono com o tempo (PEREIRA, 2001)

2.3.4 Estoque de carbono do solo

A correção do estoque de C do solo em relação a vegetação nativa esta representada na Figura 11. A correção não apresentou diferença na área sob cultura perene; sendo a menor diferença para área de plantio convencional 1,23 Mg ha⁻¹ e a maior para PD (4,56 Mg ha⁻¹). Essa diferença é atribuída a variação na densidade do solo quando submetido ao uso agrícola (BERNOUX, et al, 1998), estes valores diferem do comportamento observado por CARVALHO

(2006) em Vilhena (RO) e FRAZÃO (2007) em Comodoro (MT) considerando os mesmos uso e manejo em Latossolo.

Figura 11- Os dados representam as media do estoque de C do solo (Mg/ha) a 0-30 cm para vegetação nativa (NA, n=32), pastagem (PA, n=38), culturas perenes (PE, n=8), agricultura sob plantio convencional (PC; n=3) e agricultura sob plantio direto (PD, n=15) para as regiões amostradas em Rondônia e Mato Grosso. Coluna escura representa dados não corrigidos, coluna clara representa dados corrigidos

O estoque de carbono para os diferentes tratamentos não apresentou diferença significativa para nenhuma das camadas amostradas (Tabela 8). Na camada 0-5 cm o uso com maior média foi a pastagem; e o PC nas camadas 5-10 e 10-20 cm com estoque de 10,69 a 19,24 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Para a camada 0-30 cm a maior media foi para o PC com estoque de 51,46 Mg ha⁻¹ e o menor para vegetação nativa com 42,42 Mg ha⁻¹.

O estoque de carbono quando subdividimos a vegetação nativa em floresta e cerrado apresenta um estoque de carbono de $46,16 \pm 8,68$ e $35,31 \pm 12,79$, respectivamente; sendo que o estoque da floresta superior ao cerrado em 9 MgC. Carvalho (2006) obteve um estoque de 49 Mg ha⁻¹ para cerrado em Rondônia, em Latossolo Vermelho amarelo com textura argilosa., sendo este superior ate mesmo ao estoque da floresta neste trabalho, ficando claro a influencia da textura no estoque de C do solo.

A pastagem apresentou um estoque médio de 46,75 Mg ha⁻¹ superior ao encontrado por Frazão (2007) estudando Neossolo Quartzênico para mesma profundidade em Comodoro (MT).

Cassiolato (2002) obteve valor semelhante de estoque para pastagem com 20 anos ($45,63 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Tabela 8 - Estoque de carbono do solo (Mg há^{-1}) para as diferentes camadas de solo amostradas sob vegetação nativa, pastagem, culturas perenes, agricultura (plantio convencional e plantio direto) nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Camada (cm)	Nativa	Pastagem	Perene	PC ¹	PD ²	C.V. (%)
Estoque de Carbono (Mg ha^{-1})						
0-5	10,55A	12,19 A	11,83 A	10,98 A	10,97 A	33
5-10	7,79 A	9,58 A	8,95 A	10,69 A	10,65 A	32
10-20	13,32 A	15,19 A	14,03 A	19,24 A	17,67 A	30
20-30	10,76 A	9,62 A	11,39 A	14,77 A	14,11 A	39
0-30	42, 42 A	46,75 A	46,27 A	51,46 A	48,76 A	34

¹PC=Plantio Convencional, ²PD=Plantio Direto. Os dados representam médias dos usos: nativas (32), pastagem (38), perene (8), plantio direto (15) e plantio convencional (3). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal. ³Diferença mínima significativa.

Na região do cerrado geralmente não encontra diferenças significativas, entre PD e PC fato atribuído à maior intensidade do processo de decomposição sob altas temperaturas (FREITAS et al., 2000; ROSCOE et al., 2000b; ROSCOE; BUURMAN, 2003). As diferenças nos resultados podem ser atribuídas às condições específicas de cada sistema (tipo de solo e rotação/sucessão de culturas), assim como tempo de implantação do sistema

Considerando que todos os usos apresentam o mesmo comportamento isto pode ser devido a textura do solo, com aumento em função do teor de argila. Esta tendência esta relacionada a com a proteção física e química que a fração argila exerce sobre a MOS (FELLER; BEARE, 1997; CHRISTENSEN, 2000; ROSCOE; MACHADO, 2002).

Vários trabalhos tem reportado o acúmulo de C pela mudança do manejo mas há uma carência de trabalhos na região de cerrado (Anexo 1)

2.3.4.1 Estoque de carbono considerando os diferentes usos nas ecorregiões

No geral, pode-se inferir que o uso com maior estoque médio foi a pastagem a 0-5 cm na ecorregião Rondônia Central (18,1 Mg ha⁻¹) seguida da Chapada do Parecis (17,3 Mg ha⁻¹); e a menor média foi para o Pantanal 6,9 Mg ha⁻¹ (Tabela 9). O mesmo comportamento foi observado para as mesmas ecorregiões a 5-10 cm estoque de 16,8 e 5,8 Mg ha⁻¹, respectivamente. Nas camadas subsuperficiais o maior estoque foi observado para o PD na Bacia Sedimentar do Paraná.

Considerando os pares em Alto Xingu e Bacia Sedimentar do Paraná o PC nas camadas superficial não diferiu do PD, uma vez que o PC foi implantado a dois anos sendo cultivado com arroz e o PD tem em media 10,5 anos, ou seja, na área sob PC há material vegetal remanescente da área de vegetação nativa, além do aporte de material da cultura do arroz.

Tabela 9 - Estoque de carbono para os diferentes usos e profundidade do solo considerando as ecorregiões nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Ecorregião	Estoque de Carbono Mg ha ⁻¹					Continua
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-30 cm	n
Alto Xingu						
Nativa	10,67 ± 3,25	8,98 ± 2,52	15,10 ± 3,72	12,86 ± 3,15	47,58 ± 11,27	15
Pastagem	9,70 ± 3,58	8,68 ± 2,92	15,60 ± 4,74	6,30 ± 1,40	40,28 ± 10,36	20
PC	14,18 ± 1,92	13,74 ± 1,21	21,87 ± 3,48	13,66 ± 3,38	63,44 ± 5,80	5
PD	14,12 ± 1,63	13,26 ± 2,30	22,10 ± 3,08	9,12 ± 2,60	58,61 ± 5,66	20
Bacia Sed. Paraná						
Nativa	11,06 ± 5,20	7,50 ± 3,89	15,72 ± 13,70	13,22 ± 6,70	47,50 ± 21,38	15
Pastagem	9,17 ± 5,52	8,58 ± 5,11	14,16 ± 8,21	9,78 ± 7,12	41,71 ± 25,35	15
PC	9,23 ± 0,71	8,91 ± 0,80	17,15 ± 0,30	10,19 ± 1,45	45,47 ± 1,73	5
PD	10,99 ± 3,71	11,89 ± 2,15	22,31 ± 4,38	16,32 ± 7,18	61,52 ± 13,82	15
Chapada Parecis						
Nativa	10,59 ± 4,61	7,36 ± 2,99	12,55 ± 5,60	10,21 ± 4,02	40,70 ± 15,76	25
Pastagem	17,25 ± 4,33	11,76 ± 3,07	15,48 ± 5,17	5,98 ± 1,97	53,78 ± 10,47	15
PD	9,23 ± 3,17	9,67 ± 2,51	13,17 ± 5,40	9,29 ± 2,57	38,05 ± 11,66	15
Depres. Araguaia						
Nativa	7,86 ± 0,69	6,25 ± 0,79	12,35 ± 3,18	9,65 ± 1,98	36,11 ± 5,01	10
Pastagem	8,11 ± 1,68	6,81 ± 0,98	11,19 ± 1,84	6,58 ± 2,48	32,68 ± 3,86	15
PD	7,36 ± 0,86	6,66 ± 0,99	12,27 ± 2,80	8,94 ± 3,28	35,24 ± 6,66	10
Depressão Cuiabá						
Nativa	11,98 ± 3,12	8,10 ± 2,16	11,58 ± 3,60	9,48 ± 2,59	41,07 ± 9,56	13
Pastagem	14,66 ± 4,11	12,68 ± 3,89	19,45 ± 5,96	11,15 ± 3,79	57,94 ± 16,77	18

Tabela 9 - Estoque de carbono para os diferentes usos e profundidade do solo considerando as ecorregiões nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Ecorregião	Estoque de Carbono Mg ha ⁻¹				Conclusão	
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-30 cm	n
Depres. Guaporé						
Nativa	12,03 ± 3,90	7,77 ± 3,34	13,13 ± 3,49	9,39 ± 2,18	42,32 ± 10,16	15
Pastagem	15,64 ± 6,12	10,46 ± 5,79	18,28 ± 7,47	12,06 ± 8,79	56,55 ± 24,55	20
PD	10,39 ± 2,50	9,25 ± 1,77	16,00 ± 3,22	7,80 ± 1,61	45,47 ± 6,75	10
PC	9,55 ± 0,94	9,42 ± 0,83	18,71 ± 5,51	6,61 ± 1,25	42,26 ± 6,66	5
Nordeste MT						
Nativa	10,93 ± 2,13	9,08 ± 1,74	14,74 ± 2,30	11,00 ± 2,75	45,75 ± 7,00	5
Pastagem	7,31 ± 1,12	5,82 ± 1,23	9,64 ± 2,90	7,39 ± 3,86	30,15 ± 7,01	10
Norte Rondônia						
Nativa	10,12 ± 1,64	9,22 ± 2,44	13,85 ± 1,76	10,99 ± 1,27	42,86 ± 4,82	10
Pastagem	13,02 ± 4,92	9,31 ± 1,87	16,66 ± 2,90	12,85 ± 2,70	51,85 ± 7,14	25
Perene	9,67 ± 1,61	8,65 ± 0,94	15,30 ± 1,95	14,12 ± 4,76	47,47 ± 7,30	10
Norte MT						
Nativa	9,58 ± 2,56	7,97 ± 1,61	14,54 ± 3,12	12,36 ± 2,13	43,83 ± 8,62	20
Pastagem	10,66 ± 10,15	8,75 ± 3,70	15,49 ± 5,49	9,32 ± 3,62	44,57 ± 11,09	20
PD	11,90 ± 3,03	10,17 ± 2,49	13,69 ± 8,21	7,48 ± 1,96	43,24 ± 5,12	5
Pantanal						
Nativa	6,88 ± 1,02	5,47 ± 1,39	8,33 ± 1,42	7,76 ± 1,77	28,44 ± 3,10	15
Pastagem	12,34 ± 4,64	9,47 ± 2,95	13,63 ± 4,70	9,21 ± 5,29	44,65 ± 15,94	25
Rondônia Central						
Nativa	14,35 ± 3,92	10,09 ± 2,23	15,30 ± 2,31	11,76 ± 1,71	51,51 ± 6,75	15
Pastagem	18,09 ± 2,94	16,75 ± 5,24	19,65 ± 3,04	16,21 ± 8,23	56,36 ± 20,46	3
PE	12,55 ± 3,20	9,04 ± 2,67	13,61 ± 2,34	10,57 ± 4,14	45,78 ± 4,89	30

Os dados representam media ± desvio.

O PC foi a pratica de manejo com maior media na profundidade de 0-30 cm 63,4 Mg ha⁻¹, superior a vegetação correspondente com estoque de 47,6 Mg ha⁻¹ em Alto Xingu. Das 12 ecorregiões amostradas, 7 delas apresentaram maior estoque de C para a pastagem quando tomado como base a vegetação nativa para camada 0-30 cm .

Embora tenha sido as ecorregiões o parâmetro utilizado para coleta das amostras, não se pode compará-las quanto ao uso da terra, uma vez que cada ecorregião apresenta características que lhes são peculiares quanto a tipo de solo, vegetação, precipitação, regime pluviométrico e relevo. E mesmo considerando uma única ecorregião não podemos inferir um padrão quanto ao uso, uma vez que dentro destas temos uma mistura de vegetação nativa, sistemas agrícolas com

diferentes manejos além da variação na textura destes solos, não sendo representativo apenas por duas cidades.

Como exemplo, pode-se citar a ecorregião Pantanal que apresentou um estoque de carbono para pastagem superior 1,5 vezes a sua vegetação nativa na camada 0-30 cm. Isso pode ter ocorrido devido a característica desta ecorregião que apresenta em sua maioria solos orgânicos, sujeitos a longo período de inundação com maior acúmulo de carbono. Outro exemplo seria a Depressão Araguaia a qual apresenta relevo suavemente ondulado com áreas de planícies fluviais, solos concessionários, com baixo teor de argila

2.3.4.1.2 Estudo de caso: Alto Xingu

Afim de exemplificar a variabilidade nos atributos do solo foi escolhida Alto Xingu por ser uma ecorregião representativa quanto a uso da terra nas áreas analisadas, caracterizada pela presença de agricultura no município de Sorriso e pecuária em São José do Xingu. O solo de ambas os municípios foi classificado como Latossolo com diferença textural, sendo em média 55% argila + silte em Sorriso e 12% em São José do Xingu. A vegetação nativa em São José do Xingu foi classificada como uma Floresta Estacional Semidecidual e em Sorriso Contato Savana Floresta/Floresta Estacional Semidecidual (floresta).

Para São Jose do Xingu a menor densidade do solo foi observada para a área de vegetação nativa em relação a pastagem em todas as camadas amostradas (Tabela 10). Para as áreas de pastagem a densidade na camada 0 - 5 cm foi de $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ independente do manejo adotado, com redução na camada 5 - 10 cm, sendo menor para pastagem nominal, comparada a pastagem degradada e melhorada, possivelmente devido a pressão de pastejo e a aplicação de calcário, uma vez que o Ca pode ser considerado como um agente agregante do solo (BORGES, 1997).

O teor de carbono do solo diminuiu com aumento da camada amostrada em todos os usos. A pastagem melhorada foi o uso que apresentou maior teor de carbono quando considerando a profundidade de 0 - 20 cm, com valor mínimo e máximo de 0,81 e $1,22 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Para camada 20-30 cm o maior teor de C foi encontrado na vegetação nativa (1 g kg^{-1}). O aumento do teor de carbono no solo nas camadas superficiais da pastagem foi consequência do maior aporte de material vegetal pela parte aérea e pela renovação do sistema radicular. Consequentemente, o maior estoque foi para pastagem melhorada. O maior estoque nas camadas superficiais foi da vegetação nativa seguida.

Tabela 10 – Densidade, teor e estoque de carbono do solo nas diferentes camadas amostradas sob vegetação nativa e pastagem em de São José do Xingu (Alto Xingu –MT)

São José do Xingu				
Camada cm	Densidade g cm ⁻³	Teor de C g kg ⁻¹	Estoque de C Mg ha ⁻¹	n
Nativa				
0-5	1,10 ± 0,11	1,29 ± 0,16	7,01 ± 1,64	5
5-10	1,31 ± 0,04	1,06 ± 0,19	6,97 ± 1,26	5
10-20	1,14 ± 0,16	1,00 ± 0,14	11,43 ± 2,09	5
20-30	1,07 ± 0,25	1,00 ± 0,26	10,66 ± 3,29	5
PA (14)-altamente degradada				
0-5	1,32 ± 0,27	1,06 ± 0,19	7,08 ± 2,29	5
5-10	1,30 ± 0,07	0,69 ± 0,10	6,22 ± 0,89	5
10-20	1,41 ± 0,06	0,86 ± 0,08	12,22 ± 1,42	5
20-30	1,15 ± 0,13	0,81 ± 0,08	5,99 ± 1,64	5
PA (14)-nominal				
0-5	1,32 ± 0,14	1,22 ± 0,20	8,02 ± 1,26	5
5-10	1,24 ± 0,21	1,18 ± 0,14	7,32 ± 1,53	5
10-20	1,26 ± 0,15	1,06 ± 0,23	13,41 ± 3,60	5
20-30	1,18 ± 0,02	0,81 ± 0,15	7,11 ± 1,63	5
PA (14)-melhorada				
0-5	1,32 ± 0,09	1,30 ± 0,09	8,58 ± 1,08	5
5-10	1,26 ± 0,13	1,30 ± 0,05	8,20 ± 0,91	5
10-20	1,39 ± 0,16	1,11 ± 0,18	15,55 ± 3,20	5
20-30	1,37 ± 0,13	0,87 ± 0,22	6,19 ± 2,51	5
Pastagem média				
0-5	1,32 ± 0,17	1,19 ± 0,19	7,89 ± 1,64	15
5-10	1,26 ± 0,14	1,15 ± 0,18	7,25 ± 1,35	15
10-20	1,36 ± 0,14	1,01 ± 0,19	13,71 ± 3,03	15
20-30	1,23 ± 0,14	0,83 ± 0,15	6,43 ± 1,89	15

Os dados representam médias ± desvio.

A vegetação nativa a 0-30 cm apresentou um estoque de 37,01 Mg ha⁻¹, sendo este superior a pastagem degradada e nominal e inferior a pastagem melhorada, na qual o estoque foi de 38,49 Mg ha⁻¹ (Figura 12). Estes dados mostram a capacidade da pastagem em estocar carbono quando bem manejada.

Figura 12 – Estoque de carbono do solo para área de vegetação nativa e pastagem a 0-30 cm em São José do Xingu (MT)

Para as áreas de Sorriso a densidade do solo foi menor para a área de vegetação nativa seguida do plantio convencional cultivado com arroz há 2 anos, ocorrendo um pequeno acréscimo na densidade devido a mudança do sistema de uso, agora com revolvimento do solo modificando a estrutura e alterando a dinâmica da matéria orgânica (Tabela 11)

O plantio direto apresentou menor densidade que a pastagem em todas as camadas amostradas, mas quando comparado entre si houve um adensamento das camadas mais profundas, consequência da mecanização agrícola.

O teor de carbono do solo diminuiu com a profundidade para as áreas sob vegetação nativa, o contrario foi observado para os demais uso. No plantio convencional o aumento do teor na camada superficial é devido a presença de resíduos da vegetação nativa juntamente ao da nova cultura, considerando que a conversão ocorreu apenas há 2 anos. A pastagem, melhorada com 5 anos, estimulou o crescimento e consequentemente a deposição de material vegetal com maior renovação de raiz com capacidade de manter e até mesmo aumentar os teores de C na camada superficial e subsuperficial com o tempo (CERRI, 2003; SILVA et al., 2004).

No PD ocorre deposição de palhada na superfície do solo, sem revolvimento do mesmo, a distribuição do C no perfil do solo tende a voltar às características originais semelhantes à vegetação nativa.

O maior estoque na superfície foi para vegetação nativa (16,94 Mg ha⁻¹) seguida da pastagem melhorada (15,11 Mg ha⁻¹); nas camadas subsuperficiais este foi maior para as áreas sob PD.

Tabela 11 – Densidade, teor e estoque de carbono do solo nas diferentes camadas amostradas sob vegetação nativa e pastagem e plantio direto (PD) em Sorriso (Sorriso –MT)

Camada cm	Densidade g cm ⁻³	Sorriso		
		Teor de C g kg ⁻¹	Estoque de C Mg ha ⁻¹	n
Nativa				
0-5	0,96 ± 0,08	1,77 ± 0,35	16,94± 2,88	10
5-10	0,97 ± 0,10	1,43 ± 0,23	13,96 ± 2,56	10
10-20	0,90 ± 0,08	2,22 ± 0,64	9,93 ± 2,43	10
20-30	0,84 ± 0,05	3,01 ± 0,60	12,50 ± 2,01	10
PA (5) melhorada				
0-5	1,22 ± 0,04	2,49 ± 0,30	15,11 ± 1,69	5
5-10	1,23 ± 0,07	2,10 ± 0,23	13,00 ± 1,73	5
10-20	1,18 ± 0,04	1,79 ± 0,34	21,27 ± 4,59	5
20-30	1,19 ± 0,05	1,37 ± 0,05	5,45 ± 2,81	5
PC (2)				
0-5	0,99 ± 0,07	2,88 ± 0,34	14,18 ± 1,92	5
5-10	1,04 ± 0,18	2,66 ± 0,30	13,74 ± 1,21	5
10-20	1,03 ± 0,05	1,63 ± 0,14	13,40 ± 6,32	5
20-30	0,99 ± 0,10	2,22 ± 0,55	21,87 ± 3,48	5
PD(6)				
0-5	1,11 ± 0,08	2,64 ± 0,36	14,60 ± 1,57	10
5-10	1,09 ± 0,04	2,49 ± 0,51	13,57 ± 2,58	10
10-20	1,08 ± 0,05	1,98 ± 0,25	21,41 ± 2,34	10
20-30	1,09 ± 0,07	1,42 ± 0,28	25,52 ± 6,83	10
PD(15)				
0-5	1,04 ± 0,10	2,63 ± 0,31	13,64 ± 1,62	10
5-10	1,11± 0,07	2,33 ± 0,29	12,95 ± 2,06	10
10-20	1,11± 0,07	2,07 ± 0,39	22,79± 3,66	10
20-30	1,12 ± 0,05	1,57± 0,16	29,17 ± 6,12	10

Os dados representam médias ± desvio

O estoque de carbono para vegetação nativa foi de 53,30 Mg ha⁻¹ na camada 0-30 cm (Figura 13), sendo inferior a pastagem em 1,57 Mg ha⁻¹. A agricultura apresentou o maior estoque para o plantio direto 15 anos (78,55 Mg ha⁻¹).

Assim, verificar o tempo de implantação do plantio direto como também a eficiência do sistema, pode aumentar a distribuição de C no solo também em profundidade (SIQUEIRA NETO, 2003; SÁ et al., 2001; LOVATO et al., 2004).

Figura 13 – Estoque de carbono do solo para área de vegetação nativa, pastagem, plantio convencional e plantio direto a 0-30 cm em Sorriso (MT)

A partir do estoque obtido pela vegetação nativa e o estoque da pastagem e plantio direto, foi calculada a taxa de acúmulo e perda de carbono devido a mudança do uso da terra considerando o tempo de implantação do sistema.

A pastagem melhorada localizada em São José do Xingu teve um acúmulo de $0,17 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, contudo para o município de Sorriso, a pastagem também melhorada apresentou uma perda média de $-0,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esta diferença pode estar relacionada com a textura do solo e o estoque de C na vegetação nativa encontrada em cada município. No município de São José do Xingu a pastagem nominal apresentou um decréscimo no estoque de C em função do tempo praticamente insignificante ($-0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) contudo para a pastagem degradada foi observado uma taxa de perdas elevada ($-0,33 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), isto ocorreu devido a baixo aporte de material vegetal desta condição e maior mineralização da MOS em solos arenosos (FREIXO et al., 2002).

Em Sorriso, o maior estoque de C na área sob vegetação nativa em relação a São José do Xingu, isto provavelmente devido a textura mais argilosa, necessita de um aporte maior de material vegetal proveniente da pastagem para que ocorra um incremento significativo no estoque de C do solo.

Para as áreas de plantio direto o maior acúmulo foi encontrado na área de 6 anos ($3,63 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em relação a área com 15 anos ($1,16 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Isto ocorreu uma vez

que as áreas com maior tempo de implantação tendem a acumular menos C que áreas com menor tempo de manejo, até o ponto que as entradas serão compensadas pelas saídas (equilíbrio dinâmico).

2.3.5 Composição isotópica do solo

O $\delta^{13}\text{C}$ foi determinado somente para as áreas de pastagem e vegetação nativa, uma vez que em áreas agrícolas havia rotação de culturas, com diferentes ciclo fotossintético; sobre uma mesma área não sendo possível identificar a origem do isótopo $\delta^{13}\text{C}$.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ diminuíram com a profundidade para a área de floresta com variação de -28 a -26‰, na pastagem houve um acréscimo de C3 com aumento a profundidade -22 a -24 ‰ (Figura 14). Para camada 0-5 cm ocorreu um aporte de material vegetal desta (C4) uma vez que o valor $\delta^{13}\text{C}$ diminuiu.

Figura 14 - Composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no solo para as diferentes camadas amostradas sob vegetação nativa (▪) e pastagem (•) nos estados de Rondônia e Mato Grosso. Os valores representam as médias de cada uso. Nativas (n=25), Pastagem (n=37)

Composição semelhante foi observada por Moraes et al.(2002) em Rondônia considerando duas pastagem de 20 anos, com variação de $\delta^{13}\text{C}$ de -20 a -23 ‰ para a camada 0-30 cm.

Este decréscimo no ^{13}C da pastagem na camada 5-10 cm é devido a presença de material remanescente da vegetação primaria, ou mesmo pela entrada de resíduos de plantas daninhas que apresentam ciclo fotossintético de plantas C4, já que grande parte desta eram consideradas

pastagens degradadas, com baixo aporte de material C3. Cerri et al. (1985) infere o aumento no valor de $\delta^{13}\text{C}$ no solo como consequência da mineralização da matéria orgânica, sendo a humificação preferencialmente realizada por composto pobre em C13 (BALESDENT et al.1993).

Moraes et al.(2002) relata a grande quantidade de carbono remanescente da vegetação nativa presente em áreas de pastagem com idade elevada como sendo devido a agregação a partículas de argila, sendo mineralizados lentamente (MARTIN et al ,1990)

A contribuição da pastagem no estoque de C do solo para as diferentes camadas amostradas não apresentou um padrão quanto a idade (Tabela 12), com estoque aumentando até a idade de 18 anos, decrescendo em pastagem mais velha.

Tabela 12 - Estimativa da contribuição da vegetação C3 e C4 (Mg ha^{-1} e %) no estoque de C no solo corrigido sob pastagem (PA) com diferentes tempos de implantação em todas as camadas amostradas nos estados de Rondônia e mato Grosso

Uso	Estoque PA Mg ha^{-1}	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Estoque NA Mg ha^{-1}	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Nativa Mg ha^{-1}	Pastagem Mg ha^{-1}	Continua	
							Nativa %	Pastagem %
PA(3)								
0 - 5	7,81	-26,5	6,51	-27,6	7,04	0,77	90	10
5 - 10	8,04	-27,4	4,51	-27,5	7,74	0,30	96	4
10 - 20	9,25	-27,0	7,68	-26,1	8,61	0,65	93	7
PA(5)								
0 - 5	9,07	-23,5	7,17	-27,8	6,36	2,71	70	30
5 - 10	7,08	-25,0	5,20	-25,6	5,68	1,39	80	20
10 - 20	10,27	-25,0	10,46	-27,4	8,19	2,08	80	20
PA(10)								
0 - 5	11,37	-22,6	10,14	-27,1	7,26	4,11	64	36
5 - 10	8,36	-23,9	7,28	-25,5	6,08	2,28	73	27
10 - 20	15,58	-24,8	12,89	-26,8	12,25	3,33	79	21
PA(12)								
0 - 5	15,84	-22,5	13,62	-27,1	10,08	5,77	64	36
5 - 10	12,40	-23,2	9,87	-25,1	8,45	3,95	68	32
10 - 20	19,92	-24,6	16,48	-27,7	15,39	4,53	77	23
PA(13)								
0 - 5	12,61	-21,7	8,66	-26,1	7,30	5,31	58	42
5 - 10	9,67	-23,5	7,27	-27,1	6,75	2,91	70	30
10 - 20	14,98	-24,8	12,22	-27,0	11,76	3,22	78	22
PA(14)								
0 - 5	9,72	-24,3	8,53	-27,2	7,29	2,43	75	25
5 - 10	7,88	-24,7	7,04	-27,6	6,13	1,76	78	22
10 - 20	13,07	-25,7	11,06	-27,7	11,09	1,97	85	15

Tabela 12 - Estimativa da contribuição da vegetação C3 e C4 (Mg ha⁻¹ e %) no estoque de C no solo corrigido sob pastagem (PA) com diferentes tempos de implantação em todas as camadas amostradas nos estados de Rondônia e mato Grosso

Uso							Conclusão	
	Estoque PA Mg ha ⁻¹	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Estoque NA Mg ha ⁻¹	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Nativa Mg ha ⁻¹	Pastagem Mg ha ⁻¹	Nativa %	Pastagem %
PA(15)								
0 - 5	11,10	-21,7	11,43	-27,6	6,44	4,66	58	42
5 - 10	9,02	-22,9	7,75	-27,4	5,97	3,06	66	34
10 - 20	14,11	-23,1	13,72	-27,2	9,49	4,62	67	33
PA(16)								
0 - 5	21,13	-22,9	15,73	-26,8	13,88	7,25	66	34
5 - 10	17,49	-23,9	8,83	-28,3	12,77	4,73	73	27
10 - 20	25,44	-25,1	13,58	-27,2	20,59	4,86	81	19
PA(17)								
0 - 5	16,48	-18,0	13,41	-23,8	5,53	10,96	34	66
5 - 10	15,35	-18,9	11,81	-22,6	6,00	9,36	39	61
10 - 20	25,07	-19,4	18,25	-21,1	10,72	14,35	43	57
PA(18)								
0 - 5	19,12	-19,7	13,10	-27,2	8,48	10,63	44	56
5 - 10	13,40	-18,5	7,28	-27,4	4,95	8,45	37	63
10 - 20	17,76	-20,2	9,97	-28,2	8,53	9,23	48	52
PA(20)								
0 - 5	13,18	-20,3	9,03	-27,1	6,44	6,74	49	51
5 - 10	9,37	-21,5	7,45	-27,5	5,31	4,07	57	43
10 - 20	15,42	-21,8	11,16	-27,6	9,07	6,35	59	41
PA(21)								
0 - 5	11,38	-22,7	13,19	-27,3	7,38	4,00	65	35
5 - 10	8,64	-23,9	9,44	-23,3	6,27	2,37	73	27
10 - 20	13,66	-24,6	14,62	-27,4	10,53	3,13	77	23
PA(22)								
0 - 5	13,17	-21,7	12,43	-25,9	7,67	5,50	58	42
5 - 10	13,67	-22,5	8,78	-26,4	8,63	5,04	63	37
10 - 20	23,55	-22,2	18,21	-26,1	14,49	9,07	62	38
PA(25)								
0 - 5	8,44	-22,9	7,55	-27,7	5,57	2,87	66	34
5 - 10	6,51	-21,6	6,36	-28,7	3,72	2,78	57	43
10 - 20	10,36	-23,3	11,71	-27,9	7,09	3,26	68	32

PA= pastagem, NA= nativa

Os estoques obtidos para as pastagem com 17 e 18 anos indica que a pastagem pode ser drenado de C no solo quando bem manejadas, valores semelhantes a estes foram obtidos por Neill et al. (1996) somente em pastagem de 81 anos em Nova Vida (RO).

2.3.6 Taxa de acúmulo ou perda de carbono em relação à vegetação nativa

A taxa de acúmulo representa a quantidade de carbono que foi acumulado ou perdido por um determinado sistema em cada ano de cultivo em relação à vegetação nativa na camada 0-30 cm, o cálculo foi realizado somente para áreas com mais de cinco anos de estabelecimento do último uso ou manejo considerando que este período foi suficiente para a adaptação do sistema.

Quando calculado as taxas para as áreas de pastagem estas não apresentaram padrão quanto a idade individual com variação média de $-0,41 \pm 1,42 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para pastagem de cinco anos, com maior perda; e de $-0,12 \pm 0,14 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para pastagem com 25 anos. O maior acúmulo foi para pastagem de 13 anos ($2,60 \pm 1,84 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), sendo nesta a variação no acúmulo de 0,47 a $3,74 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Se considerarmos uma faixa de implantação de cinco anos, estas apresentaram acúmulo médio de $1,15 \pm 1,69 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ até 10 anos, com variação de 0,36 a $0,72 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para pastagens entre 10-15 e 15-20 anos, respectivamente; com perda de C para pastagem com mais de 20 anos ($-0,12 \pm 0,68 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$).

Quando analisado a pastagem em função do manejo observamos que este parâmetro também não teve um padrão com variação de perda ($-2,18 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) e ganho ($3,77 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) dentro de um mesmo manejo (pastagem altamente degradada). Sendo acúmulo médio deste manejo $0,67 \pm 1,46 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ superior ao da pastagem melhorada, na qual houve perda de C ($-0,04 \pm 0,95 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), com variação de perda de e acúmulo de $-2,98 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e $0,86 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, respectivamente. Com isso, pode-se inferir que a perda e o acúmulo de carbono na pastagem está relacionada a um conjunto de fatores e não somente a idade, manejo, textura do solo como o observado na correlação com C (Figura 9, com tendência mas não observando um padrão no acúmulo), isso corrobora com dados da literatura onde o comportamento do carbono no solo após a mudança do uso da terra tem influencia da propriedade química da liteira (FEIGL et al., 1995; ELLERT; GREGORICH, 1996; SCHOLLES et al., 1997), clima (LUGO et al., 1986; BROWN; LUGO, 1990; MORAES et al., 1996), tipo de solo (FELLER; BEARE, 1997; SCHOLLES et al., 1997; GARCIA-OLIVA et al., 1999), mudança na comunidade microbiana (PRASAD et al., 1994), mudança no ciclo do nitrogênio (BROWN; LUGO, 1990; CHONÉ et al., 1991; DESJARDINS et al., 1994) e praticas de manejo (FELLER; BEARE, 1997; FEARNSIDE; BARBOSA, 1998; SCHOLLES et al., 1997; BRUCE et al., 1999).

Para plantio direto a taxa de acúmulo foi calculada considerando a textura do solo, uma vez observado ser este atributo foi determinante no teor de C no solo (Figura 7). A taxa média do acúmulo de carbono foi de $1,76 \pm 1,54 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ comparado a vegetação nativa referente, quando este uso foi analisado na faixa de 0-30 e 30-60 % de argila + silte, o acúmulo de C foi de $1,27 \pm 1,25$ e $2,14 \pm 1,66 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, ou seja, para um teor de argila + silte > 30% no solo houve maior no estoque de carbono. Estes resultados mostraram que o PD favoreceu a proteção física da MOS nos complexos organo-mineral e promoveu o aumento de C no solo (FELLER; BEARE, 1997; ZINN et al., 2005).

2.3.7 Comparação entre os estoques de C do solo estimados e verificados para as áreas de vegetação nativa nos estados de Rondônia e Mato Grosso

Os estoques de carbono referentes a vegetação nativa determinados neste trabalho foram comparados aos estimados por Mello(2007) a partir de uma base de dados; sendo estes comparados em função do tipo de solo em escala geral e para cada ecorregião amostrada.

O estoque médio de carbono estimado para todos os tipos de solo encontrados neste trabalho foi de $4,82 \text{ kg m}^{-2}$ e o calculado de $4,29 \text{ kg m}^{-2}$ (Tabela 13), com o maior estoque para os Argissolos, seguido dos Latossolos quando estimado e Plintossolos para o calculado. Estes valores foram contrario ao estimado por Batjes e Dijkshoorn (1999) onde o maior estoque foi para o Latossolo com $50,50 \text{ t ha}^{-1}$ seguido pelo Argissolos com estoque de $44,00 \text{ t ha}^{-1}$ os quais representam 24,8 e 24,6%, respectivamente. Para a mesma região, sudoeste da Bacia Amazônica, Moraes et al. (1996), estudando atributos de solo, observaram que, apesar das variações nos teores de argila, o estoque de carbono do solo sob vegetação de floresta é de $37,00 \text{ t.ha}^{-1}$, considerando a mesma profundidade. Variações semelhantes foram verificadas por Neill et al. (1997) em alguns municípios de Rondônia, onde o estoque de carbono do solo variou de $32,30 \pm 3,20 \text{ t.ha}^{-1}$ (Nova Vida) a $62,00 \pm 2,30 \text{ t.ha}^{-1}$ (Porto Velho).

No geral o estoque estimado foi maior que o determinado na amostragem com incremento apenas para o Plintossolo, sendo este quase insignificante $0,04 \text{ kg m}^{-2}$ com maior perda no Neossolo ($-1,32 \text{ kg m}^{-2}$).

Tabela 13 – Comparação entre os estoques estimado e determinado na camada 0-30 cm para os diferentes tipo de solo no estado de Rondônia e Mato Grosso

Solo	Estoque de Carbono						
	Estoque Estimado	C.V.	n	Estoque Verificado	C.V.	n	EE-EV
	kg m ⁻²	%		kg m ⁻²	%		kg m ⁻²
Latossolo	4,82 ± 0,09	2	1630	4,24 ± 1,24	29	18	-0,56 ± 1,26
Argissolo	4,94 ± 0,09	2	748	4,73 ± 1,05	22	8	-0,21 ± 1,08
Neossolo	4,88 ± 0,10	2	304	3,46 ± 1,09	31	3	-1,32 ± 1,01
Plintossolo	4,64 ± 1,24	27	254	4,68 ± 0,89	19	2	0,04 ± 2,13
Cambissolo	4,01	---	350	3,05	---	1	-0,96
Média	4,82 ± 0,29	6	1630	4,29 ± 1,17	27	32	-0,53 ± 1,21

O resultado do estoque de carbono considerando as ecorregiões está apresentado na Tabela 14, sendo a comparação por classes de solos impossibilitada devido ao numero de repetições. O estoque médio estimado foi de 4,97 kg m⁻², sendo o estoque mínimo de 3,95 para a Depressão Cuiabá e o máximo para Nordeste de Mato Grosso (5,95 kg m⁻²).

Tabela 14- Comparação entre os estoques estimado e determinado na camada 0-30 cm para as diferentes ecorregiões no estado de Rondônia e Mato Grosso

Ecorregião	Estoque de Carbono				
	Estoque Estimado	n	Estoque Verificado	N	EE-EV
	kg m ⁻²		kg m ⁻²		kg m ⁻²
Alto Xingu	5,17	105	4,76	3	-0,41
Bacia Sedimentar Paraná	4,35	93	4,75	3	0,40
Chapada do Parecis	5,46	437	4,08	5	-1,38
Depressão Araguaia	4,23	36	3,61	2	-0,62
Depressão Cuiabá	3,95	153	3,70	3	-0,25
Depressão Guaporé	5,93	757	4,23	3	-1,70
Nordeste de Mato Grosso	5,95	34	4,58	1	-1,38
Norte de Mato Grosso	5,64	140	4,38	2	-1,26
Norte de Rondônia	4,62	633	4,29	4	-0,33
Pantanal	4,70	70	2,84	3	-1,86
Rondônia Central	4,63	967	5,15	3	0,52
Média	4,97	311	4,22	3	-0,75

O estoque calculado apresentou uma média de $4,22 \text{ kg m}^{-2}$, inferior a estimada por Mello (2007) em $0,75 \text{ kg m}^{-2}$. O maior estoque foi de Rondônia Central ($5,15 \text{ kg m}^{-2}$) e o menor para o Pantanal, o mesmo foi estimado por Mello (0 - 100 cm).

A diferença entre o carbono estimado e o calculado foi superior aos observados em cada classe específica de solo, com variação de $-1,86$ a $0,52 \text{ kg m}^{-2}$, sendo a dinâmica do carbono influenciada pelo tipo de solo, mineralogia, teor de argila, além de fatores edafoclimáticos

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a extensão total dos estados de Rondônia e Mato Grosso, não houve diferença significativa nos estoques de carbono do solo sob vegetação nativa e nas mudanças de uso para pastagens e agricultura. Esse comportamento pode ser justificado pela grande extensão da área avaliada e dos diferentes tipos de manejo do solo

No entanto, quando os estoques de carbono do solo são agrupados por ecorregião, verifica-se uma estruturação dos dados em função do tipo de uso da terra. Contudo, não é prudente enumerar as causas e fatores que contribuem para esta estruturação.

Quando, analisando uma única ecorregião, como por exemplo o Alto Xingu, a qual representa os usos da terra predominantes nos dois estados estudados, caracterizados por pastagem e agricultura, as diferenças nos estoques de carbono tornam-se mais significativas. Essas diferenças nos estoques de carbono poderiam-se atribuir à variação dos manejos empregados e ao tempo da mudança do uso da terra.

As ecorregiões não foram utilizadas como parâmetro de comparação nos estoques de carbono, uma vez observada que apenas dois municípios são pouco representativos para afirmar, e até mesmo extrapolar informações referentes à dinâmica do carbono no solo. Contudo, as ecorregiões foram essenciais para a distribuição aleatória das cidades a serem amostradas.

O estoque de carbono apresentou correlação positiva e crescente com os teores de argila e silte do solo, sendo que o estoque foi influenciado pela mudança no uso da terra, manejo e tempo de implantação.

Práticas conservacionistas de manejo do solo como o plantio direto podem reduzir as emissões de CO₂ pelo maior acúmulo de material vegetal, considerando que não sofrem influência de práticas agrícolas que favorece a mineralização da MOS.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.C.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D.C.V.; SOARES-FILHO, B. **Desmatamento na Amazônia**: indo além da emergência crônica. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004. 89 p.
- ALLISON, F.E. Soil aggregation—some facts and fallacies as seen by a microbiologist. **Soil Science**, Philadelphia, v. 106, p. 136–143, 1968.
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.319-326, 1996.
- ALVAREZ, R.; LAVADO, R.S. Climatic, organic matter and clay content relationship in the Pampa and Chaco soils, Argentina. **Geoderma**, Amsterdam, v. 83, p.127-141,1998.
- AMADO, J.C.A. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. 1997. 201p. (Doutorado- Solos)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 25, p. 189-197, 2001.
- AMUNDSON, R.G.; DAVIDSON, E.A.. Carbon dioxide and nitrogenous gases in the soil atmosphere. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam, v. 38, p.13-41, 1990.
- ANDREUX, F.; CERRI, C.C. ; EDUARDO, B.P. ; CHONE, T. Humus contents and transformations in native and cultivated soils. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 90, p. 249-265, 1990.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.49, p.123-141, 1996.
- BATJES, N H.; **Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil**. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre,1999. p.230-235
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 47, n. 2, p.151-163, 1996.
- BATJES, N.H.; DIJKSHOORN, J.A. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon region. **Geoderma**, Amsterdam, v. 89, n.3/4, p. 273-286, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.105-112, 1997

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; SAAB, S.C; MILORI, D. M.B.P.; BAGNATO, V. S. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. **Geoderma**, Amsterdam, v. 105, p. 81-92, 2002.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 2 p. 9-26.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-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 Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; NEILL, C.; MORAES, J. L. The use of stable carbon isotopes for estimating soil organic matter turnover rates. **Geoderma**, Amsterdam, v. 82, n. 1/3, p. 43-58, 1998a.

BERNOUX M.; ARROUAYS D.; CERRI C.; BOURENNANE H. Modeling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, New Brunswick, v.163, n.12, p. 941-951. 1998b .

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.D.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n.3, p. 888-896, 2002.

BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; NEILL, C.; de MORAES, J.F.L. The use of stable carbon isotopes for estimating soil organic matter turnover rates. **Geoderma**, Amsterdam, v.82, n.1/3, p.43-58, Feb. 1998.

BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; GERALDES, A.P.A.; FERNANDES, S.A.P.. Carbono e nitrogênio em solos de uma cronossequência de floresta tropical-pastagem de Paragominas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 77-783, 1999.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: ASA, 1986. Pt.1. p. 364-367. (Agronomy, 9).

BLANCANEAUX, Ph.; FREITAS, P.L. de; AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des Cerrados du Brésil Central. **Cahier ORSTOM**: Série Pédologie, Paris, v. 28, n. 2, p.245-267, 1993.

BORGES, E.N.; LAFORGA, G.; LANA, R.M.Q.; BORGES, E.V.S.; COSTA, L.M. Efeito de calcário e gesso nos teores de cálcio e alumínio da camada compactada em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32 n.12, p.1309-1315, 1997.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. Formation of soils from parent materials. In: BRADY, N.C.; WEIL, R.R. (Ed.). **The nature and properties of soils**. New Jersey:Prentice-Hall, 1999a. cap. 2 p. 29-70.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen contents of soil in Porto Rico and U.S. Virgin Islands. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.124, p. 53-64, 1990.

BRUCE, J.P.; FORME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R.; PAUSTIAN, K.. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.54, n.1, p. 382-389, 1999.

BRUINSMA, J. (Ed). **World agriculture: toward 2015/30**. An FAO Perspective. London: Earthscan, Rome: FAO, 2003. 444 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/Y4252E/y4252e06.htm> Acesso em :1 abril 2008.

BUSCHABACHER, R.J. Tropical deforestation and pasture development. **BioScience**, Washington, v. 36, p.22-28, 1986.

BUSCHBACHER, R.; UHL, C.; SERRAO, E.A.S. Abandoned pasture in eastern Amazonia. II. Nutrient stock in the soil and vegetation. **Journal of Ecology**, Oxford, v.76, p.682-699, 1988.

CAMARGO, A.O., MONIZ, DE A.C., JORGE, J.A., VALADARES, J.M., **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1986. p 94. (IAC Boletim Técnico, 106)

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. **Global Change Biology**, New York, v.5, n.6, p.693-702, Aug. 1999.

CARVALHO, J. L. N. **Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente**. 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. de F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red Latosol in the state of Parana, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 45-51, 2002.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 271-283, 1991.

CERRI, C.C.; EDUARDO, B.P.; PICCOLO, M.C. Use of stable isotopes in soil organic matter studies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF STABLE ISOTOPES IN PLANT NUTRITION, SOIL FERTILITY AND ENVIRONMENTAL STUDIES, 1990. Vienna, Proceedings.. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1991. p. 247-259.

CERRI, C.C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VITORIA, R.L.; PLENECASSAGNE, A. Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C , à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. **Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, Paris Série II, n. 9, p. 423-428, 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. **Cahier ORSTOM: Série Pédologie**, Paris, v.26, n.1, p.37-50, 1991.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S. BERNOUX, M. VICTORIA, R. AND CERRI, C. C. Modeling Soil Carbon from Forest and Pasture Ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p.1879-1887, 2003.

CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M.; CHAPLOT, V.; VOLKOFF, B.; VICTORIA, R.L.; MELILLO, J.M.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C.C. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. **Geoderma**, Amsterdam, v.123, p.51-68, 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 ^{13}C isotopic composition. In: BERGHEIM, J. (Ed.). **Diversity of environmental Biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 397-405.

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Ed.) **Structures and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996. p.97-165.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Quinto levantamento de avaliação da safra agrícola 2004/2005**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, CONAB, 2005. 38 p

CONANT, R.T.; SIX, J.; PAUSTIAN, K. Land use effects on soil carbon fractions in the southeastern United States. II. Change in soil carbon fractions along a forest to pasture chronosequence. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.40, 2004, p.194-200.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte e depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

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

COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, London, v. 408, p. 184-187, 2000.

DEMATTE, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região Amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

DEMATTE, J.L.I. Solos. In: SALATI, E.; ABSY, M.L.; VICTORIA, R.L. (Ed.). **Amazônia: um ecossistema em transformação**. Manaus: INPA, 2000. cap. 6 p. 119-162.

DEMATTE, J.L.I.; DEMATTE, J.A.M. Fertilidade e sustentabilidade dos solos Amazônicos. In: TUCCI, C.A.F. (Ed.). **Amazonia agricultura sustentável**. Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1997. p. 145-214.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Organic carbon and ¹³C contents in soils and soil size- fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v. 61, n 1/2, p.103-118, 1994.

DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 102-107, 1983.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGELKNABNER, I. Soil C and stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n.1, p. 87-95, 2004.

DIEZ, J.A.; POLO, A.; CERRI, C.C.; ANDREUX, F. Influência do pousio e da pastagem sobre a dinâmica de nutrientes em oxissolos recentemente desflorestados na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p.77-83, 1991.

ÉDEN, M.J.; MCGREGOR, D.F.M.; VIEIRA, N.A.Q. Pasture development on cleared forest land in northern Amazonia. **The Geographical Journal**, Oxford, v.156, n.3, p.283-296, 1991.

EDWARDS, A.P.; BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 18, p. 64-73. 1967.

CORREA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, 2002.

ELLERT, B.H.; GREGORICH E.G. Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivates and adjacent forested soils of Ontario. **Soil Science**, New Brunswick, v.161, p.587-603, 1996.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 2006. 412 p.

ESWARAN, H.; VANDENBERG, E.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n.1, p.192-194, Jan./Feb. 1993.

FEARNSIDE, P.M. Deforestation in brazilian Amazon history, rates and consequences. **Conservation Biology**, Malden, v.19, n. 3, p.680-688, 2005.

FEARNSIDE, P.M. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decompositions and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. **Climate Change**, Cambridge, v. 46, p. 115-158, 2000a.

FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from land use change in Brazil's Amazon region. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems. Advances in Soil Science**. Florida: CRC Press., 2000b. p. 231-249.

FEARNSIDE, P.M. Amazon deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, Berlin, v. 80, p.21-34; 1996

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

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 and Soil**, The Hague, v.175, n.1, p.21-29, Aug. 1995.

FELLER C, BEARE M.H.. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p.69-116, 1997.

FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A. LASCANO, C.E.; SANZ, J.I., THOMAS; R.J.; VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, New York, v.371, p.236-238, 1994

FRAZÃO, L.A.; **Conversão do cerrado em pastagem e sistemas agrícolas: efeitos na dinâmica da matéria orgânica do solo**. 2007.122 p. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p.157-170, jan. 2000.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARROUY-LARRE, M.C.; FELLER, C.. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 157-170, 2000.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; SANTOS, H.P.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.64, p.221-230, 2002.

GARCÍA-OLIVA, F.; CASAR, I.; MORALES, P.; MAASS, J. M.. Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. **Oecologia**, Heidelberg, v.99, n.3/4, p.392-396, Oct. 1994.

GARCIA-OLIVA, F.; SANFORD, R.L.; KELLY, E. Effects of slash-and –burn management on soil aggregate organic C and N in a tropical deciduous forest. **Geoderma**, Amsterdam, v.88, p.1-12, 1999.

GOEDERT, W.J. Management of acid tropical soils in the savannas of South America. In: IBSRAM, INAUGURAL WORKSHOP, 1985, Yurimaguas. **Proceedings**...Bangkok : IBSRAM, 1987. p.109-127.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A.; OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

HOUGHTON, Y.; DING, D.J.; GRIGGS, M.; NOGUER, P. J.; VAN DER LINDEN; J. T. : D. XIAOSU (Ed.). **Climate Change 2001: The Scientific Basis** . Cambridge : IPCC, 2001.881 p.

HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs**. New York, v. 54, n. 2, p. 187-211, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, 2004. Comunicação Social, 21 de maio de 2004. Disponível em: (<http://www.ibge.gov.br>) Acesso em : 22 abril 2008.

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.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 1994: Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios**. Cambridge: University Press, 1995. 339 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> Acesso em : 26 abril 2008

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2001. In: ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE.3.,2001. Cambridge. **Working group 1**.Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2001. cap. 3 p. 183-237.

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: SUMNER, M.E.; ed. Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, 1999, p. 229-276.

KER, J.C.; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; PEREIRA, N.R. Levantamento semidetalhado dos solos da Microbacia Piloto do Córrego do Taquara, DF. Relatório. 1990. In: LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R. ; RIBEIRO, A.I.. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.276-280, 1999.

KERR, R.A. How hot will the greenhouse world be? **Science**, Washington, v. 309, p. 100, 2005.

KESSAVALOU, A.; MOISER, A.R.; DORAN, J.W.; DRIJBER, R.A.; DREW, J.L.; HEINEMEYER, O. Fluxes of carbon dioxide, nitrous oxide, and methane in Grass sod and winter wheat-fallow tillage management. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, p.1094-1104, 1998.

KITAGAWA, Y.; MOLLER, M.R.F. Clay mineralogy of some typical soils in the brazilian Amazon region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.3, p.202-228, jul. 1979.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo de alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. 570p.

KOHNKE, H. Soil physics. New York: Mac Grow-Hill, 1968. 224p..

KOOREVAR, P.; MENELIK, G.; DIRKSEN, C. Elements of soil physics, **Developments in Soil Science**, v.13. Amsterdam : Elsevier, 1983. 230 p.

KOUTIKA, L-S., BARTOLI, F., ANDREUX, F., CERRI, C.C., BURTIN, G., CHONA, T., PHILIPPY, R. Organic matter dynamics and aggregation in soil under rain forest and pasture of increasing age in the eastern Amazon basin. **Geoderma**, Amsterdam, v.76, p.87-112, 1997.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.

LAL, R.. Soil processes and the greenhouse effect. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A.(Ed.). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1998. p.199-212,

- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LESSARD, R.; ROCHETTE, P.; TOPP, E.; PATTEY, E.; DESJARDINS, R.L.; BEAMONT, G. Methane and carbon dioxide fluxes from poorly drained adjacent cultivated and forest sites. **Canadian Journal Science**, Ottawa, v. 74, n.2, p.139- 146, 1994.
- LIBARDI, P.L.; MANFRON, P.A.; MORAES, S.O.; TUON, R.L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.20, n.1, p.1-12, 1996
- LIMA, M.S.B. **Expansão da fronteira agrícola no Amazonas**: uma análise das características da estrutura de governança da cadeia da soja e suas relações com a cadeia de valor global. Rio de Janeiro: [s.n.], p1-18, 2006.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado**: Características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo, 1983. 162 p.
- LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado**. 2001. 130p. Tese de (Doutorado na área de Solos) - Universidade Federal do RioGrande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- LUGO, A.E, SANCHEZ M. J. BROWN S. Land use and organic carbon content of some subtropical soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.96, p.185-196, 1986.
- LYNCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. **Advances in Soil Science**, New York, v. 2, p. 133–171, 1985.
- MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.2, p.81-84, 1978.
- MACHADO, P.L.O.A.. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global.. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p.329-334, 2005.
- MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.61, p. 119-130, 2001.
- MAGGS, J.; HEWETT, B. Organic C and nutrient in surface soils from some primary rainforests, derived grassland and secondary rainforest on the Atherton Tableland in North East Queensland. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.31, p.343-350, 1993.
- MARTINS, P.; CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F.; CHAUVEL, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management**, Berlin, v.38, p.273-282, 1991.
- MBAGWU, J.S.C.; PICCOLO, A.; MBILA, M.O. Water-stability of aggregates of some tropical soils treated with humic substances. **Pedologie**, Gembloux, v. 43, p. 269-284, 1993.

MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 296-300, 1972.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B., SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEL, J.C.; **Fertilidade do solo**. Piracicaba:Nobel, 1989. 400p.

MELLO, F.F.C; **Estimativas dos estoques de carbono dos solos nos Estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores à intervenção antrópica**. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.25-30, 1995.

MOISER, A.; SCHIMEL, D.; VALENTINE, D.; BRONSON, K. PARTON, W. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. **Nature**, London, v. 350, n. 28, p. 330-332, 1991.

MORAES, J.F.L.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.M.; KICKLIGHTER, D.; NEILL, C.; SKOLE, D.L.; STEUDLER, P.A. Soil carbon stocks of the Brazilian Amazon Basin. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.1, p.244-247, 1995.

MORAES, J.F.L.; NEILL, C. VOLKOFF, B., CERRI, C.C.. MELILLO, JERRY; LIMA, V.C., STEUDLER, P.A..Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the Western Brazilian Amazon Basin. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1369-1376, 2002.

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.F.L.D. **Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associadas as mudanças do uso da terra em Rondônia (RO) Brasil**. 1995. 69 p. Tese (Doutorado na área de Química do Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

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

NEIL, C.; CERRI, C.C.; MELILLO, J., FEIGL, B.J., STEUDLER, P.A., MORAES, J.F.L.; PICCOLO, M.C.. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondonia. In: LAL R. ET AL, (Ed.) **Soil process and carbon the cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1998. cap. 2 p. 9-28.

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

NOBRE, C.A.; GASH, J. Desmatamento muda clima da Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.22, p.33-42, 1997.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 76, p. 319 – 337, 1984.

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. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.

PEREIRA, C.A. ; VIEIRA, I.C.G. Importância das florestas Secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados De grãos na Amazônia. **Interciencia**, Venezuela, v. 26, n.8, p. 337-341, 2001.

PERFECT, E.; KAY, B.D.; VANLOON, W.K.P.; SHEARD, R.W.; POJASOK, T. Rates of change in soil structural stability under forages and corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, p. 179–186, 1990

POLWSON. D.S. Will soil amplify climate change? **Nature**, London, v. 433, p. 204-205, 2005.

POTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.589-597, 1998.

PRASSAD, P.; BASU, S.; BEHERA, N. A comparative account of the microbiological characteristic of soil under forest tropical, grassland and copfield from Eastern India. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 175, p. 85-91, 1994.

PRENTICE, I.C., FARQUHAR, G.D., FASHAM, M.J.R., GOULDEN, M.L., HEIMANN, M., JARAMILLO, V.J.; KHESHGI, H.S., LE QU'ER'E, C.; SCHOLLES, R.J.; WALLACE, D.W.R.: 2001, 'The carbon cycle and Atmospheric carbon dioxide, In: HOUGHTON, J. T., DING, Y., GRIGGS, D. J., NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P. J., DAI, X., MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis In: ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)3.*, 2001. Cambridge **Working Group...** Cambridge University Press, Cambridge, p. 183–237.

RAIJ, B van.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.36, p.587-593, 1972.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 16 p. (Circular, 63).

REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS, C.L.; RASMUNSEN, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.50, p.253-261, 1995

RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J.; SILVA, J.E. da. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos Cerrados**. Planaltina, DF : Embrapa-CPAC, 1991. 21p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 36)

RESCK, D.V.S.; VASCONCELLOS, C.A.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 169-196.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1997. 367p.

ROCHA, M.T. Aquecimento e o seqüestro de carbono em projetos agroflorestais. **Revista Ecologia**, Rio de Janeiro, n. 151, 2000.

ROSCOE, R.; BUURMAN, O.; VELTHORST, E.J.; PEREIRA, J.A.A. Effects of fire on soil organic matter in a “cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in $\delta^{13}\text{C}$. **Geoderma**, Amsterdam, v. 95, n. 1/2, p. 141-160, 2000a.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J. Disruption of soil aggregate by different amounts of ultrasonic energy in SOM fractionation of a clay Latosol: carbon, nitrogen, and $\delta^{13}\text{C}$ distribution in particle-size fractions. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 51, p. 445-454, 2000b.

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2002. 86 p.

ROSELL, R.A.; GALANTINI, J.A.; IGLESIAS, J.O. Organic carbon changes in soil fractions of two texturally-different Haplustolls under cultivation. In: CLAPP, C.E.; HAYES, M.H.B.; SENESI, N. ; GRIFFITH, S.M., (Ed.). **Humic substances in soil and water environments**. St. Paul: IHSS, 1996. p.161-162.

SÁ, J.C.; CERRI, C.C.; DICK, W.A; LAL, R; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHIA, J.H., NICHOLAIDES, J.H. Amazon basin soil management for continuous crop production. **Science**, New York, v.216, n.4546, p.821-827, 1982

SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S.; NEPSTAD, D.; CURRAN, L.; NOBRE, C.. Tropical deforestation and the Kyoto protocol. **Climatic Change**, Essay, v. 71, p.267–276, 2005.

SCHIMEL, D.S. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. **Global Change Biology**, New York, v.1, n.1, p.77-91, Feb. 1995.

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

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

SCHULTEN, H. R.; LEINWEBER, P. New insights into organic-mineral particles: composition, properties and molecular structure. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 30, p. 339-432, 2000.

SCHUMAN G.E.; JANZEN H.H; HERRICK J.E. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v.116, p. 391-396, 2002.

SERRAO, E.A.S.; TOLEDO, J.M. The search for sustainability in Amazonian pasture. In: ANDERSON, A.B. (Ed.). Alternatives to deforestation: Steps Toward Sustainable use of the Amazon Rain forest. Columbia. UNIVERSITY Press, New York, 1990. p.195-214.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, p. 795-807, 1997.

SILVA, C.A. **Mineralização de nitrogênio e enxofre e caracterização de substâncias húmicas em solos brasileiros por ¹³C-RMN e cromatografia por exclusão de tamanho**. 1997. 82p. Tese (Doutorado Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

SILVA, J.E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.541-547, 1994.

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

SISTI, C.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.;BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.

SIQUEIRA NETO, M; **Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no cerrado em Rio Verde (GO)** . 2006. 162 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SOMBROEK, W.G.; NACHTERGAELE, F.O.; HEBEL, A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. **Ambio**, Stockholm, v.22, n.7, p.417-426, Nov. 1993.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients**. 2nd ed. New York: Wiley, 1999. 427 p.

TEIXEIRA, W.G.; PEREIRA, E.G.; CRUZ, L.A.; BUENO, N. Influência do uso nas características físicoquímicas de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Manaus, AM. In: CONGRESSO 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, 1996. 1 CD-ROM.

THENG, B. K. G. **Soil Structure and Aggregate Stability** RENGASAMY, P. (Ed.); In: SEMINARY, 1987. Tatura **Proceedings...** Tatura: Institute of Irrigation and Salinity Research 1987.

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

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55 n. 3, p. 343 - 354, 1998.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciados por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.301-309, 1998.

TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., UEHARA, G. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Agronomy*, vol. 38, 1985. Academic Press, San Diego, p. 45–94. In: CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M.; CHAPLOT, V.; VOLKOFF, B.; VICTORIA, R.L.; MELILLO, J.M.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C.C. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. **Geoderma**, Amsterdam, v.123, p.51-68, 2004.

UNIVERSITY OF OREGON. **Greenhouse effect**. Disponível em <http://zebu.uoregon.edu/1998/es202/113>. Acesso em: 1 maio 2008.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.1, p.175- 180, Jan/Feb. 1994.

WATSON, R.T.; NOBLE, I.R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J.; DOKKEN, D.J. Land use, land-use change and forestry: **A Special Report of the IPCC**, Cambridge University Press: Cambridge, 2000. 375 p.

YANG, J.I., MOSBY, D.E., CASTEEL, S.W., BLANCHARD, R.W. Microscale pH variability for assessing of phosphoric acid treatment in lead-contaminated soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 66, n.6, p. 374-381, 2001.

ZONEAMENTO SÓCIO ECONÔMICO ECOLÓGICO DO ESTADO DE RONDÔNIA. Disponível em: <<http://www.seplan.ro.gov.br>>. Acesso em: 31 abril 2008.

ANEXO

Anexo 1 – Trabalhos relacionados a mudança do manejo do solo em diferentes regiões do Brasil

Locais	Tipo de Solo (Classificação Brasileira)	Estoque de C (Mg ha ⁻¹)				Camadas (cm)	Referência
		Nativa	Pastagem	PC	PD		
Campinas (SP)	Latossolo vermelho			78,0	80,8	0-20	De Maria et al. (1999)
Coimbra (MG)	Argissolo vermelho amarelo			31,2	38,5	0-20	Leite et al. (2004)
Costa Rica (MS)	Latossolo vermelho			38,6	41,0	0-20	Bayer et al. (2006)
Luziânia (GO)	Latossolo vermelho			54,3	57,3	0-20	Bayer et al. (2006)
Planaltina (DF)	Latossolo vermelho	39,7	42,2	37,3	47,3	0-20	Corazza et al. (1999)
Planaltina (DF)	Latossolo vermelho	47,8		37,0	47,5	0-20	Oliveira et al. (2004)
Sen. Canedo (GO)	Latossolo vermelho	51,2		48,6	49,6	0-20	Freitas et al. (2000)
Sete Lagoas (MG)	Latossolo vermelho			50,3	50,0	0-20	Roscoe & Buurman (2003)
Sinop (MT)	Latossolo vermelho amarelo	51,0		43,7	47,2	0-20	Perrin (2003)
Comodoro (MT)	Neossolo Quartzarênico	16,5	15,8		18,7	0-30	Frazão (2007)
Goiânia (GO)	Latossolo vermelho			19,9	22,3	0-30	Metay et al. (2007)
Planaltina (DF)	Latossolo vermelho			67,2	83,6	0-30	Jantalia et al. (2007)
Uberlândia (MG)	Latossolo vermelho amarelo	56,7	67,5			0-30	Wilcker & Lilienfein (2004)
Vilhena (RO)	Latossolo vermelho amarelo	48,1		58,5	59,0	0-30	Carvalho (2006)