

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARBONO ORGÂNICO EM FUNÇÃO DO USO DO SOLO**

**Rangel Leandro Romão**  
Zootecnista

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARBONO ORGÂNICO EM FUNÇÃO DO USO DO SOLO**

**Rangel Leandro Romão**

**Orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Câmpus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)**

**2012**

Romão, Rangel Leandro  
R761 Carbono orgânico em função do uso do solo / Rangel  
c Leandro Romão. -- Jaboticabal, 2013  
iii, 36 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Manoel Evaristo Ferreira

Banca examinadora: Itamar Andrioli, José Ricardo  
Mantovani

Bibliografia

1. Uso do solo. 2. Estoque de carbono. 3. Matéria orgânica.  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 631.417.1

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.  
e-mail: [romao@atlanticasimbios.com](mailto:romao@atlanticasimbios.com)

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**RANGEL LEANDRO ROMÃO** – Nascido em 19 de abril de 1969, na cidade de Ribeirão Preto-SP, graduou-se Zootecnista pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em julho de 1997. Atuou como zootecnista na fazenda Rio Verde no ano de 1998. Desde 1999 é diretor-proprietário da Atlântica Simbios, empresa de consultoria e serviços ambientais sediada em Ribeirão Preto-SP. Atuou na coordenação de projetos de restauração da vegetação nativa, licenciamento ambiental, inventários de emissões de gases de efeito estufa e projetos de créditos de carbono florestais. Foi co-autor do artigo “Greenhouse gases emissions due to slash-and-burn in sugar production plant, southern Brasil, year 2006/2007”. Desde janeiro de 2012 é membro da Comissão de Incentivos Econômicos e Financeiros do GTPS-Grupo de Trabalho em Pecuária Sustentável. Em junho de 2012 participou como convidado das discussões para a elaboração do relatório “A segurança alimentar, hídrica e energética do Brasil com Investimento Proativo em Capital Natural – PINC”, realizado na Embaixada Britânica em Brasília, pelo Global Canopy Programme, do Centro Oxford para Florestas Tropicais da Universidade de Oxford.

“A felicidade não é um estado de espírito ao alcance da mão, é ave de voo ágil que nos visita quando bem entende. É arrebatadora, porém voluntariosa e fugidia. À menor distração, ao admirar-lhe a beleza da plumagem, bate asas para sítios distantes, deixando a nostalgia em seu lugar.”

Drauzio Varella

Às minhas filhas, Morena e Mira.  
Aos meus pais, João José (*in memorian*) e Sirene.  
Aos meus avós, Arlindo (*in memorian*) e Gina,  
Com muito amor,  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Campus de Jaboticabal, pela formação profissional recebida nos cursos de graduação e pós-graduação.

Ao Professor Manoel Evaristo Ferreira pela amizade, orientação, dedicação e esforço em alto nível em mim investidos para que eu alcançasse minha pós-graduação e a conclusão desta dissertação, e contribuindo de maneira fundamental em minha formação acadêmica e pessoal.

À Professora Mara Cristina Pessôa Cruz, pela amizade, excelente convivência, e por estar sempre presente auxiliando na solução de inúmeras questões, com muito boa vontade e simpatia, colaborando diretamente no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor José Carlos Barbosa pela colaboração sempre prestativa nas análises estatísticas deste trabalho.

Ao Professor Itamar Andrioli pelas críticas construtivas e sugestões dadas, que colaboraram de maneira fundamental para a qualidade deste trabalho.

À Professora Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pela colaboração na utilização das ferramentas de imagens para a definição dos locais amostrados.

Ao Professor José Ricardo Mantovani pelas sugestões e críticas apresentadas a esta dissertação, que resultaram em importante ganho de qualidade.

Ao Professor José Frederico Centurion, pela ajuda na classificação dos solos estudados nesta dissertação.

Aos proprietários das fazendas e diretores das APTA's por terem permitido a realização das amostras de solo analisadas neste estudo, em especial ao amigo Flávio Celso Yoshida de Moraes da fazenda Rio Verde.

À Selma Guimarães Figueiredo, Aline Carla Bettiol e Marina Ali Mere Bergamasco, além da amizade, pelas análises dos teores de carbono realizadas, sem as quais esta dissertação não seria possível.

Ao José Pedro dos Santos e ao Orivaldo de Souza Gomes, pela ajuda muito importante em todas as coletas de solo realizadas, sem a qual não seria possível a realização desta dissertação.

Aos colegas Thiago de Barros Sylvestre, Felipe Batistela Filho, Cássia Rita Adame, Jacqueline Ferraça, Bruno Boscov Braos, Lucas Boscov Braos, Fernando Kuhnen e Celso Aparecido Mancin, pelo excelente ambiente de convivência nos longos tempos passados no Laboratório de Fertilidade do Solo, tornando uma grande alegria estar aqui.

À Keila, pelo apoio, por estar sempre presente, orientar, conduzir e cuidar tão bem das nossas filhas, mais importantes que tudo, durante minha ausência, permitindo que me dedicasse intensamente aos trabalhos da pesquisa.

Ao William Miosso Moura, por conduzir com muito empenho e competência a nossa empresa durante minha ausência, permitindo também que eu me dedicasse plenamente a esta dissertação.

Aos amigos que a vida traz, a todos que colaboraram direta ou indiretamente neste trabalho, sem os quais não seria possível esta realização. Muito obrigado!



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Locais de coleta das amostras de solo.....	12
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	17
3.3 Amostragem do solo e preparo das amostras.....	17
3.4 Determinação da densidade do solo.....	18
3.5 Determinação do carbono orgânico total e do carbono orgânico dissolvido.....	18
3.6 Cálculo do estoque de carbono do solo.....	19
3.7 Análise estatística.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5 CONCLUSÕES.....	30
6 REFERÊNCIAS.....	31

## CARBONO ORGÂNICO EM FUNÇÃO DO USO DO SOLO

**RESUMO** - A matéria orgânica é um dos atributos do solo mais sensível às transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo. Objetivou-se avaliar a distribuição e os estoques de carbono em função do uso e da profundidade do solo. Foram coletadas amostras de solo de florestas nativas, pastagens e culturas em 10 locais, onde os três usos do solo encontravam-se em áreas adjacentes, em quatro profundidades (0-10 cm, 10-20, 20-40 e 40-60 cm). O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (Split-Plot) tendo como tratamentos principais os usos do solo e como tratamentos secundários as profundidades. A maior concentração do carbono orgânico total (COT) foi obtida na camada de 0 a 10 cm. A variação entre as médias dos teores de COT apresentaram a seguinte ordem: floresta ( $18,02 \text{ g dm}^{-3}$ ) > pastagem ( $15,80 \text{ g dm}^{-3}$ ) > agricultura ( $12,45 \text{ g dm}^{-3}$ ). Entre floresta e pastagem não houve diferença entre os valores médios de COT. Houve diferença entre solos sob floresta e sob agricultura, com diminuição de 30,91%. Os teores médios de carbono orgânico dissolvido (COD) apresentaram a seguinte ordem, entre tipos de uso do solo: floresta ( $236,42 \text{ mg dm}^{-3}$ ) > pastagem ( $151,41 \text{ mg dm}^{-3}$ ) > agricultura ( $86,76 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Houve diferença nos teores de COD de 35,95% entre floresta e pastagem e 42,70% entre pastagem e agricultura. Os maiores teores de COD foram obtidos na camada de 0 a 10 cm e a ordem entre os tipos de uso do solo, nesta camada, foi floresta>pastagem>agricultura. O mesmo efeito foi observado na camada de 10 a 20 cm e, na camada de 20 a 40 cm, a diferença ocorreu entre floresta e agricultura, maior na primeira. Não houve diferença nos teores de COD entre os tipos de uso do solo na camada 40 a 60 cm. O estoque de COT médio não apresentou diferença entre os usos do solo quando consideradas as profundidades 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60 e 0 a 60 cm. O estoque de COT médio quando considerada a camada de 0 a 20 cm foi 23,14% maior nos solos sob pastagens ( $48,62 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em relação a solos de agricultura ( $37,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Foi verificada correlação positiva entre COT e COD e entre COT e porcentagem de argila. A conversão de áreas de florestas em pastagens ou culturas causou decréscimo no COT e COD. A diminuição do COT no perfil do solo é menos acentuada em solos sob pastagens. Solos sob agricultura apresentaram os menores teores de COT. Nas camadas superficiais ocorreu a maior concentração de COT.

**Palavras-chaves:** estoque de carbono, matéria orgânica, uso do solo

## SOIL ORGANIC CARBON AS A FUNCTION OF LAND USES

**ABSTRACT** - Organic matter is one of the most sensitive attributes of the soil triggered by changes in management systems. This study aimed to assess the distribution and carbon stocks depending on the land use and soil depth. There were collected soil samples from native forests, pastures and crops in ten locations, where the three land uses are found in adjacent areas in four depths (0-10 cm, 10-20, 20-40 and 40-60 cm ). The experimental design was a Split-Plot having land uses as main treatments and depths as secondary treatments. The highest concentration of total soil organic carbon (SOC) was obtained in the 0 to 10 cm layer. The variation between the mean SOC had the following order: forest ( $18.02 \text{ g dm}^{-3}$ ) > grassland ( $15.80 \text{ g dm}^{-3}$ ) > agriculture ( $12.45 \text{ g dm}^{-3}$ ). Between forest and pasture there was no difference between the mean values of SOC. There was difference between soils under forest and agriculture with a decrease of 30.91%. The concentration of dissolved organic carbon (DOC) presented the following order between types of land use: forest ( $236.42 \text{ mg dm}^{-3}$ ) > grassland ( $151.41 \text{ mg dm}^{-3}$ ) > agriculture ( $86.76 \text{ mg dm}^{-3}$ ), and showed a difference of 35.95% between forest and grassland, and 42.70% between grassland and agriculture. The highest levels of DOC were found in the 0 to 10 cm layer and the order between types of land use was: forest > pasture > agriculture. Same effect was obtained in the layer 10 to 20 cm and, in the layer 20 to 40 cm, difference was observed between soils under forest and soils under agriculture, higher in the first one. There was no difference in the levels of DOC between types of land use in the layer 40 to 60 cm. The average stock of SOC did not differ between land uses when it was considered the depths of 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 0-60 cm. The average stock of SCO considered when the layer 0-20 cm showed a difference of 23.14% between soils under grassland ( $48.62 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and in agriculture ( $37.37 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Positive correlation was found between SOC and DOC. There was also a positive correlation between SOC and clay content. It was concluded that the conversion of forest to pasture or crops caused decrease in SOC and DOC. The decrease of SOC in the soil profile is less pronounced in soils under pasture. Soils under agriculture had the lowest SOC. The superficial layers presented the highest concentration of SOC.

**Keywords:** carbon stock, land use, organic matter

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2009 durante a 15ª Conferência das Partes (COP) realizada em Copenhague (Dinamarca) o governo brasileiro de forma voluntária assumiu o compromisso de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 36,1% a 38,9% das emissões projetadas até 2020. Para o cumprimento destas metas o governo brasileiro promulgou a Lei no 12.187/09, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC). Por meio dela o governo federal pretende implementar voluntariamente estratégias para mitigação das emissões de GEE, as quais deverão estar associadas aos Planos de Ação Setoriais: Mudanças de Uso da Terra (redução das taxas de desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado), Agropecuária, Energia e outros (na siderurgia, substituição de biomassa oriunda de floresta nativa por florestas plantadas). Para a adoção de ações setoriais relacionadas à agropecuária foi concebido o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), o qual contempla as seguintes atividades: i) recuperação de pastagens degradadas; ii) implantação de sistemas integrados de produção (integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF, e outras variações); iii) adoção do sistema de plantio direto (PD); iv) fixação biológica de nitrogênio; v) plantio de florestas comerciais; vi) tratamento de dejetos animais. A partir da concepção do Plano ABC foi instituído, em 17 de agosto de 2010, o Programa de Agricultura de Baixo Carbono (Programa ABC) para a disponibilização de recursos do governo federal visando à adoção de práticas agropecuárias capazes de aumentar estoques de C e/ou reduzir as emissões de GEE para a atmosfera (CERRI et al., 2012).

Mudanças na vegetação e nos estoques de carbono do solo podem ocorrer naturalmente quando o ecossistema se desenvolve, amadurece ou é degradado, ou como resultado de usos da terra que servem às necessidades da sociedade, tais como a produção de alimentos e madeira, o fornecimento de energia, o desenvolvimento urbano, a gestão de resíduos e o abastecimento de água.

Os solos desempenham importante papel no ciclo do carbono. Nos trópicos o desmatamento e a conversão de áreas para pastagem ou agricultura afetam tanto o

armazenamento de carbono do solo como as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. A transformação da vegetação leva a modificações nas características físicas e químicas do solo e podem induzir mudanças nas reservas orgânicas do solo.

A matéria orgânica (MO) é um dos atributos do solo mais sensível às transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo. A sua importância em relação às características químicas, físicas e biológicas do solo é amplamente reconhecida e sua influência nas características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que ela seja considerada um dos principais atributos na avaliação da qualidade do solo. No entanto as informações sobre a resposta dos reservatórios de carbono do solo à conversão para usos agropecuários são conflitantes. Há uma clara necessidade de estudos sobre o comportamento do carbono orgânico do solo quando submetido aos diferentes tipos de uso do solo.

Assim, considerando o papel da matéria orgânica na fertilidade, o impacto do desenvolvimento da agropecuária na superfície terrestre e a importância da conservação do carbono do solo no controle das mudanças climáticas, o objetivo com este trabalho foi avaliar os teores de carbono orgânico total e dissolvido e os estoques de carbono em função do uso e da profundidade do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema climático é interativo e constituído por cinco grandes componentes, atmosfera, hidrosfera, criosfera, superfície terrestre e biosfera, influenciados por vários mecanismos externos no qual o Sol é o mais importante. Também os efeitos diretos das atividades humanas no sistema climático são considerados como mecanismos externos. A atmosfera seca da Terra é constituída, principalmente, de nitrogênio ( $N_2$ , 78,1% do volume), oxigênio ( $O_2$ , 20,9% do volume) e argônio (Ar, 0,93% do volume). Estes gases possuem limitada interação com a radiação emitida pelo Sol e não interagem com a radiação infravermelha emitida pela Terra. Entretanto, há uma série de gases traços como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ) e ozônio ( $O_3$ ) que absorvem e emitem radiação infravermelha. Estes gases traços, também denominados gases de efeito estufa, ocupam menos de 0,1% do volume da atmosfera e possuem relevante papel no balanço energético da Terra. A Terra recebe radiação solar e os diferentes gases traços presentes na atmosfera, particularmente na troposfera, absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra, e por sua vez, emitem esta radiação para cima e para baixo. Este processo de absorção e emissão de radiação infravermelha gera aumento na temperatura próxima à superfície da Terra (média de  $14^\circ C$ ) resultando num efeito estufa natural e importante para o surgimento e a manutenção da vida no planeta. Se não houvesse este efeito estufa natural, a temperatura na superfície da Terra seria  $33^\circ C$  mais fria (MACHADO, 2005).

Os seres humanos sempre influenciaram o meio ambiente. Entretanto, foi somente após o início da Revolução Industrial, meados do século XVIII, que o impacto das atividades humanas tomou proporções em escalas continentais e até mesmo globais. Atividades humanas, principalmente aquelas envolvendo a queima de combustíveis fósseis para uso industrial e residencial e queima da biomassa (desmatamento seguido de queimadas), produzem gases de efeito estufa que afetam a composição da atmosfera. Embora o gás metano e o óxido nitroso apresentem potencial de aquecimento maior que o gás carbônico ( $CH_4 = 23$  vezes o  $CO_2$  e;  $N_2O = 296$  vezes o  $CO_2$ ), o  $CO_2$  é emitido em maiores quantidades, pois é

originado na queima de combustíveis fósseis e nos desmatamentos e queimadas. Por isso, os níveis crescentes de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico foram identificados como uma das maiores causas do aquecimento global (MACHADO, 2005).

O maior compartimento de carbono da Terra é aquele presente nos oceanos [38.000 Pg C (1 bilhão de toneladas)], seguido do compartimento presente nas formações geológicas (5.000 Pg C) consistindo de 4.000 Pg C presentes no carvão, 500 Pg C no petróleo e 500 Pg C no gás natural. O compartimento de carbono do solo (2.500 Pg C) é o maior nos ecossistemas terrestres (aproximadamente 4 vezes o compartimento 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). O carbono orgânico do solo representa o equilíbrio entre o carbono adicionado ao solo pela vegetação e o perdido para 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 aerados ou metano em solos saturados com água (MACHADO, 2005).

A matéria viva é composta por carbono e seus compostos, os quais são fundamentais para a respiração, a fotossíntese e a regulação do clima. Existe grande variedade de compostos de carbono envolvidos no ciclo global nos ecossistemas, dentre os quais pode-se destacar os principais compostos presentes na atmosfera: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), hidrocarbonetos não metânicos (HCNM) e monóxido de carbono (CO). Os reservatórios de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera, litosfera e oceanos são extremamente grandes. Os fluxos entre estes compartimentos (Figura 1) são bidirecionais e quase em balanço, o que faz com que as estimativas de troca sejam difíceis (MARTINS et al., 2003).

A remoção de dióxido de carbono do ar pelas florestas ocorre com a atividade fotossintética das plantas ao combinarem  $\text{CO}_2$  e água, produzindo carboidratos. O carbono assim fixado é, em parte, mantido nas plantas e, em parte, transforma-se em elemento da crosta terrestre. O conceito de fixação de carbono normalmente se relaciona com a ideia de armazenar reservas de carbono em solos, florestas e outros tipos de vegetação. Também se promove o incremento nas reservas de

carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas (BALBINOT et al., 2008).

As trocas de  $\text{CO}_2$  entre a atmosfera e os ecossistemas dependem também do uso do solo nas áreas e ocorrem, principalmente, através da fotossíntese e da respiração por plantas. Os processos de fotossíntese e respiração são importantes e se modificam em cada ecossistema. Assim, parte do  $\text{CO}_2$  fixado no processo de fotossíntese é reemitido pela respiração. O restante é armazenado nas diferentes conformações, na forma de biomassa, pelas folhas, caules, raízes etc., no que é chamado de Produção Primária Líquida (PPL). Essa biomassa, ao ser consumida, como alimento, por organismos heterotróficos, é parcialmente reconvertida de forma imediata a  $\text{CO}_2$  pela respiração e, posteriormente, por processos de decomposição da matéria orgânica, através da morte de animais e plantas e ataque por microrganismos. No decorrer de um tempo suficientemente longo, a respiração e a decomposição dos organismos heterotróficos tende a balancear a PPL (MARTINS et al., 2003).

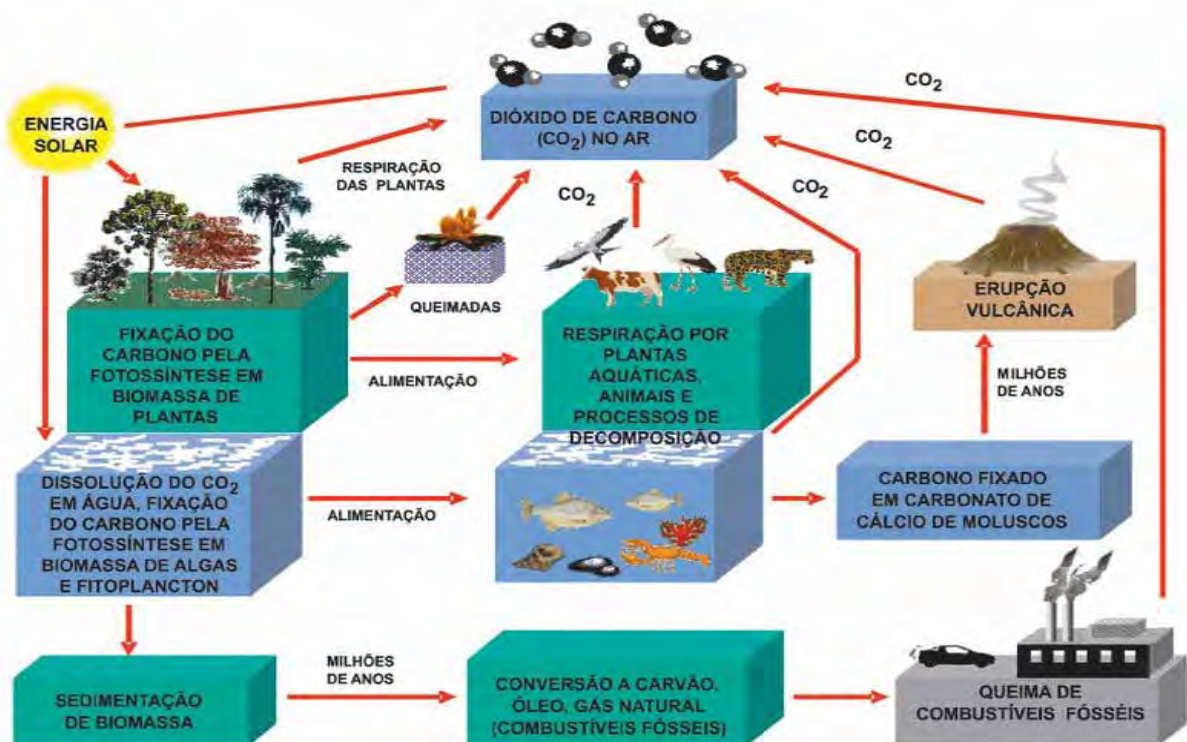


Figura 1. Fluxos de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre compartimentos (MARTINS et al., 2003).



De acordo com Pimm e Jenkins (2005), citados por Paiva e Faria (2007), o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico nas últimas décadas tem ocorrido, principalmente, devido a queima de combustíveis fósseis, atividade industrial, desmatamento e uso do solo. Depois da queima de combustíveis fósseis, a mudança de uso do solo representa a maior fonte de emissão de carbono antropogênico para a atmosfera (Fitzsimmons et al., 2003, citados por PAIVA e FARIA, 2007). Na região dos trópicos, a substituição de florestas tropicais nativas em geral, por atividades agropastoris, tem sido uma das principais ações antrópicas responsáveis pelo incremento de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Cerca de 25% das emissões globais de CO<sub>2</sub> provêm especificamente da derrubada de florestas (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima das Nações Unidas - IPCC).

Atualmente, os agroecossistemas são a forma de uso predominante da Terra dentro do mosaico global da paisagem, cobrindo aproximadamente um terço da superfície (FAO, 2007, citado por RONQUIM, 2007). O Brasil possui aproximadamente 62 milhões de hectares de terras cultivadas e cerca de 170 milhões de hectares passíveis de serem aproveitados (IBGE, 2007, citado por RONQUIM, 2007). Os solos agrícolas podem atuar como dreno de carbono ou fonte de gases de efeito estufa, dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos (COSTA et al., 2008). Mudanças na vegetação e nos estoques de carbono do solo podem ocorrer naturalmente quando o ecossistema se desenvolve, amadurece ou é degradado, ou como resultado de usos do solo que servem às necessidades da sociedade, tais como a produção de alimentos e madeira, o fornecimento de energia, o desenvolvimento urbano, a gestão de resíduos e o abastecimento de água (OSTLE et al., 2009).

A substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas com culturas introduzidas causa redução no conteúdo e alteração na qualidade do C orgânico do solo (Duxbury et al., 1989, citados por CORAZZA et al., 1999). Porém, segundo Fearnside e Barbosa (1998), no relatório do Programa Conjunto do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas e Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (IPCC/OECD), não havia consenso científico de que o desmatamento resulta em perda significativa de carbono do solo em florestas

tropicais, todavia, os autores citaram que existem resultados de pesquisas que indicam que a conversão de florestas tropicais em pastagem pode resultar ou não em perda de carbono do solo.

O carbono adicionado ao solo por meio de resíduos vegetais, as emissões na forma de dióxido de carbono e o estoque de carbono orgânico do solo são componentes do ciclo deste elemento no sistema solo-planta-atmosfera. O efeito de práticas de manejo do solo nestes componentes necessita de melhor entendimento, contribuindo para o controle do aquecimento global (COSTA et al., 2008).

A entrada de carbono orgânico no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas, resíduos da exploração e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição. De acordo com Reis et al. (1994), citados por Balbinot et al. (2003), a queda da serapilheira, somente se estabiliza quando o povoamento atinge a maturidade. Portanto, no início do estabelecimento de florestas naturais e plantações florestais, a produção de serapilheira é baixa, aumentando com a idade, podendo posteriormente ocorrer redução (BALBINOT et al., 2003). Segundo O'Connell e Sankaran (1997), citados por Balbinot et al. (2003), a quantidade de serapilheira acumulada nos solos florestais pode ser influenciada por condições desfavoráveis à decomposição, como déficit de água no solo e na serapilheira, temperaturas muito altas ou muito baixas, pH alto ou baixo, propriedades físico-químicas da serapilheira como folhas, conteúdo de substâncias (lignina, celulose, hemicelulose), baixa densidade da população de organismos decompositores, além da época (estação do ano) da coleta acumulada.

A intensidade da decomposição dos detritos é característica para cada espécie, dependendo do tamanho, estrutura morfológica e composição química inicial (denominada fatores intrínsecos). Fatores extrínsecos como temperatura, teor de oxigênio, atividade microbiológica e processos físicos também afetam as taxas de decomposição (Cunha-Santino e Bianchini Jr., 2006, citados por GIMENES, CUNHA-SANTINO; BIANCHINI Jr., 2010).

O preparo de solo e o manejo de culturas afetam as taxas metabólicas dos microrganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da matéria orgânica no solo, as quais também são influenciadas pela temperatura e umidade do

solo (LA SCALA Jr. et al., 2008). Geralmente, a atividade decompositora dos microrganismos atinge valores elevados no período imediatamente posterior ao revolvimento do solo (COSTA et al., 2008).

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependa essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (ZECH et al., 1997).

A matéria orgânica é componente do solo que, em comparação à fase mineral, está presente em menor quantidade. De modo geral, de 1-5% do solo é composto pelas frações orgânicas, sendo exceção alguns solos em condições ambientais específicas, como os Organossolos, que contêm mais de  $80 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria orgânica, com espessura mínima de 40 cm (EMBRAPA, 2006). A distribuição da matéria orgânica no solo é variável, tanto em profundidade (ao longo do perfil do solo), quanto horizontalmente. Esta distribuição do carbono no solo depende de vários fatores, sendo exemplos o tipo do solo, o relevo, a cobertura ou uso do solo, as condições climáticas, a vegetação natural predominante na área, as práticas de uso e manejo do solo, entre outros (MADARI et al., 2009).

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultante da deposição natural de resíduos vegetais (exsudatos e/ou morte de raízes, queda de folhas, galhos, frutos, etc) e animais (excrementos e/ou morte da biota) que chegam ao solo, podendo ter a sua origem também no próprio homem, por meio da adubação orgânica feita com esterco (bovinos, de aves e de suínos), compostos orgânicos preparados na fazenda, adição de resíduos vegetais, tais como restos culturais ou adubos verdes plantados com a finalidade de incorporação ao solo (KIEHL, 2008).

Além da quantidade, a qualidade da matéria orgânica é também de grande importância, uma vez que o carbono é nutriente e fonte de energia para os microrganismos. Na composição da matéria orgânica entram, em diferentes proporções, componentes biologicamente ativos como polissacarídeos, aminoácidos, nucleotídeos, enxofre orgânico, bem como, componentes orgânicos estáveis como húmus, gorduras, resinas e ceras, sacarídeos, nitrogênio orgânico e compostos de fósforo. Embora um solo produtivo seja composto de menos de 5% de

matéria orgânica, esta determina em grande parte o seu potencial produtivo. O teor de matéria orgânica influencia as propriedades do solo e é função da quantidade de resíduos oriundos do ecossistema, o que reflete no equilíbrio dinâmico da decomposição (BOT; BENITES, 2005).

A matéria orgânica dissolvida (MOD) representa um importante elemento em muitos processos biogeoquímicos do solo e da água. Ela tem sua origem a partir da lixiviação da liteira (resultante da matéria orgânica particulada) e da atividade da biomassa microbiana do solo (Ussiri; Johnson, 2004, Matlou; Haynes, 2006, citados por MARQUES et al., 2012). Inúmeros fatores bióticos e abióticos controlam a dinâmica temporal e espacial da MOD (MURPHY et al., 2000). Estudos laboratoriais demonstraram que as práticas de manejo, como calagem e adubação, podem induzir flutuações marcantes na MOD. Em condições de campo, no entanto, o efeito resultante de práticas de manejo, muitas vezes ainda não está claro porque diversas propriedades do solo, que podem interagir e de contrabalançar, são influenciados, ao mesmo tempo (CHANTIGNY, 2003). Segundo Marques et al. (2012) o COD apresenta variação temporal, espacial e em profundidade, decrescendo nesta última. A ação da estruturação do solo, representada pela agregação, C orgânico total (COT) e porosidade, exercem grande influência nas concentrações de COD nas camadas do solo e, aliada à matéria orgânica mais lábil do solo, determinam a manutenção do C na solução do solo.

Alguns atributos do solo como a retenção de água, a estrutura do solo e sua estabilidade, a porosidade, a retenção e disponibilidade de micro e macronutrientes, são condicionadas pela matéria orgânica. A matéria orgânica é a principal responsável pela capacidade de troca de cátions em solos tropicais, cuja fase mineral é dominada por minerais caulinita e óxidos de ferro e alumínio, como goetita e hematita, de baixa atividade química. Em solos brasileiros, a matéria orgânica pode contribuir com até 80% das cargas negativas do solo (MADARI et al., 2009).

A decomposição da matéria orgânica resulta na mudança de estado do detrito, sob a influência de vários fatores bióticos e abióticos. Essa transformação pode ser quantificada pela taxa de perda de massa. A decomposição de matéria orgânica vegetal é caracterizada por três fases que se sobrepõe: lixiviação, condicionamento e fragmentação (CUNHA-SANTINO; BIANCHINI Jr., 2010).

Segundo Gregorich et al. (1994) a diminuição do carbono orgânico do solo tem implicações muito importantes para a qualidade do solo porque interfere em alguns dos seus principais atributos físicos e químicos. Entre os atributos físicos, Bayer e Mielniczuk (2008) destacam particularmente a agregação, com implicações na densidade, porosidade, aeração e capacidade de retenção de água e, entre os químicos, a disponibilidade de nutrientes, particularmente N, P e S, e a capacidade de troca de cátions. O impacto da diminuição dos teores de carbono do solo em todos os atributos citados é negativo e, segundo Ostle et al. (2009), o carbono orgânico do solo leva décadas a séculos para acumular, mas as perdas que resultam das mudanças do uso do solo que aceleram a ciclagem do carbono pela atividade biótica (decomposição) e abiótica (distúrbios, erosão, etc.) pode ocorrer rapidamente, em anos, e são extremamente difíceis de reverter no curto prazo. Deste modo, a perda de qualidade do solo com a diminuição dos teores de carbono orgânico (ou matéria orgânica) é um processo difícil de reverter.

De acordo com Salimon et al. (2007), citados por Araújo et al. (2011), com a introdução da pastagem os estoques de C orgânico no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação, e aumentar nos anos seguintes, até atingir valores próximos ou superiores aos existentes antes da conversão da floresta em pastagem. Em menor proporção, alguns autores têm constatado decréscimo no conteúdo de matéria orgânica do solo com o tempo de conversão floresta-agricultura (DESJARDINS et al., 1994; VELDKAMP, 1994). Este fato se deve a rápida mineralização do C biodegradável proveniente da floresta e de fatores que influenciam a taxa de mineralização do carbono orgânico e conseqüentemente relacionados à atividade biológica do solo, como propriedades do ecossistema (temperatura, presença ou ausência de bases trocáveis e drenagem), mecanismos físicos de proteção de agregados do solo, recalcitrância bioquímica e duração da exposição (Volkoff; Cerri, 1981, Bernoux et al., 1999 e Koutika et al., 1999 e 2000, citados por ARAÚJO et al., 2011).

Nos diferentes ecossistemas as taxas de decomposição e acúmulo da matéria orgânica são determinadas pelas propriedades do solo, particularmente, textura e mineralogia. A dinâmica da matéria orgânica no solo sofre também influência do clima. A taxa de decomposição é maior em solos tropicais, o que não significa,

necessariamente, menor estoque de carbono orgânico, porque a produção de fitomassa é maior do que nas regiões temperadas. Além disso, a interação da MO com os minerais de carga variável em solos subtropicais e tropicais determina grande estabilidade da MO e, deste modo, mesmo em condições muito favoráveis à atividade microbiana, a taxa de decomposição é baixa a média, devido à estabilidade química (DICK et al., 2009).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Locais de coleta das amostras de solo

Foram coletadas amostras de solo de florestas nativas originais, pastagens e culturas em 10 locais, definidos de forma a se ter os três usos do solo em áreas adjacentes.

A floresta nativa foi admitida como a que representa o estoque de carbono do solo original, que não sofreu ou sofreu a menor intervenção possível, em comparação com as áreas produtivas.

Utilizando as imagens de satélite do Google Earth (Disponível em: <http://www.google.com/earth/index.html>) foram selecionados dez locais onde havia, em áreas contíguas, os três tipos de uso do solo, nos municípios de Jaboticabal (3), Ribeirão Preto (2), Sertãozinho (1), Taquaritinga (1), Colina (1), Pindorama (1) e São José do Rio Pardo (1), todos no Estado de São Paulo (Figura 1).

A amostragem de solo foi feita entre os dias 15 de junho e 15 de julho de 2012. As coordenadas geográficas dos locais foram obtidas com GPS da marca Garmin, modelo GPSMAP 78 S, e estão na Tabela 1.

O clima das localidades selecionadas, segundo a classificação de Köppen, é o Tropical (Aw), com pluviosidade anual média variando de 1.363,20 mm em Taquaritinga a 1.588,50 mm em Sertãozinho (Tabela 1). A temperatura média anual varia de 21,5°C em São José do Rio Pardo a 23,2°C em Jaboticabal e Ribeirão Preto (CEPAGRI, 2012) (Tabela 1).

A granulometria do solo, determinada segundo Camargo et al. (2009), está apresentada na Tabela 2, juntamente com a classificação dos solos dos locais amostrados (IBGE, 2001).

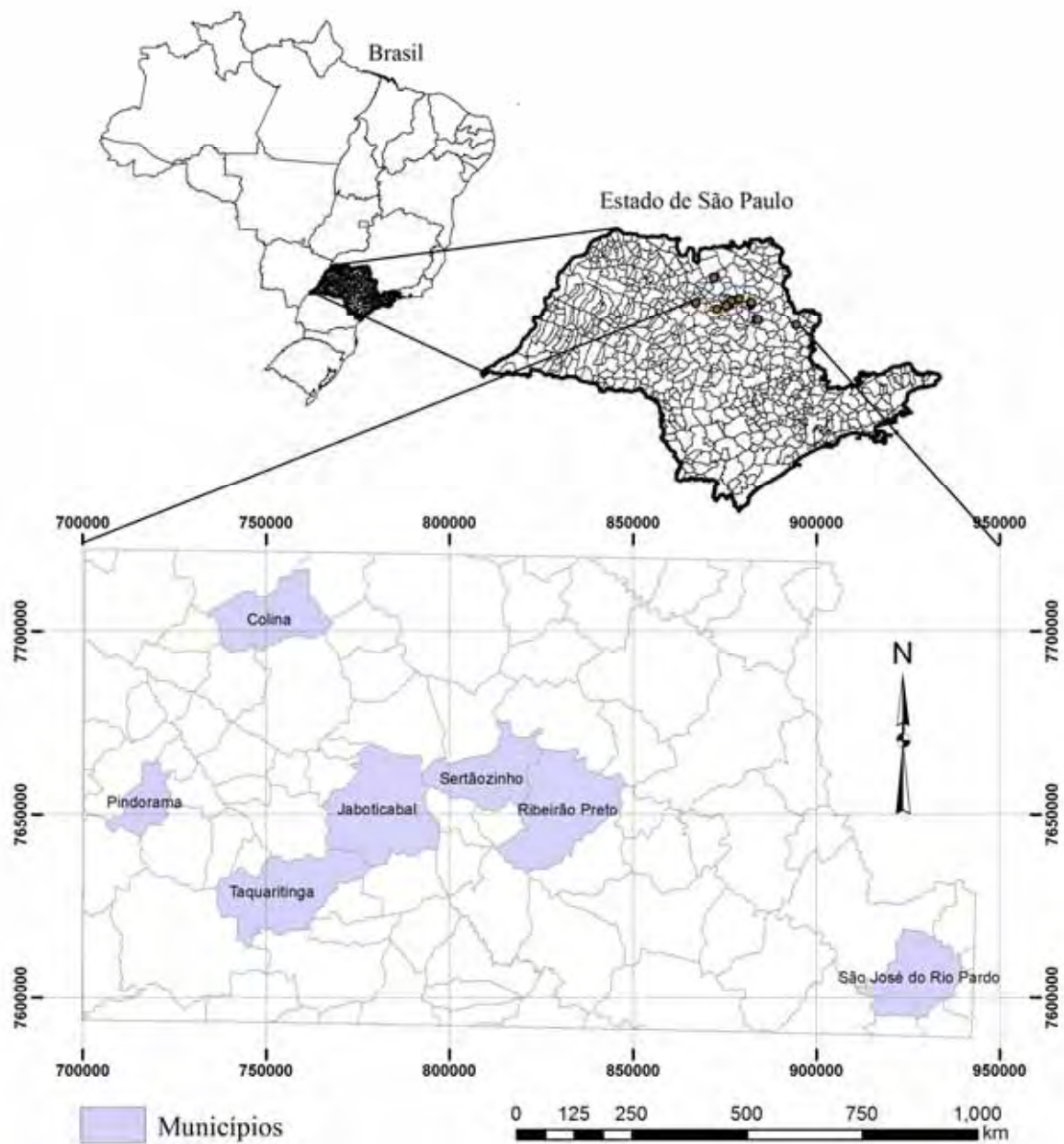


Figura 2. Mapa com os municípios da região Nordeste do Estado de São Paulo onde estão localizadas as áreas de floresta, pastagem e agricultura estudadas.



Tabela 1. Propriedades, coordenadas geográficas, culturas e dados de clima dos locais amostrados.

Local	Uso do solo	Latitude	Longitude	T °C*	Precipitação mm*
1 – Fazenda Glória Taquaritinga	FES <sup>1</sup>	21°21'7.68"S	48°31'12.78"O	22,5 <sup>º</sup>	1363,20
	Cana-de-açúcar	21°20'58.56"S	48°31'10.62"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°21'3.96"S	48°31'12.97"O		
2 – APTA Colina	FES	20°44'11.65"S	48°34'33.14"O	22,8 <sup>º</sup>	1363,30
	Milho	20°43'33.30"S	48°34'26.28"O		
	Capim-tanzânia	20°44'5.86"S	48°34'35.44"O		
3 – Fazenda Invernada Ribeirão Preto	FES	21°14'36.98"S	47°51'2.69"O	23,2 <sup>º</sup>	1422,50
	Cana-de-açúcar	21°14'49.81"S	47°50'59.33"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°15'6.36"S	47°50'40.02"O		
4 – FCAV Jaboticabal	FES	21°14'54.47"S	48°16'10.64"O	23,2 <sup>º</sup>	1405,02
	Milho	21°14'57.36"S	48°16'12.36"O		
	<i>B. decumbens</i>	21°15'3.96"S	48°17'27.24"O		
5 - APTA Pindorama	FES	21°13'25.50"S	48°55'27.96"O	23,3 <sup>º</sup>	1425,70
	Cana-de-açúcar	21°13'42.04"S	48°55'32.05"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°13'41.34"S	48°55'29.00"O		
6 – E. E. Santa Teresa Ribeirão Preto	FES	21°13'32.43"S	47°51'7.92"O	23,2 <sup>º</sup>	1422,50
	Cana-de-açúcar	21°13'45.16"S	47°51'36.56"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°13'10.08"S	47°50'18.42"O		
7 – Fazenda Rio Verde São. José do Rio Pardo	FES	21°39'25.71"S	46°58'17.69"O	21,5 <sup>º</sup>	1430,70
	Cana-de-açúcar	21°39'31.08"S	46°58'20.64"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°39'31.30"S	46°58'22.92"O		
8 - APTA Sertãozinho	FES	21°9'15.27"S	48°5'3.50"O	22,8 <sup>º</sup>	1588,50
	Milho	21°8'49.39"S	48°5'3.88"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°9'17.36"S	48°4'58.76"O		
9 – Fazenda São José Jaboticabal	FES	21°10'38.50"S	48°14'24.02"O	23,2 <sup>º</sup>	1405,02
	Cana-de-açúcar	21°10'43.50"S	48°14'21.78"O		
	<i>B. decumbens</i>	21°11'28.36"S	48°14'25.03"O		
10 – Chácara Stéfani Jaboticabal	FES	21°17'1.38"S	48°19'57.66"O	23,2 <sup>º</sup>	1405,02
	Cana-de-açúcar	21°17'7.13"S	48°19'49.67"O		
	<i>B. brizantha</i>	21°16'48.34"S	48°20'2.78"O		

<sup>1</sup> FES = Floresta tropical estacional semidecídua\* <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>

Tabela 2. Granulometria, classe textural e classificação dos solos.

Local/município	Uso solo	Prof.(cm)	Argila	Silte	Areia	Classe textural	Classificação do Solo*
Fazenda Glória Taquaritinga	Floresta	0-10	12	7	81	areia franca	Argissolo
		10-20	12	7	81	areia franca	
		20-40	13	7	81	areia franca	
		40-60	10	5	85	areia	
	Pastagem	0-10	9	7	84	areia	
		10-20	9	7	84	areia	
		20-40	7	5	88	areia	
		40-60	15	12	73	areia franca	
	Agricultura	0-10	11	3	86	areia	
		10-20	13	3	84	areia franca	
		20-40	15	3	82	areia franca	
		40-60	17	4	79	franco arenoso	
APTA Colina	Floresta	0-10	25	6	69	franco argilo arenoso	Latossolo
		10-20	25	5	70	franco argilo arenoso	
		20-40	30	3	67	franco argilo arenoso	
		40-60	30	4	66	franco argilo arenoso	
	Pastagem	0-10	27	5	68	franco argilo arenoso	
		10-20	25	6	69	franco argilo arenoso	
		20-40	27	7	66	franco argilo arenoso	
		40-60	30	6	64	franco argilo arenoso	
	Agricultura	0-10	27	3	70	franco argilo arenoso	
		10-20	25	6	69	franco argilo arenoso	
		20-40	25	4	71	franco argilo arenoso	
		40-60	27	6	67	franco argilo arenoso	
Faz. Invernada Rib. Preto	Floresta	0-10	57	11	32	argila	Latossolo
		10-20	47	21	32	argila	
		20-40	53	15	32	argila	
		40-60	60	12	28	muito argilosa	
	Pastagem	0-10	57	21	22	argila	
		10-20	60	18	22	muito argilosa	
		20-40	59	19	22	muito argilosa	
		40-60	52	24	24	argila	
	Agricultura	0-10	55	13	32	argila	
		10-20	60	22	18	muito argilosa	
		20-40	65	17	18	muito argilosa	
		40-60	62	21	17	muito argilosa	
FCAV Unesp Jaboticabal	Floresta	0-10	58	19	23	argila	Latossolo
		10-20	60	19	21	muito argilosa	
		20-40	67	13	20	muito argilosa	
		40-60	67	15	18	muito argilosa	
	Pastagem	0-10	60	18	22	muito argilosa	
		10-20	65	14	21	muito argilosa	
		20-40	67	14	19	muito argilosa	
		40-60	67	15	18	muito argilosa	
	Agricultura	0-10	65	13	22	muito argilosa	
		10-20	67	11	22	muito argilosa	
		20-40	72	9	19	muito argilosa	
		40-60	72	10	18	muito argilosa	
APTA Pindorama	Floresta	0-10	13	6	81	areia franca	Argissolo
		10-20	14	5	81	areia franca	
		20-40	12	4	84	areia franca	
		40-60	20	4	76	franco arenoso	
	Pastagem	0-10	16	6	78	franco arenoso	
		10-20	18	5	77	franco arenoso	
		20-40	15	4	81	franco arenoso	
		40-60	16	4	80	franco arenoso	
	Agricultura	0-10	6	3	91	areia	
		10-20	6	3	91	areia	
		20-40	5	3	92	areia	
		40-60	11	3	86	areia franca	
E. E. Sta. Teresa Rib. Preto	Floresta	0-10	63	18	19	muito argilosa	Latossolo
		10-20	69	14	17	muito argilosa	
		20-40	64	19	17	muito argilosa	
		40-60	70	15	15	muito argilosa	
	Pastagem	0-10	52	19	29	argila	
		10-20	58	14	28	argila	
		20-40	60	14	26	muito argilosa	
		40-60	67	19	14	muito argilosa	
	Agricultura	0-10	69	23	8	muito argilosa	
		10-20	72	20	8	muito argilosa	
		20-40	75	18	7	muito argilosa	
		40-60	75	18	7	muito argilosa	

Tabela 2. Continuação.

Local/município	Uso solo	Prof.(cm)	Argila	Silte	Areia	Classe textural	Classificação Solo*
Faz. Rio Verde S. J. Rio Pardo	Floresta	0-10	17	10	73	franco arenoso	Argissolo
		10-20	17	12	71	franco arenoso	
		20-40	17	10	73	franco arenoso	
		40-60	20	7	73	franco arenoso	
	Pastagem	0-10	22	11	67	franco argilo arenoso	
		10-20	30	11	59	franco argilo arenoso	
		20-40	31	10	59	franco argilo arenoso	
		40-60	15	8	77	franco arenoso	
	Agricultura	0-10	27	18	55	franco argilo arenoso	
		10-20	25	11	64	franco argilo arenoso	
		20-40	52	13	35	argila	
		40-60	52	16	32	argila	
APTA Sertãozinho	Floresta	0-10	63	17	20	muito argilosa	Latossolo
		10-20	67	15	18	muito argilosa	
		20-40	67	14	19	muito argilosa	
		40-60	78	16	6	muito argilosa	
	Pastagem	0-10	62	21	17	muito argilosa	
		10-20	67	17	16	muito argilosa	
		20-40	67	17	16	muito argilosa	
		40-60	70	15	15	muito argilosa	
	Agricultura	0-10	62	22	16	muito argilosa	
		10-20	65	14	21	muito argilosa	
		20-40	68	16	16	muito argilosa	
		40-60	70	14	16	muito argilosa	
Faz. São José Jaboticabal	Floresta	0-10	57	20	23	argila	Latossolo
		10-20	62	15	23	muito argilosa	
		20-40	63	14	23	muito argilosa	
		40-60	65	13	22	muito argilosa	
	Pastagem	0-10	57	16	27	argila	
		10-20	57	17	26	argila	
		20-40	55	17	28	argila	
		40-60	60	11	29	muito argilosa	
	Agricultura	0-10	60	11	29	muito argilosa	
		10-20	62	11	27	muito argilosa	
		20-40	67	8	25	muito argilosa	
		40-60	68	8	24	muito argilosa	
Ch. Stéfani Jaboticabal	Floresta	0-10	38	2	60	argila arenosa	Latossolo
		10-20	37	1	62	argila arenosa	
		20-40	39	9	52	argila arenosa	
		40-60	40	2	58	argila arenosa	
	Pastagem	0-10	22	6	72	franco argilo arenoso	
		10-20	25	4	71	franco argilo arenoso	
		20-40	25	6	69	franco argilo arenoso	
		40-60	30	4	66	franco argilo arenoso	
	Agricultura	0-10	37	5	58	argila arenosa	
		10-20	37	4	59	argila arenosa	
		20-40	40	4	56	argila arenosa	
		40-60	40	3	57	argila arenosa	

\* Classificação do solo (IBGE, 2001)

A vegetação nativa original das áreas estudadas é definida como Floresta Tropical Estacional Semidecídua, com características das formações de transição da Mata Atlântica para o Cerrado. Nestas formações, a estiagem de inverno varia de forma aleatória entre junho e agosto, atingindo valores suficientes para condicionar a existência do caráter semidecíduo apresentado pela floresta. Nessas áreas a queda das folhas pode ocorrer assincronicamente, isto é, algumas manchas de florestas perdem as folhas e outras não, em função do ritmo estacional de umidade. Ocorrem nas áreas, dossel decíduo e estrato ou camada inferior perene, e mosaico de

espécies que perdem as folhas e de espécies perenifólias, de acordo com a capacidade de retenção de água do solo.

As áreas de pastagens contíguas às áreas florestadas têm como cobertura principal capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. marandu), exceto as áreas de pastagens da APTA Colina, onde predomina capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. tanzânia) e da FCAV-UNESP Jaboticabal e da Fazenda São José, onde o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) é a cobertura vegetal do solo.

As culturas que completam o uso do solo são a cana-de-açúcar (7 locais) e o milho (3 locais). Os locais com milho foram APTA Colina, FCAV-UNESP Jaboticabal e APTA Sertãozinho. Nas áreas com cana-de-açúcar a colheita é mecanizada e, portanto, não é feita queima da palha. Na ocasião da coleta das amostras de solo as áreas ocupadas com a cultura da cana-de-açúcar a cultura estava em diferentes estágios de desenvolvimento. No caso das áreas onde havia a cultura do milho, a colheita já havia sido feita.

### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (Split-Plot), tendo como tratamentos principais as coberturas vegetais ou usos do solo (floresta nativa, pastagem e culturas) e como tratamentos secundários, quatro profundidades de coleta de amostras de solo (0-10 cm, 10-20, 20-40 e 40-60 cm). Os 10 locais de coleta foram considerados repetições.

### **3.3 Amostragem do solo e preparo das amostras**

Em cada local selecionado foram definidas as subáreas de floresta, pastagem e cultura, respeitando uma faixa de transição de aproximadamente 50 m entre elas, de modo a distanciar-se do limite, para diminuir a influência de uma atividade sobre a outra e representar adequadamente as características do solo de cada uma.

A amostragem do solo foi feita com auxílio de um amostrador de solo motorizado da marca Stihl, em quatro profundidades (0-10 cm, 10-20, 20-40 e 40-60 cm) e três tipos de uso do solo, totalizando 120 amostras compostas. Cada amostra composta foi formada pela coleta e mistura de 30 amostras simples, que foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha.

### 3.4 Determinação da densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico, conforme Camargo et al. (2009). Para tal foi empregado anel volumétrico com borda cortante com capacidade de 78,5 cm<sup>3</sup> para coleta de amostras de solo. Em cada local, por uso do solo e em cada uma das profundidades, foram coletadas duas amostras, totalizando 240 amostras.

### 3.5 Determinação do carbono orgânico total e do carbono orgânico dissolvido

A determinação do C orgânico total do solo foi feita empregando o método volumétrico de Walkley & Black, descrito em Cantarella, Quaggio e Raij (2001).

Na determinação do carbono orgânico dissolvido (COD) foi utilizado o procedimento de extração de Sparling, Vojvodicâ-Vukovicâ e Schipper (1995), com modificações. Para extração do COD foram usados 2 cm<sup>3</sup> de solo, os quais foram transferidos para tubos de centrífuga com capacidade para 50 mL e, em seguida, adicionado 20 mL de água deionizada. Os tubos foram colocados em suportes e mantidos em banho-maria, a cerca de 70°C, por 18 horas. Durante o aquecimento foi feita agitação manual ocasional da suspensão e, ao término da extração, após o resfriamento da suspensão, foi feita adição de 0,1 mL de solução de CaCl<sub>2</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup> e a suspensão foi imediatamente centrifugada a aproximadamente 2.500 rpm. No sobrenadante foi feita quantificação de C empregando o procedimento descrito em Vance, Bookes e Jenkinson (1987), com adaptações, o qual se baseia no mesmo princípio do método de quantificação do C orgânico total (Walkey & Black), ou seja, oxidação de C orgânico com mistura, em excesso, de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, seguida de titulação do excesso de oxidante com solução de Fe(NH<sub>4</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O. Para quantificação do COD, 10 mL de extrato foram transferidos para erlenmeyer de 125 mL, aos quais foram adicionados 1 mL de solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,0835 mol L<sup>-1</sup> e 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado; a mistura foi aquecida sob refluxo, em chapa, a 140°C por 30 minutos; em seguida foram adicionados 20 mL de água desionizada, 1 mL de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrado, 3 gotas de difenilamina e foi feita a titulação com solução de Fe(NH<sub>4</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,025 mol L<sup>-1</sup>.

### 3.6 Cálculo do estoque de carbono do solo

O estoque de carbono do solo foi calculado conforme sugerido por Veldkamp (1994):

$$\text{Est C} = (\text{COT} \times \text{Ds} \times \text{e})/10 \dots\dots\dots \text{Equação (1)}$$

em que:

**Est C** = estoque de C orgânico em determinada profundidade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )

**COT** = teor de C orgânico total na profundidade amostrada ( $\text{g kg}^{-1}$ )

**Ds** = densidade do solo da profundidade ( $\text{kg dm}^{-3}$ )

**e** = espessura da camada considerada (cm)

Como o COT estava inicialmente expresso em  $\text{g dm}^{-3}$  (ver 3.5) e na Equação (1) a concentração do COT é dada em  $\text{g kg}^{-1}$ , para conversão da unidade foi determinada a massa de  $1 \text{ cm}^3$  e, em seguida, os teores de C em volume foram divididos pela massa do respectivo  $1 \text{ cm}^3$ , obtendo-se os teores de C em  $\text{g dm}^{-3}$ .

Os estoques de carbono na camada de 0 a 60 cm foram obtidos por meio da soma dos resultados das quatro camadas.

### 3.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias entre tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram também calculadas as seguintes correlações: teor de argila do solo x C orgânico total, teor de argila x COD, e C orgânico total x COD.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono orgânico total (COT) em função do uso do solo e da profundidade estão apresentados na Figura 3. Como esperado, houve tendência de maior concentração do COT na camada de 0 a 10 cm, com variação nas áreas de floresta entre 50 g dm<sup>-3</sup> na FCAV-UNESP e 16 g dm<sup>-3</sup> na APTA Pindorama; em pastagem, entre 48 g dm<sup>-3</sup> na EE Santa Teresa e 12 g dm<sup>-3</sup> na APTA Pindorama; e em culturas, entre 25 g dm<sup>-3</sup> na EE Santa Teresa e 5 g dm<sup>-3</sup> na Fazenda Glória.

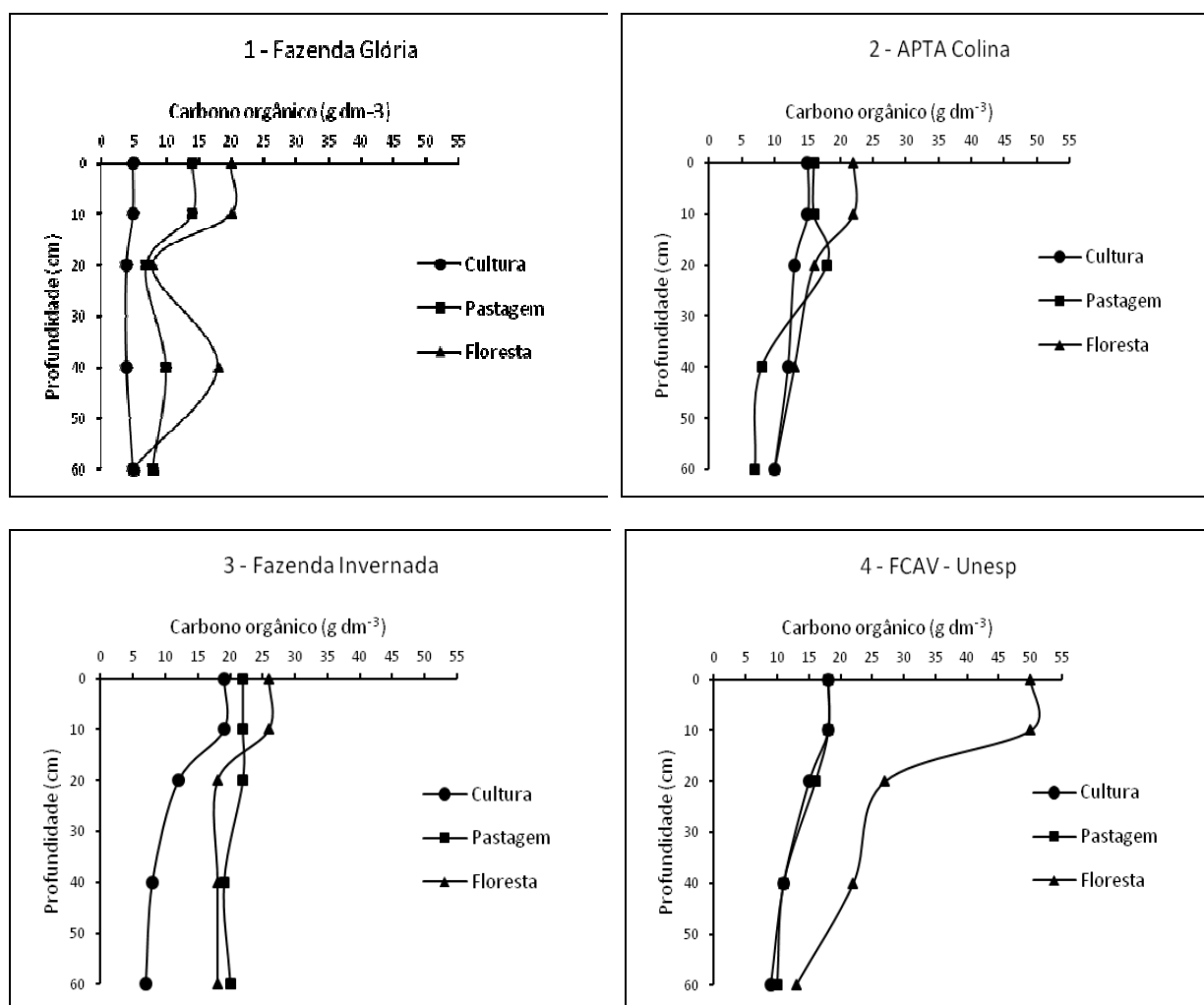


Figura 3. Distribuição do carbono orgânico total em função do uso do solo e da profundidade, para cada local amostrado.

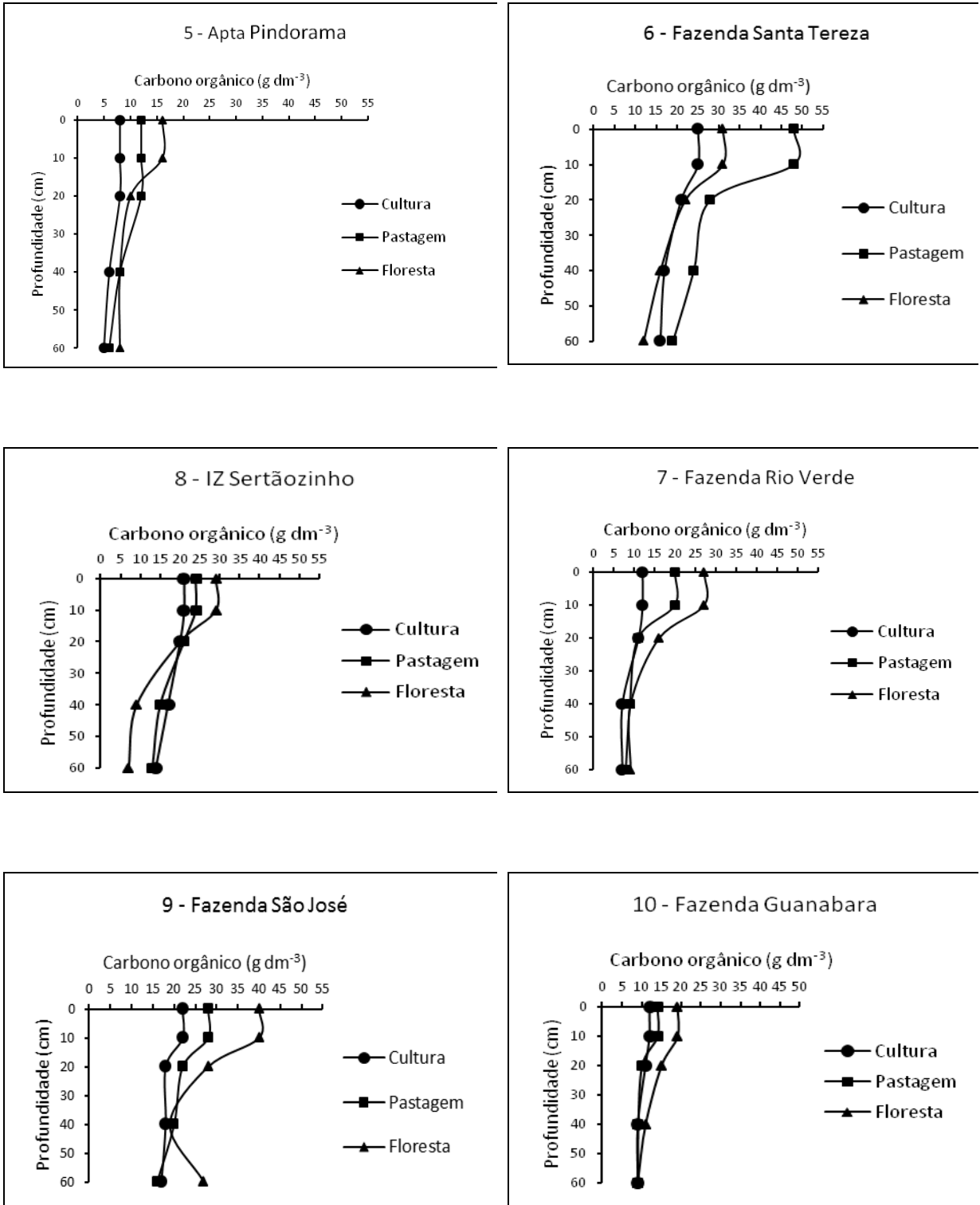


Figura 3. Distribuição do carbono orgânico total em função do uso do solo e da profundidade, para cada local amostrado. Continuação...



Considerando todos os locais, uso do solo e profundidades, as médias dos teores de COT obtidas para floresta, pastagem e agricultura foram  $18,02 \text{ g dm}^{-3}$ ,  $15,80 \text{ g dm}^{-3}$  e  $12,45 \text{ g dm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação pelo teste de Tukey entre as médias de carbono orgânico total (COT) dos três tipos de uso do solo.

Uso do solo	COT
	--- $\text{g dm}^{-3}$ ---
Floresta	18,03a
Pastagem	15,80ab
Agricultura	12,45b
DMS (5%) = 4,03	

Entre floresta e pastagem não houve diferença nos valores médios (Tabela 3) e na literatura há relatos, inclusive, de aumento do teor de COT com a retirada da floresta e o cultivo de pastagens (ARAÚJO et al., 2011; DESJARDINS et al., 2004; SCHEDLBAUER e KAVANAGH, 2008;). Em Rondônia, Moraes et al. (1996), em áreas desmatadas em que foi estabelecida pastagem, verificaram que após 20 anos, o teor do COT no pasto foi 17 a 20% maior que nos solos de sítios florestais originais.

Comparando os teores médios de COT em solos sob floresta com os de agricultura houve diminuição de 30,91% do primeiro para o segundo (Tabela 3). Jong e Kachanoski (1988), citados por Gregorich et al. (1994), consideram que a redistribuição devido ao preparo do solo nas áreas cultivadas pode ter grande impacto negativo na quantidade total de carbono orgânico do solo. Com o preparo do solo há aumento da aeração que, aliada às mudanças na entrada de carbono nas camadas superficiais, pode determinar diminuição de 30 a 35% nos teores do COT em relação a solos sob florestas (Ellert e Gregorich, 1996, citados por KAHRU et al., 2011), valores que estão próximos aos obtidos no presente estudo. Estes resultados podem ser explicados com base em Anderson-Teixeira et al. (2009) que citaram que colheitas mais intensivas levam à redução de entradas ou ao aumento das perdas de carbono.

Nas áreas de agricultura a cultura predominante foi a cana-de-açúcar (Tabela 1). Galdos, Cerri e Cerri (2009), após vários anos de cultivo de cana-de-açúcar, estimaram diminuição no COT da camada superficial de 36% em relação à área de floresta nativa, portanto, com redução ainda maior do que a obtida neste experimento.

O efeito do uso do solo e da profundidade no teor de carbono orgânico é apresentado na Tabela 4. Na camada de 0 a 10 cm o teor de COT seguiu a seguinte ordem quanto ao uso do solo: floresta > pastagem > agricultura. Estes resultados estão de acordo com o esperado porque em florestas há maior acúmulo de resíduos da parte aérea de plantas na superfície do solo, maior contribuição de resíduos de raízes que se reciclam em curto prazo na camada mais superficial, e não há revolvimento nesta camada (FEARNSIDE; BARBOSA, 1998; GALDOS; CERRI; CERRI, 2009; KARHU et al., 2011). A situação observada para solo sob pastagem reflete uma condição intermediária na deposição de resíduos na superfície. Nos solos agrícolas, a entrada de carbono e o revolvimento do solo, como já comentado para as médias gerais, justificam os teores menores, como observado por D'Andrea et al. (2004).

Tabela 4 Teores médios de C orgânico total ( $\text{g dm}^{-3}$ ) do solo em função do uso e das profundidades (cm).

Uso do solo	Profundidade			
	0-10	10-20	20-40	40-60
Floresta	28,00 aA <sup>1</sup>	18,00 aB	14,30 aBC	11,80 aC
Pastagem	21,60 bA	16,70 aB	13,30 aBC	11,60 aC
Agricultura	15,70 cA	13,30 aAB	10,90 aB	9,90 aB
Teste F				
Uso do Solo (US)				6,31**
Profundidade (P)				52,43**
US x P				4,34**
CV parcelas %				45,79
CV subparcelas %				22,99

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas camadas de solo abaixo de 10 cm (Tabela 4) não houve diferença entre os usos do solo, o que também foi observado por Karhu et al. (2011). Apesar dos relatos de outros autores que reforçam a tendência observada, este resultado não era esperado, particularmente porque em áreas de pastagens admite-se que a contribuição das raízes para o acúmulo de carbono em profundidade seja maior do que nas florestas e nas áreas com ocupação agrícola (Cerri et al., 1996, citados por COSTA et al., 2009). Pode-se admitir, inclusive, efeito semelhante nas áreas de pastagens e de cultivo de cana-de-açúcar, mas nas áreas de florestas eram esperados teores menores em profundidade abaixo de 10 ou 20 cm com base no relatado por Neumann-Cosel et al. (2011).

Nas áreas de floresta houve diminuição do COT com o aumento da profundidade até 20-40 cm (Tabela 4). Da camada de 0-10 para a camada de 10-20, a diminuição foi de  $10,00 \text{ g dm}^{-3}$  (35,7%) e, de 10-20 cm para 20-40 cm, de  $3,70 \text{ g dm}^{-3}$  (20,55%). O mesmo comportamento foi observado nas áreas de pastagem, com diminuição até 20-40 cm, mas a variação entre 0-10 e 10-20 foi de  $4,90 \text{ g dm}^{-3}$  (22,68%) e, entre 10-20 e 20-40 cm, de  $3,40 \text{ g dm}^{-3}$  (20,35%). Nas áreas de agricultura a diferença entre profundidades ocorreu da camada de 0-10 cm para as camadas abaixo de 20 cm. Galdos, Cerri e Cerri (2009) relataram maior concentração de carbono na camada superficial (0-10 cm), tanto em áreas com cana-de-açúcar quanto em áreas de floresta nativa e Neumann-Cosel et al. (2011) relataram maior concentração de COT nos 10 cm superiores do solo do que em camadas mais profundas, independentemente da vegetação. Nas áreas de agricultura, a maior ou menor variação dos teores de COT entre as camadas 0-10 e 10-20 cm é dependente do manejo do solo, sobretudo se há ou não revolvimento e redistribuição do C acumulado em superfície nos primeiros 20 cm, conforme apresentado por Cookson, Murphy e Roper (2008). No presente caso não foi obtida diferença entre as duas camadas superiores (Tabela 4), resultado que pode indicar que, no manejo, pelo menos em parte das áreas, o revolvimento do solo ainda está sendo utilizado nas áreas cultivadas.

Na Tabela 5 é apresentado o carbono orgânico dissolvido (COD). Considerando todos os locais e profundidades, as médias gerais dos teores de COD obtidas na floresta, pastagem e agricultura foram  $236,42 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $151,41 \text{ mg dm}^{-3}$  e

86,76 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Entre floresta e pastagem houve diferença nos valores médios da ordem de 36%, e entre pastagem e agricultura houve diferença da ordem de 43%. Resultados semelhantes foram obtidos por Marques et al. (2012) que, comparando COD no solo sob diferentes tipos de manejo de solos na Amazônia Central, obtiveram a seguinte ordem: sucessão secundária > floresta primária > pastagem.

Na camada de 0 a 10 cm o teor de COD (Tabela 5) seguiu, conforme verificado na mesma camada para COT (Tabela 4), a seguinte ordem quanto ao uso do solo: floresta > pastagem > agricultura, e houve diferença entre os três tipos de uso do solo. Na floresta, o teor médio de COD na camada de 0 a 10 cm foi de 389,50 mg dm<sup>-3</sup>, que representa 1,39% do COT determinado nesta camada. Na pastagem, o teor médio nesta camada foi de 236,24 mg dm<sup>-3</sup> que representa 1,09% do COT desta mesma camada. Por último, o solo sob agricultura apresentou teor médio de COD de 150,47 mg dm<sup>-3</sup> que representa 0,96% do COT obtido nesta camada. Ciotta et al. (2002) relataram resultados semelhantes ao compararem as camadas superficiais de solo em plantio direto e em plantio convencional, com o de plantio direto apresentando maior teor, de 116 mg dm<sup>-3</sup>, e o solo sob plantio convencional apresentando 60 mg dm<sup>-3</sup>.

Tabela 5. Teores médios de carbono orgânico dissolvido (mg dm<sup>-3</sup>) do solo em função do uso e das profundidades (cm).

Uso do solo	Profundidade			
	0-10	10-20	20-40	40-60
Floresta	389,49 aA <sup>1</sup>	272,83 aB	159,02 aC	124,32 aC
Pastagem	236,24 bA	168,27 bB	118,51 abBC	82,62 aC
Agricultura	150,47 cA	80,55 cB	64,03 bB	51,98 aB
Teste F				
Uso do Solo (US)				19,40**
Profundidade (P)				75,68**
US x P				7,19**
CV parcelas %				68,12
CV subparcelas %				30,38

<sup>1</sup> Médias seguidas de pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na camada de 10 a 20 cm (Tabela 5) o COD apresentou diferença entre os três tipos de uso do solo e seguiu a mesma ordem obtida na camada anterior: floresta > pastagem > agricultura. Este resultado difere do encontrado nesta camada para COT (Tabela 4), em que não houve diferença entre os tipos de uso do solo. O teor médio de COD apresentado pela floresta na camada de 10 a 20 cm foi de 272,83 mg dm<sup>-3</sup>, o que representa 1,67% do COT para a mesma camada e uso do solo. Na pastagem, o COD foi de 168,27 mg dm<sup>-3</sup>, que representa 1,00% do teor do COT e, na agricultura, o COD foi de 80,55 mg dm<sup>-3</sup>, que representa 0,61% do COT. Resultados semelhantes foram obtidos por Marques et al. (2012) que relataram a seguinte ordem para variações nos teores médios de COD na Amazônia Central: sistema agroflorestal (4,0 a 24,8 mg L<sup>-1</sup>) > sucessão secundária (3,0 a 23,0 mg L<sup>-1</sup>) > pastagem (1,5 a 14,6 mg L<sup>-1</sup>).

Na camada de 20 a 40 cm o COD (Tabela 5) do solo sob floresta diferiu do da agricultura, mas não diferiu do da pastagem, que, por sua vez, não diferiu do da agricultura. O teor médio de COD no solo sob floresta foi de 159,02 mg dm<sup>-3</sup>, que representa 1,11% do COT nesta mesma camada (Tabela 4). A pastagem apresentou 118,51 mg dm<sup>-3</sup> de COD, que representa 0,89% do COT obtido. A agricultura apresentou 64,03 mg dm<sup>-3</sup> de COD, que representa 0,59% do COT. Na camada de 40 a 60 cm o COD (Tabela 5) do solo não apresentou diferença entre os tipos de uso do solo, o que também foi obtido com relação ao COT (Tabela 4). O teor médio apresentado no solo sob floresta foi de 124,32 mg dm<sup>-3</sup>, que representa 1,05% do COT nesta mesma camada. No solo sob pastagem foram obtidos 82,62 mg dm<sup>-3</sup> de COD, que representa 0,71% do COT. O solo sob agricultura apresentou 51,98 mg dm<sup>-3</sup> de COD, que representa 0,53% do COT desta mesma camada e tipo de uso do solo. Ciotta et al. (2002) relataram comportamento semelhante comparando solos sob plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) em que os maiores teores foram verificados em camadas superficiais do sistema de plantio direto, sem o revolvimento do solo, sendo 116 mg dm<sup>-3</sup> na camada 0-2 cm até 82 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 8-10 cm para solo sob PD, em comparação ao solo em PC, o qual apresentou teor médio de 60 mg dm<sup>-3</sup>, praticamente uniforme em relação à profundidade.

Na Figura 4 é apresentada a correlação entre os teores de COT e COD quando considerados todos os locais, usos do solo e profundidades. Foi obtida correlação positiva,  $r = 0,649^{**}$ . Resultado semelhante foi relatado por Ciotta et al. (2002) ( $r = 0,68^{**}$ ) com os maiores teores em solos sob plantio direto.

Houve correlação entre teores de COT e de argila do solo,  $r = 0,456^{**}$  (Figura 5). Lepsch (1980), citado por Lepsch, Silva e Spironelo (1982), obteve correlação entre os teores de carbono e os de argila do horizonte superficial de solos do Estado de São Paulo ( $r = 0,81^{**}$ ). Grohmann (1977), citado por Lepsch, Silva e Espironelo (1982), verificou, para solos de São Paulo, correlação positiva entre superfície específica e quantidades de argila, sendo esperado que os teores de matéria orgânica estejam relacionados com a textura do solo. Por outro lado, o carbono orgânico dissolvido não apresentou correlação com o teor de argila (Figura 6), resultado diferente do obtido por Marques et al. (2012), que verificaram correlação negativa entre as duas variáveis.

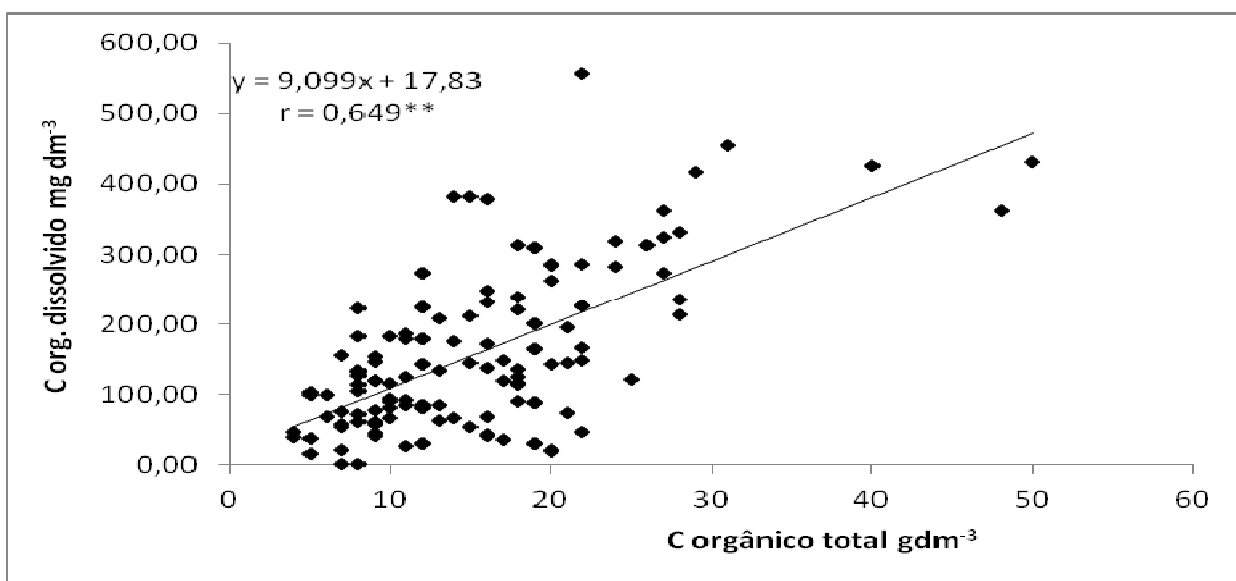


Figura 4. Correlação entre C orgânico total e C orgânico dissolvido no solo.

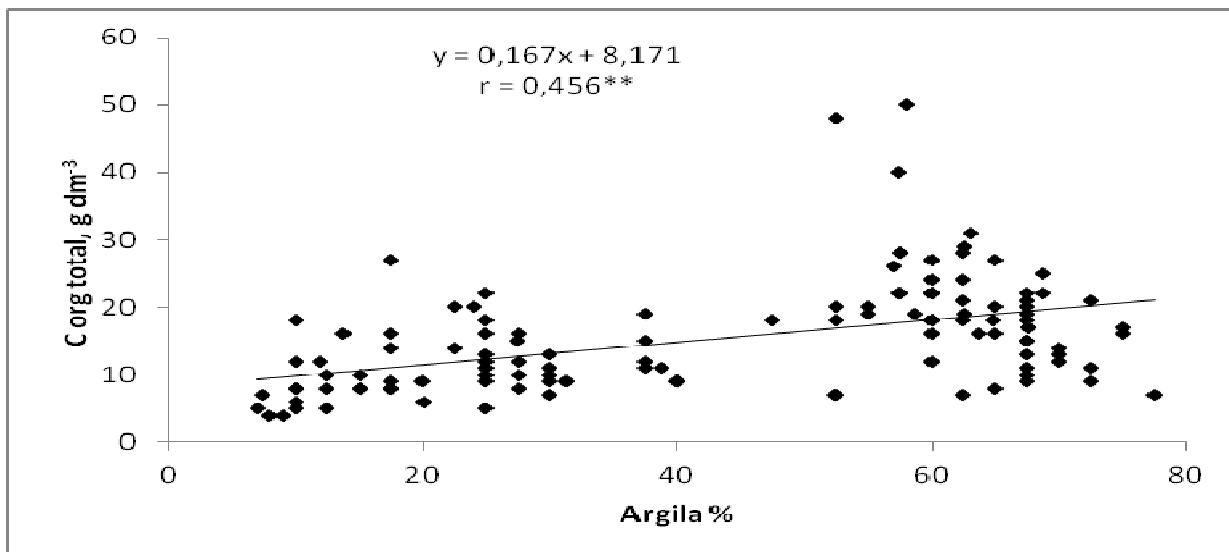


Figura 5 - Correlação entre carbono orgânico total e teor de argila do solo.

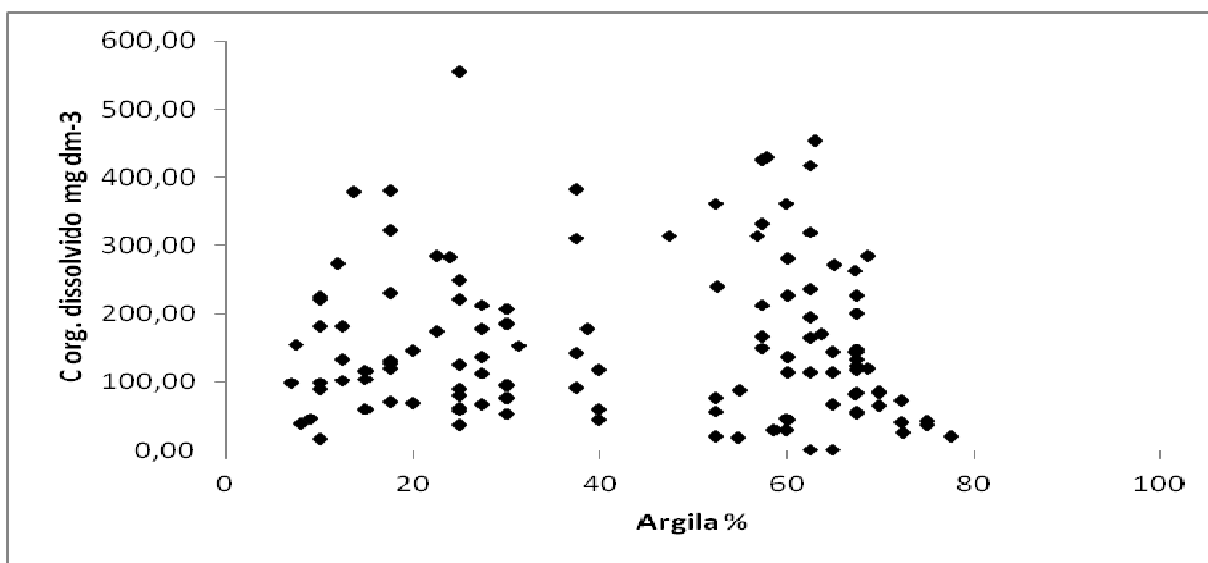


Figura 6. Correlação entre C orgânico dissolvido e teor de argila do solo.

Na Tabela 6 são apresentados resultados referentes a estoque de COT na camada de 0 a 60 cm, não tendo havido diferença entre usos de solos.

Tabela 6. Estoques de carbono orgânico por camadas em função do uso do solo.

Uso do solo	Profundidades (cm)					
	0-10	10-20	20-40	40-60	0-20	0-60
	Mg ha <sup>-1</sup>					
Pastagem	27,51 A <sup>1</sup>	21,11 A	33,90 A	28,25 A	48,62 A	110,78 A
Floresta	27,12 A	18,78 A	29,70 A	23,93 A	46,01 AB	99,64 A
Agricultura	19,75 A	17,61 A	28,92 A	26,31 A	37,37 B	92,60 A
DMS(5%)	7,89	4,28	12,16	8,94	11,10	28,17

<sup>1</sup> Médias seguidas de pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na profundidade de 0 a 10 cm (Tabela 6) não houve diferença no estoque médio de carbono entre os tipos de uso do solo, embora a variação entre solos sob pastagem e sob a agricultura tenha sido de 7,76 Mg ha<sup>-1</sup> ou de 28,21%. Resultado semelhante foi relatado por Neumann-Cosel et al. (2011), que não obtiveram diferença significativa entre solo sob pastagem, sucessão secundária e floresta secundária.

Na profundidade de 10 a 20 cm (Tabela 6) não houve diferença no estoque médio de carbono entre os tipos de uso do solo. A variação entre solos sob pastagem e sob a agricultura foi de 2,33 Mg ha<sup>-1</sup> ou 11,04%. Também não foi encontrada diferença entre estoque médio de carbono na profundidade de 20 a 40 cm em função do manejo do solo. A variação entre solo sob pastagem e sob agricultura foi de 4,98 Mg ha<sup>-1</sup>, ou 14,69%. Entre o estoque de carbono orgânico nos diferentes usos na camada de 40 a 60 cm novamente não houve diferença. A variação foi de 4,32 Mg ha<sup>-1</sup>, ou 15,29% entre solos sob pastagens e solos sob florestas. No entanto, o resultado difere do obtido por Araújo et al. (2011) que verificaram na conversão de áreas de florestas em pastagens, na profundidade de 0 a 40 cm, incremento nos estoques de C do solo com o tempo de utilização das pastagens.

Quando foi considerado o estoque de todas as profundidades somadas (0 a 60 cm) (Tabela 6) não foi obtida diferença significativa. Entre solos sob pastagens e sob agricultura, respectivamente maior e menor estoque, a variação foi de 18,18 Mg ha<sup>-1</sup> (16,41%). Resultado semelhante foi encontrado por D'Andréa et al. (2004) quando compararam estoques de C orgânico em solos submetidos a diferentes tipos



de manejo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 80 e 80 a 100 cm. Por outro lado, Galdos, Cerri e Cerri (2009) observaram diminuição nos estoques de C na comparação entre áreas de floresta, cana-de-açúcar com colheita mecanizada e cana-de-açúcar com colheita manual e queima da palha, nas profundidades de 0 a 10, 0 a 20, 0 a 50 e 0 a 100 cm.

Na camada de 0 a 20 cm (Tabela 6) houve diferença entre estoques de C em solos sob pastagem e sob agricultura, tendo no solo sob pastagem o maior estoque e na agricultura o menor. Solos sob floresta apresentaram estoque intermediário, sem diferença estatística com os demais usos do solo. Esses resultados diferem dos obtidos por Desjardins et al. (2004), que estudando o efeito da conversão de florestas em pastagens sobre o estoque de carbono do solo na Amazônia brasileira, na profundidade de 0 a 20 cm, não encontraram diferença, embora tenham observado que o conteúdo de carbono na camada superficial tende a ser maior e aumente ligeiramente após a conversão para pastagem. Também difere dos resultados obtidos por Leite et al. (2003), que relataram maiores estoques de C em solos de floresta atlântica do que em áreas de milho cultivado com adubação orgânica e milho cultivado com adubação mineral, na profundidade de 0 a 20 cm.

## 5. CONCLUSÕES

- 1) Os teores e os estoques de carbono orgânico do solo diminuíram com a profundidade, até 60 cm, independentemente do uso: floresta, pastagem ou agricultura.
- 2) O decréscimo do COT até 60 cm de profundidade foi menos acentuado em solos sob pastagem.
- 3) Nas áreas de floresta ocorreram os maiores teores de C orgânico total, nos primeiros 10 cm de profundidade, e os maiores estoques, nos primeiros 20 cm.
- 4) A camada que apresentou os maiores teores de carbono orgânico dissolvido foi a de 0 a 10 cm. Os teores de COT e COD apresentaram correlação positiva entre si, e diminuíam à medida que a profundidade aumentou.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDERSON-TEIXEIRA, K.J.; DAVIS, S.C.; MASTERS, M.D.; DELUCIA, E.H., Changes in soil organic carbon under biofuel crops. **GCB Bioenergy**, v.1, p.75-96, 2009.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica de carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, v.4, p.103-114, 2011.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R. Inventário de carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.5, p.59-68, 2003.

BALBINOT, R.; VALÉRIO, A.F.; SANQUETTA, C.R.; CALDEIRA, M.V.W.; SILVESTRE, R. Estoque de carbono em plantações de *Pinus* spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **Floresta**, v. 38, p. 317-324, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter**: key to drought-resistant soil and sustained food production. Rome: FAO, 2005. 95 p. (FAO Soils Bulletin, 80). Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb80e.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2012.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77p. (Boletim técnico, 106)

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.173-180.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 05 outubro 2012.

CERRI, C.C.; CARVALHO, J.L.N.; NASCIMENTO, A.M.; MIRANDA, S.H.G. Desafios do Programa ABC no âmbito da ciência do solo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.14-19, 2012.

CHANTIGNY, M.H. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. **Geoderma** 113(3-4):357-380 (2003).

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1055-1064, 2002.

COOKSON, W., MURPHY, D.V. e ROPER, M. (2008). Characterizing the relationship between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient. **Soil Biology & Biochemistry**, 40(3), 763-777.

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

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

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

DESJARDINS, T., ANDREUX, F., VOLKOFF, B., CERRI, C. Organic carbon and  $^{13}\text{C}$  contents in soils and soils size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma** v.61, p.103-118, 1994.

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

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, R.F. (Eds.) **Química e mineralogia do solo**. Parte II – Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p.1-67.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

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

GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v.153, p.347-352, 2009.

GIMENES, K.Z.; CUNHA-SANTINO, M.B.; BIANCHINI Jr., I. Decomposição de matéria orgânica alóctone em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, v.14, p.1036-1073, 2010.

GOOGLE EARTH 6. Disponível em : <http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>  
Acesso em: 31 de maio de 2012.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.74, p.367-385, 1994.

IBGE - EMBRAPA - **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.

KARHU, K.; WALL, A.; VANHALA, P.; LISKI, J.; ESALA, M.; REGINA, K. Effects of afforestation and deforestation on boreal soil carbon stocks - Comparison of measured C stocks with Yasso07 model results. **Geoderma**, v.164, p.33-45, 2011.

KIEHL, E.J. **Adubação orgânica: 500 perguntas e respostas**. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 2008. 227p.

LA SCALA JR., N.; LOPES, A.; SPOKAS, K.; BOLONHEZI, D.; ARCHER, D. W.; REICOSKY, D. C. Short-term temporal changes of soil carbon losses after tillage described by a first-order decay model. **Soil Tillage and Research**, v.99, p.108-118, 2008.

LEPSCH, I. F.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 41, p.231-236, 1982.

MACHADO, P.L.O.A. Carbono do solo e mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v.28, p.329-334, 2005.

MADARI, B.E.; CUNHA, T.J.F.; NOVOTNY, E.H.; MILORI, D M.B.P.; NETO, L.M.; BENITES, V.M.; COELHO, M.R.; SANTOS, G.A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra preta de índio): Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. (Eds.). **As terras pretas de índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p.172-188.

MARQUES, J.D.O.; LUIZÃO, F.L.; TEIXEIRA, W.G.; FERREIRA, S.J.F. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.611-622, 2012.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J. B. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a Importância na química da atmosfera. **Química Nova Interativa**, n.5, p.28-41, 2003. Disponível em: <[http://www.qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica\\_da\\_atmosfera.pdf](http://www.qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf)>. Acesso em: 29 outubro 2012.

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**, v.70, p.63-81, 1996.

MURPHY, D.V.; MACDONALD, A.J.; STOCKDALE, E.A.; GOULDING, K.W.T.; FORTUNE, S.; GAUNT, J.L.; POULTON, P.R.; WAKEFIELD, J. A.; WEBSTER, C.P.; WILMER, W.S. Soluble organic nitrogen in agricultural soils. **Biol Fertil Soils** (2000) 30:374–387

NEUMANN-COSEL, L.; ZIMMERMANN, B.; HALL, J.S.; BREUGEL, M. van; ELSENBEEER, H. Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures – A case study from Panama. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1625-1633, 2011.

OSTLE, N.J.; LEVY, P.E.; EVANS, C.D.; SMITH, P. UK land use and soil carbon sequestration. **Land Use Policy**, v.26S, p.S274-S283, 2009.

PAIVA, A.O.; FARIA, G.E. Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, p. 59-65, 2007.

RONQUIM, C.C. **Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; Ribeirão Preto: ABAGRP, 2007.

SCHEDLBAUER, J.L.; KAVANAGH, K.L. Soil carbon dynamics in a chronosequence of secondary forests in northeastern Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1326-1335, 2008.

SPARLING, G.; VOJVODICÂ–VUKOVICÂ, M.; SCHIPPER, L.A. Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.1469-1472, 1998.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**. Genesis, composition reaction. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496p.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p.703-707, 1987.

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

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.