



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**CARLOS ALBERTO JUNIOR
KLEBSON DIAS FERREIRA**

**ESTOQUE DE CARBONO EM LATOSSOLO AMARELO SOB UMA
CRONOSSEQUÊNCIA DE CULTIVOS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS- PA**

Paragominas

2013



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE AGRONOMIA**

CARLOS ALBERTO JUNIOR

KLEBSON DIAS FERREIRA

**ESTOQUE DE CARBONO EM LATOSSOLO AMARELO SOB UMA
CRONOSSEQUÊNCIA DE CULTIVOS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS- PA**

Trabalho de TCC (Trabalho de Conclusão de Curso)
apresentado ao curso de Agronomia da Universidade
Federal Rural da Amazônia, como um dos pré-requisito
para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Luís de Sousa Freitas- UFRA

Co- Orientador: Dr. Edilson Carvalho Brasil-Embrapa-CPATU

Paragominas
2013

Farias Junior, Carlos Alberto

Estoque de carbono em Latossolo Amarelo sob uma cronosequência de cultivos em sistema plantio direto no município de Paragominas- Pará/ Carlos Alberto Farias Junior; Klebson Dias Ferreira. – Belém, 2013.

42 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2013.

1. Carbono 2. Latossolo Amarelo distrófico 3. Plantio direto
4. Plantio convencional I. Título II. Ferreira, Klebson Dias

CDD – 631.4



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**CARLOS ALBERTO JUNIOR
KLEBSON DIAS FERREIRA**

**ESTOQUE DE CARBONO EM LATOSSOLO AMARELO SOB UMA
CRONOSSEQUÊNCIA DE CULTIVOS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS- PA**

Trabalho de TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como um dos pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia

Aprovado em 12 de Abril de 2013

BANCA EXAMINADORA:

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Luis de Souza Freitas
(Orientador)
(Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA)

Engenheiro Agrônomo, pesquisador, Dr. Edilson Carvalho Brasil
(Co- Orientador)
(Embrapa Amazônia Oriental-CPATU)

Bióloga, Professora MSc. Eliane Barbosa Evanovich dos Santos
(Universidade Aberta do Brasil- MEC-UAB)

Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Augusto José Silva Pedroso
(suplente).
(Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA)

DEDICATÓRIAS

Dedicamos esta monografia a Deus sobre todas as coisas, a nossa família, em especial as nossas mãe, filhas, esposas e aos nossos professores, por nos ajudarem tanto nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pois sem ele nós não teríamos traçado o nosso caminho e feito as nossas escolhas pela Engenharia Agrônômica.

Aos nossos pais, que sempre estiverem do nosso lado diante de todas as dificuldades encontradas ao longo do caminho, eles foram à peça fundamental para a concretização nosso trabalho. A vocês expresseo o nosso maior agradecimento.

Agradecemos principalmente a nossa família e amigos por terem nós apoiado e ficarem ao nosso lado nas horas que mais precisávamos.

A todos os professores e em especial ao nosso orientador Dr. Luis de Souza Freitas, por exigir de nós mais do que nós supunhavamos ser capazes de fazer.

Agradecemos por transmitir seus conhecimentos e por fazer da nossa monografia uma experiência positiva e por ter confiado em nós, sempre estando ali nós orientando e dedicando parte do seu tempo a nós.

Não poderíamos deixar de agradecer também a Prof^ª. Eliane Barbosa Evanovich dos Santos, que dividiu conosco seu precioso tempo. Muito Obrigado por tudo, pela paciência, pela amizade e pelos ensinamentos que levarei para sempre.

Agradecemos ao pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental Dr. Edilson Carvalho Brasil, pelo apoio e colaboração na co-orientação em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Valeu a pena toda distância, todo sofrimento, todas as renúncias... Valeu a pena esperar...

Hoje estamos colhendo, juntos, os frutos do nosso empenho!

EPIGRAFE

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

RESUMO

De acordo com o relatório sobre Mudanças Climáticas do Painel Intergovernamental de 2007, a agricultura contribui em significativamente na emissão de gases do efeito estufa. Sendo, as práticas agrícolas conservacionistas como o sistema integrado lavoura-pecuária e floresta e o plantio direto (PD), cada vez mais utilizados em vários países para mitigar a emissão destes gases. O plantio direto, por não precisar do uso contínuo de maquinarias, favorece o processo de agregação do solo, além de aumentar a captação de carbono. No presente trabalho, determinamos o estoque de carbono total e orgânico em diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) e ao longo do tempo (PD com 7 anos, PD com 4 anos, PD com 3 anos, e plantio convencional de 6 anos) em Latossolo Amarelo distrófico, localizado na fazenda Juparanã, município de Paragominas no nordeste do Pará. Como resultados, observamos que a quantidade de carbono orgânico em todos os sistemas de manejo de PD foram maiores do que aqueles encontrados no plantio convencional de 6 anos, mesmo naqueles sistemas implementados a menos tempo do que este. Sendo que o maior estoque ocorreu após 7 anos. O estoque de carbono total também seguiu a mesma tendência, sendo maior no plantio direto após 7 anos, e menor no plantio convencional. Desta forma, o sistema de plantio direto, além de ser uma prática que aumenta o estoque de carbono no solo, é um dos sistemas mais indicado a ser implementado em longa escala no país, devido a sua adaptação ao clima e tipo de solo local.

Palavras-Chave: Estoque de carbono, Latossolo Amarelo distrófico, plantio direto e plantio convencional.

ABSTRACT

According to the report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2007, agriculture contributes significantly to emissions of greenhouse gases. Being, agricultural conservation practices such as integrated crop-livestock and forest and no-tillage system (NT), increasingly used in several countries to mitigate the emission of greenhouse gases. The no-tillage system not need the continuous use of machineries, favors the process of soil aggregation, and increase carbon sequestration. In this paper, we determine the stock of total carbon and organic at different depths (0-10, 10-20 and 20-40 cm) and over time (no-tillage system with 7 years, 4 years, 3 years and conventional tillage to 6 years) in dystrophic yellow oxisol, located on the farm Juparanã, Paragominas in northeastern Pará. As a result, we observed that the organic carbon total in all NT systems were higher than those found in conventional tillage for six years, even in those systems implemented in less time than this. Since the greatest stock occurred in NT after 7 years. The total carbon stocks also followed the same trend, being higher in NT after 7 years and less in conventional tillage. Thus, the no-tillage system, and is a practice that increases the stock of carbon in the soil, and one of the most suitable to be implemented in large scale in the country, due to their adaptability to climate and soil type.

Keywords: Carbon stock, yellow dystrophic Oxisol, no-tillage and conventional tillage.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1- | Mapa mundial apresentando o estoque de carbono total nas diferentes áreas de floresta tropicais..... | 21 |
| Figura 2- | Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará..... | 22 |
| Figura 3- | Tratamento T1 (a) (Plantio direto com 7 anos) e T2 (b) (Plantio direto com 4 anos de implantação), no município de Paragominas-PA..... | 25 |
| Figura 4- | Tratamento T3 (a) (Plantio direto com 3 anos de implantação) e T4 (b) (Plantio convencional, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA..... | 25 |
| Figura 5- | Carbono orgânico em sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade..... | 29 |
| Figura 6- | Carbono orgânico em diferentes profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade..... | 30 |
| Figura 7- | Percentual do estoque de carbono total do solo em sistemas de uso da terra: PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade..... | 34 |
| Figura 8- | Estoque de carbono total em sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade..... | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1- | Médias mensais climatológicas de Paragominas -PA (período de 1990-2004)..... | 23 |
| Tabela 2- | Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos no experimento na fazenda Juparanã Paragominas 2012..... | 24 |
| Tabela 3- | Estoque de carbono em diferentes profundidades e sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos, no município de Paragominas..... | 31 |
| Tabela 4- | Densidade somente da argila em comparação com o estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo..... | 33 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------------------|-----------------------------------|
| C | Carbono |
| CH ₄ | Metano |
| CO | Carbono orgânico |
| CO ₂ | Gás carbônico, Dióxido de carbono |
| COT | Teor de carbono orgânico |
| DS | Densidade do solo |
| EST | Estoque de carbono orgânico |
| GEE | Gases do efeito estufa |
| HFC | Hidrofluorcarbono |
| MO | Matéria orgânica |
| MOS | Matéria orgânica do solo |
| N | Nitrogênio |
| N ₂ O | Óxido nitroso |
| NaOH | Hidróxido de sódio |
| P | Fósforo |
| PFC | Perfluorcarbono |
| S | Enxofre |
| SF ₆ | Hexafluoreto de enxofre |
| SPC | Sistema de plantio convencional |
| SPD | Sistema de Plantio direto |

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 14 |
| 2.2 | Objetivos Específicos..... | 16 |
| 3 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 15 |
| 3.1 | ATIVIDADE AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS- PA..... | 15 |
| 3.2 | SISTEMA DE MANEJO PLANTIO DIRETO-SPD..... | 16 |
| 3.3 | A MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO..... | 18 |
| 3.4 | ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO..... | 20 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 22 |
| 4.1 | ÁREAS DE ESTUDO..... | 22 |
| 4.2 | HISTÓRICO DA ÁREA..... | 24 |
| 4.3 | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 24 |
| 4.4 | MÉTODO DE AVALIAÇÃO..... | 25 |
| 4.5 | MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS..... | 26 |
| 4.5.1 | Carbono orgânico e matéria orgânica..... | 26 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.5.2 | Análises físicas do solo..... | 26 |
| 4.5.3 | Estoque de carbono no solo..... | 27 |
| 4.6 | ANÁLISES ESTATÍSTICAS..... | 27 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 5.1 | QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO EM SISTEMAS DE USO DA TERRA E EM PROFUNDIDADES DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS..... | 28 |
| 5.2 | QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBOBO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA E ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO EM PROFUNDIDADES DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS..... | 30 |
| 5.3 | ESTOQUE DE CARBONO TOTAL EM SISTEMAS DE USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS (PA)..... | 34 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 36 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 37 |

1. INTRODUÇÃO

O ciclo do carbono inicia com a emissão de gás carbônico (CO_2) pela respiração dos seres vivos, pela atividade oceânica, decomposição e queima de substâncias orgânica e tendo andamento com a captação e retenção (fixação) deste composto por plantas, fitoplâncton e cianobactérias através do processo de fotossíntese, havendo então a reintegração do carbono à matéria orgânica do solo (MOS) (GAUDARD, 2007). Desta forma, há um equilíbrio entre a quantidade de CO_2 produzido pelos seres vivos a quantidade captada durante a fotossíntese e a retida no solo (COSTA *et al.*, 2006). Entretanto, o estoque a matéria orgânica contida no solo depende das características do solo, tais como quantidade de argila, capacidade de troca catiônica, agregação e sedimentação, além de características ambientais e de manejo como: temperatura, umidade, cobertura vegetal e processos como humificação (formação de húmus) e lixiviação (DAWSON & SMITH, 2007; GAUDARD, 2007).

Segundo o relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês “Intergovernmental Panel on Climate Change”- IPCC), a agricultura contribui com aproximadamente 20% da emissão de CO_2 , e com 50% emissão de óxido nitroso (N_2O) e 70% metano (CH_4), alguns gases que contribuem para o efeito estufa. As taxas anuais de aumento desses gases na atmosfera são de 0,5%, 1% e 0,8% respectivamente (SMITH *et al.*, 2007). Mas, a preocupação com os efeitos climáticos decorrentes de atividades humanas antecede este relatório e foi enfatizada com o protocolo de Kyoto em 1997, um tratado internacional de propostas que visam reduzir a emissão desordenada dos gases do efeito estufa (GEE) nas próximas décadas (GOUVEIA & MESQUITA, 2007).

Uma das medidas mitigadoras da emissão dos GEE é o uso através de práticas agrícolas conservacionistas para efetuar o manejo do solo, como o plantio direto (PD) e o sistema integrado lavoura-pecuária e floresta, que estão sendo cada vez mais adotados por muitos países, pois melhorar a qualidade química do solo, auxiliando na captação de carbono e na redução destes gases do efeito estufa (CORAZZA *et al.*, 1999; NICOLOSO *et al.*, 2008). O plantio direto, por exemplo, favorece o processo de agregação do solo, consistindo em uma prática agrícola em que a semeadura é realizada sobre os restos dos cultivos anteriores, sem revolvimento e aração, dependendo basicamente da decomposição e formação de húmus no solo (KIEHL, 1979). Além deste benefício, por não precisar do uso contínuo de maquinarias, esta técnica reduz em cerca de 60% a queima de combustíveis fósseis e, conseqüentemente,

diminui as emissões de CO₂, além de aumentar a captação de carbono orgânico em cerca de 0,05 a 2,2 toneladas/ C/hectares/ano, tendo um potencial de neutralizar 1/3 do aumento anual de CO₂ nos próximos 20 a 50 anos (PRETTY; & BALL, 2001; LAL, 2001; SÁ *et al.*, 2001; CERRI *et al.*, 2005; LAL, 2004; MCT, 2004; SMITH, 2004).

O uso de práticas conservacionistas, como o plantio direto, não apenas reduz os efeitos do aquecimento global, mas também pode ser usado para firmar contratos entre governos e agricultores sobre créditos de carbono, dessa forma, quantifica o estoque de carbono em diferentes climas, solos e manejo é essencial para embasar esses acordos (C3 VIEWS, 2002; LAL, 2005).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque de carbono em um Latossolo Amarelo sob uma cronossequência de cultivos em sistema plantio direto no município de Paragominas-PA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o carbono orgânico e matéria orgânica em diferentes profundidades em sistemas de uso da terra, convencional e plantio direto;
- Avaliar o estoque de C no sistema de plantio direto município de Paragominas- PA;
- Quantificar o estoque de carbono ao longo do tempo no município de Paragominas- PA.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ATIVIDADE AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

O município de Paragominas, fundado em 1965, possui 19.341,858 Km² segundo estimativas de 2010¹ do IBGE. O município é marcado por três tipos de atividades: a exploração de madeira, pecuária e agricultura, sendo que as três se destacaram em diferentes momentos: a) a agricultura de queima e corte apareceu na década de 30, antes mesmo da fundação da cidade, através da chegada de colonos que ocupam atualmente mais de 20 colônias; b) a pecuária surgiu na década de 60, com a construção da rodovia Belém-Brasília, sendo até hoje a atividade mais difundida no município, apesar de ser a mais danosa ao meio ambiente e c) a atividade madeireira, que ganhou mais destaque nas últimas décadas (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia-IMAZON, 2009; WATRIN & ROCHA, 1992). Entre as terras destinadas a cada atividade, 80% são controladas por pecuaristas, 16% pelos madeireiros, e o restante por agricultores, que ganham cada vez mais notoriedade no município (UZEDA; UHL, não publicado; IMAZON, 2009).

Desta forma de acordo com dados de 1998 do IMAZON, a agricultura perene no município gera o maior lucro em relação às demais atividades do uso da terra (agricultura, pecuária e exploração de madeira), com retorno em cerca de 70%, embora no geral sofram grandes flutuações nos preços.

Este estudo ainda aponta que a situação socioeconômica do município poderia melhorar bastante, com receita duas vezes maior, se o solo fosse usado de forma adequada e responsável (CAMPANHOLA *et al.*, 1997).

Dentro do município de Paragominas, a produção de grãos ganhou mais evidência a partir de 1996, com o cultivo de soja que teve incentivo do governo do Estado e da Embrapa Amazônia Oriental (EL-HUSNY *et al.*, 2003). Entre os anos de 2001 e 2007, a produção de arroz teve crescimento anual de 20%; de milho teve aumento de 16% ao ano; e soja teve o maior crescimento, na faixa de 60%. Em 2007, o município foi o segundo maior produtor paraense de milho (48.864 quilos por hectare) e o primeiro em produção de grãos de soja (3,5

¹ Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_para.pdf>. Acesso em: 05 de Out de 2012.

toneladas por hectare) (IMAZON, 2009).O município agrega algumas condições como o tipo de solo (Latossolo Amarelo com textura média a argilosa ou muito argilosa), clima e relevo que favorecem esse cultivo e aumentam as expectativas quanto à sua expansão (RODRIGUES *et al.*, 1999).

3.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO-SPD

O Sistema Plantio Direto (SPD) trata-se de um sistema que se enquadra entre os sistemas conservacionistas, uma vez que está fundamentado em três requisitos mínimos: revolvimento do solo restrito à cova ou sulco de plantio; a biodiversidade pela rotação de culturas e a cobertura permanente do solo com culturas específicas para formação de espécies de palhada. Estes requisitos são associados, ainda, ao manejo integrado de pragas, doenças e invasoras (SALTON *et al.*, 1998; PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2004; FREITAS, 2002).

Segundo Vieira (1991), o SPD contribui significativamente para a diminuição da erosão do solo, por ser um processo de semeadura que não envolve tanta mobilização, sendo esta efetuada apenas na linha de semeadura, protegendo o solo contra a chuva e permitindo maior infiltração de água no perfil. Isto por que, o solo permanece coberto com resíduos culturais melhorando sua estrutura na camada superficial, devido ao aumento de umidade e de matéria orgânica (CONSTANTINO, 2006).

A preocupação em desenvolver estudos sobre sistemas conservacionistas de manejo do solo gerou o entrosamento entre diversos segmentos da indústria de máquinas agrícolas, de produtos agroquímicos e de pesquisadores de diversas áreas de atuação (PHILLIPS, 1984).

O conceito inicialmente adotado foi derivado da expressão “no-tillage”, que significa, sem preparo do solo, definido como sendo um procedimento de plantio de uma cultura diretamente sobre uma cobertura morta, ou sobre resíduos da cultura anterior, sem o preparo mecânico do leito de semeadura (JONES *et al.*, 1968).

Pesquisas científicas no mundo comparando o plantio direto com o sistema de preparo convencional mostram que, mesmo com o emprego de arado ou grade, o SPD tem efeitos positivos sobre a fertilidade do solo (DERPSCH, 1997, VENTURIM & BAHIA,1998). Por outro lado o SPD causa a compactação do solo, devido principalmente à acomodação natural das partículas sólidas no solo (KLEIN & BOLLER, 1995). Para evitar este problema, é aconselhável a rotação de cultura visando aumentar a porosidade e a drenagem hídrica e a

estabilidade dos agregados sólidos (GENRO JÚNIOR *et al.*, 2009). Segundo Derpsch (1997), os primeiros trabalhos sob plantio direto foram decorrentes de estudos de norte americanos e ingleses com o surgimento do primeiro herbicida de contato, o Paraquat, que entrou no mercado no início dos anos 60. Assim, quando se iniciava a experiência de plantio direto no Brasil, os Estados Unidos da América já plantavam mais de dois milhões de hectares empregando essa técnica e já projetavam sua rápida expansão(DIJKSTRA, 2000).

Estima-se que o plantio direto seja utilizado em aproximadamente 58 milhões de ha em todo o mundo. Aproximadamente 83% da tecnologia está sendo praticada no Continente Americano, cerca de 15% na Austrália e apenas 2% na Europa, Ásia e África (CASSOL *et al.*, 2007).

No Brasil as primeiras experiências de SPD ocorreram no Paraná na década de 70, e se estenderam pelo resto do país nas décadas de 80 e 90, tendo como quatro principais fatores para sua consolidação: 1) mudança de atitude dos agricultores; 2) fundação em 1992 da Associação do Plantio Direto do Cerrado; 3) migração de agricultores do sul do Brasil com experiência em plantio direto; e 4) a plena adaptação da cultura da soja aos cerrados (PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2004).

Atualmente são cultivados no Brasil mais de 31 milhões de hectares sob plantio direto estando 25 % dessa área localizada na região do cerrado (CERVI, 2013). Entretanto, existe ainda, um alto potencial de expansão desse manejo, sem a necessidade de abrir novas áreas, pois entre a Amazônia e o cerrado existem aproximadamente 80 milhões de hectares de pastagens quase todas degradadas ou em fase de degradação, podendo ser aproveitadas com o SPD e na integração lavoura-pecuária (SANO *et al.*, 1999; LANDERS, 2002; FREITAS, 2002).

No Estado Pará em Igarapé-Açu, Redenção e Paragominas, a implementação do SPD é relativamente recente, iniciada no município de Igarapé-Açu (EMBRAPA, 2003; KATO *et al.*, 2002), em caráter de agricultura familiar (pequena agricultura), em Altamira com o plantio de feijão do gênero *Phaseolus*, sobre a palhada de guandu (LOPES *et al.*, 2003). Quanto à agricultura em grande escala, as pesquisas conduzidas apresentam resultados parciais referentes à produtividade de grãos nos municípios de Paragominas e Redenção (FREITAS, 2005; GUEDES, 2009).

O plantio direto é uma realidade no país, sendo um tipo de tecnologia que alia a sustentabilidade econômica e respeito ao meio ambiente, tendo surgido da demanda explícita

e clara dos produtores e do esforço conjunto de cientistas e da indústria de insumos e equipamentos, com vistas a oferecer respostas rápidas e precisas ao desafio que lhes foi apresentado (SIDIRAS & PAVAN, 1986). Nessa situação, é necessário que se conheça os efeitos desse sistema de manejo sobre a matéria orgânica e a dinâmica de seu estoque nas camadas aráveis do solo, para uma adequada orientação sobre o manejo de sistemas de uso da terra que se pratica em diferentes agroecossistemas (MUZILLI, 2006, p. 212).

3.3 MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

Segundo Leite e Mendonça (2007), o grande interesse em manter ou aumentar os estoques de matéria orgânica do solo e sequestrar carbono, demanda avaliar mudanças no teor de carbono total, de forma que essas mudanças devem ser avaliadas em períodos relativamente curtos, variando de alguns anos, até no máximo, algumas décadas.

Uma das características marcantes do SPD é o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo com o decorrer do tempo de implantação desse sistema. A ausência de preparo do solo (prática de aração e de gradagem) e a quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas de interesse econômico em rotação ou sucessão como das plantas de coberturas ao longo dos anos, acarretam um aumento gradual no teor de matéria orgânica, notadamente na camada superficial (0-10 cm), o que depende da quantidade de palha e tipo de rotação de culturas aplicadas na lavoura (ANGHINONI, 2007; SILVA & BUZETTI, 2001).

Freitas *et al.* (2000) comentam o importante papel desempenhado pela matéria orgânica das camadas superficiais, principalmente sobre as principais propriedades redundantes do solo no sistema plantio direto. Os autores afirmam que o carbono utilizado para calcular os teores de matéria orgânica no solo, foi mais elevado na profundidade 0 a 7 cm no sistema plantio direto, sem diferir estatisticamente do escarificador. Esses resultados evidenciam o plantio direto e o escarificador, são sistemas de manejo do solo que apresentam as melhores condições de preservar a matéria orgânica e, conseqüentemente, as condições químicas e físicas do solo, especialmente na camada superficial.

Enquanto o SPD promove a elevação no teor de matéria orgânica, o sistema convencional de preparo do solo com sua intensificação realiza o contrário, conforme trabalho realizado por Silva *et al.* (1994), que avaliando a matéria orgânica submetida ao preparo

convencional em três tipos de solos, durante seis anos, no noroeste do Estado da Bahia, observaram o rápido decréscimo de matéria orgânica nos solos estudados.

D`Andréa *et al.* (2004) constataram que a elevação no teor de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo é uma consequência não somente de sua mineralização mais lenta no SPD em relação à monocultura, devido ao menor contato com o solo, o que retarda a ação dos microorganismos responsáveis por este processo, mas também, pela maior adição de fitomassa das culturas em rotação e /ou, sucessão e pela maior preservação da estrutura do solo, que confere à matéria orgânica maior proteção ao ataque de microorganismos e de seus complexos enzimáticos.

Os estudos da dinâmica da matéria orgânica em solos tropicais, ainda, são escassos e nos poucos trabalhos desenvolvidos estão relacionados com os sistemas de PD e PC. No Estado do Paraná, foram observados aumentos significativos no teor de matéria orgânica na camada de 0-5 cm em um Latossolo Roxo, após 5 anos sob SPD, em comparação ao sistema de plantio convencional (SPC). Para outro Latossolo Roxo e para Terra Roxa Estruturada, após 4 anos sob SPD, o aumento significativo da matéria orgânica atingiu a camada de 0-20 cm. Ainda no norte do Paraná, foi observado que após 15 anos do SPD ocorreu um aumento de 27% no teor de matéria orgânica na camada de 0-10 cm (SÁ, 1995).

Em compensação, análises na região de Balsas, no Maranhão, em Argissolo Vermelho Amarelo, houve aumento nos estoques de carbono no sistema plantio direto e convencional após quatro anos de cultivo agrícola, ao passo que durante nove anos de uso agrícola diminuíram os estoques de carbono em 13 e 25%, nos sistemas de manejo e cultivo do solo. Essa maior sensibilidade às mudanças nos sistemas de manejo e, concomitante, a maior estabilidade do compartimento passivo é atribuída à rápida ciclagem decorrente do clima da região (CERRI *et al.*, 2007).

No Sul do Pará, Freitas (2011), estudando sistemas de manejo do solo sob monocultivo e plantio direto com palhada de milho, concluiu que com o emprego do plantio direto durante quatro anos, em relação ao preparo convencional ocorreu significativa elevação nos teores totais de matéria orgânica nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20 a 30cm.

Também foram constatados melhorias nas propriedades físicas e aumento da matéria orgânica no município de Igarapé-Açu-PA. Entretanto, informações sobre o manejo das culturas, controle fitossanitário, manejo de fertilidade do solo, são ainda muito escassas para o Estado do Pará, onde necessitam de subsídios para avaliação das modificações que ocorrem

nos agroecossistemas, no que se refere à relação solo-planta, os quais poderão ser obtidos somente através de observações a longo prazo (COLLOZI, 2007).

De maneira geral, é possível constatar que o sistema plantio direto produz mudanças nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, havendo a produção após quatro anos, de ácidos orgânicos que participam na ciclagem dos elementos químicos inorgânicos do solo, e possuem participação ativa na química dos íons no solo (PAVAN, 1997).

Outra característica observada no solo sob este tipo de manejo é que, quando a cobertura é realizada com resíduos vegetais que possuam alta relação carbono/nitrogênio, observa-se decréscimos na mineralização da matéria orgânica e aumento na imobilização dos nutrientes nela contidos (N, P, S), sobretudo na camada superficial do solo, devido a maior oferta de carbono orgânico que estimula a atividade microbiana responsável pela imobilização do nitrogênio no sistema solo-planta (BAENA & FALESI, 2001).

3. 4 ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Segundo Miguez (2000), os gases do efeito estufa são o gás metano (CH₄), CO₂, o óxido nitroso, o hidrofluorcarbono (HFCs), o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e os perfluorcarbonos (PFCs). Esses gases foram importantes no passado para regular a temperatura da Terra, entretanto após a revolução industrial, no século XIX eles aumentaram consideravelmente, podendo causar nos próximos séculos um aumento entre 2 a 6°C na temperatura global (BORTHOLIN & GUEDES, 2011).

A floresta amazônica, normalmente vista como mitigadora da emissão de GEE também é um potencial emissor desses gases durante a decomposição natural, e durante a fragmentação das florestas para diferentes atividades econômicas. Entretanto como pecuária, agricultura etc. Estudos realizados na Amazônia brasileira, pelos projetos ABRACOS (“Anglo-brazilian Amazonian climate observation study”) e LBA (“Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia”), mostraram que a floresta funciona como um sumidouro de parte do excesso de CO₂, assimilando até 9 toneladas de carbono por hectare por ano sendo dessa forma essencial para o equilíbrio da emissão e redução dos GEE (NOBRE e NOBRE, 2002).

A conversão de florestas nativas em áreas de cultivo, principalmente nessas áreas de florestas tropicais e subtropicais é acompanhada de redução da matéria orgânica do solo e da deterioração estrutural do solo, que estão associadas à outras mudanças negativas como

redução da concentração de nutrientes, estoque de água e emissão antropogênica dos gases do efeito estufa (LAL, 2006).

Segundo Pires (2003), com a difusão de sistemas conservacionistas de manejo do solo, as práticas agrônomicas devem ser adaptadas, visando à manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, a quantidade e qualidade em matéria orgânica do solo que condiciona uma melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do mesmo, tornando-o mais resistente à erosão, e visando também a mitigação dos efeitos dos GEE (DIRCEU, 2007).

A compressão da dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas permite subsidiar o estabelecimento de estratégias de manejo que garantam o incentivo do conteúdo de matéria orgânica a qualidade ambiental e do solo, que além de produzir mais alimentos, também atuam na estabilização dos ecossistemas naturais e na melhoria do ar e da água (GREGORICH *et al.*, 1996).

Trabalhos recentes como o realizado pela NASA (Agência Espacial norte-americana, do inglês “National Aeronautics and Space Administration”) em 2011, quantificou o armazenamento de carbono nas florestas tropicais do mundo, e revelou que as florestas tropicais do Brasil armazenam 62 gigatoneladas de carbono em 10% da cobertura do dossel) sendo um dos maiores reservatórios de carbono do mundo (SAATCHIA *et al.*, 2011). O mapa sobre o estoque de carbono ao longo das florestas tropicais do mundo obtido no estudo acima é apresentado na Figura 1. Nele é possível observar que a floresta amazônica, Ásia tropical e a África subsaariana retêm a maioria do carbono da superfície terrestre.

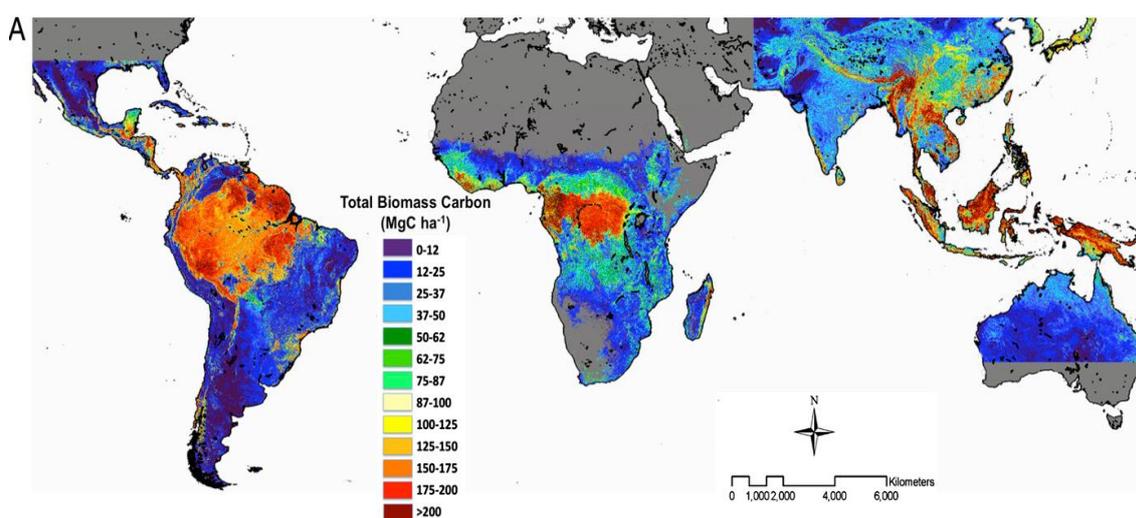


Figura 1- Mapa mundial apresentando o estoque de carbono total nas diferentes áreas de floresta tropical. Os retângulos coloridos indicam os diferentes níveis de estoque de C. Fonte: SAATCHIA *et al.* (2011).

Visto que as formas de uso do solo na agricultura podem amenizar a emissão dos GEE, o uso de sistemas de manejo adaptados são alternativas importantes na drenagem de CO₂ atmosférico, sendo assim uma fonte crucial na mitigação do aquecimento global (BAYER, 2006). Além disso, nos últimos anos, o uso de práticas agrícolas sustentáveis, como o plantio direto e o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta possuem incentivo do governo federal através do Programa Agricultura de Baixo Carbono (BRASIL, 2011, p. 9). Este programa irá destinar cerca de 3,15 bilhões de reais aos produtores de grãos, fibras e plantas oleaginosas pretende expandir a produção e ao mesmo tempo contribuir na preservação do meio ambiente, sequestro de carbono e redução do desmatamento (BRASIL, 2011, p. 11).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado durante o período da estação chuvosa, fevereiro de 2012, na fazenda Juparanã, que possui uma área total de 459.80 hectares, localizada no município de Paragominas– PA a nordeste do Estado do Pará, a 320 km da cidade de Belém, com sua sede entre os meridianos 2° 25' e 3° 48' de latitude sul e 46° 25' e 48° 53' de longitude oeste (PARÁ, 2009) (Figura 2).

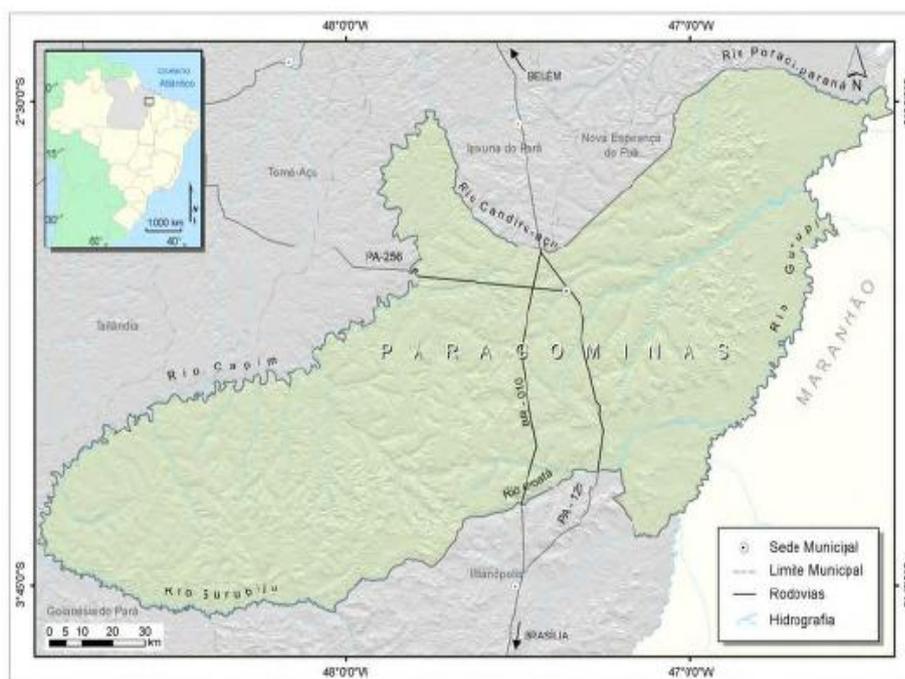


Figura 2- Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará. Fonte: IMAZON (2009).

Os solos da área de estudo são do tipo Latossolo Amarelo distrófico, ricos em argila e com baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 1999; RODRIGUES *et al.*, 2003) e decorrente de pastagens com alto grau de degradação (FREITAS, 2011).

O Clima descrito por Bastos (1972) e SUDAM (1984) é do tipo Aw de Köppen, isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida. As temperaturas médias anuais do ar variam de 25,6 °C a 27,8°C. A precipitação pluviométrica na região varia de 857,8 a 2.787,7 mm, média anual de 1.802 mm com duas estações, uma chuvosa que vai de dezembro a maio e outra menos chuvosa de junho a novembro. A umidade relativa do ar é bastante elevada com média anual em torno de 80% com médias mensais variando de 70% a 90% (RODRIGUES *et al.*, 2003) Tabela 1.

A vegetação original da região era composta principalmente por florestas tropicais densas de terra firme e perenes, porém, devido o avanço do desmatamento na região provocado pela agropecuária, grandes áreas de floresta original foram substituídas por florestas secundárias, em diversos estágios de desenvolvimento (PARÁ, 2008; VELOSO *et al.*, 1991). A área destinada à implantação do experimento caracteriza-se como área de “floresta equatorial” representativa da região, a qual vem sendo utilizada para produção de grãos (arroz, milho e soja), com preparo do solo convencional e plantio direto.

Tabela 1- Médias mensais climatológicas de Paragominas-PA (período de 2006-2010).

| Meses | Temperatura do ar (°C) | | | Umidade Relativa (%) | Precipitação Pluviométrica (mm) |
|------------|------------------------|-------------|-------------|----------------------|---------------------------------|
| | Máxima | Mínima | Média | | |
| Janeiro | 31.2 | 20.2 | 25.1 | 90 | 222,8 |
| Fevereiro | 31.1 | 20.3 | 25.2 | 91 | 235,6 |
| Março | 31.3 | 20.5 | 25.4 | 87 | 268,6 |
| Abril | 31.9 | 20.8 | 25.8 | 90 | 193,4 |
| Maió | 33.0 | 20.3 | 26.1 | 83 | 66,7 |
| Junho | 33.6 | 18.3 | 25.5 | 83 | 18,6 |
| Julho | 34.3 | 17.7 | 25.4 | 77 | 18,0 |
| Agosto | 35.2 | 17.9 | 26.1 | 78 | 19,3 |
| Setembro | 34.2 | 19.7 | 26.4 | 83 | 79,1 |
| Outubro | 32.7 | 20.8 | 26.0 | 83 | 169,0 |
| Novembro | 32.1 | 20.5 | 25.8 | 88 | 193,2 |
| Dezembro | 31.5 | 20.3 | 25.3 | 90 | 250,6 |
| Ano | 32.7 | 19.8 | 25.7 | 85,25 | 1.754,9 |

(°C)= Temperatura em graus centígrados; (%)= percentagem de umidade relativa e (mm)= milímetro de chuva.

Fonte: (BASTOS *et al.*, 2006).

4.2 HISTÓRICO DA ÁREA

A área destinada à implantação do experimento caracteriza-se como área de “floresta equatorial” representativa da região, a qual vem sendo utilizada para produção de grãos ao longo dos anos com culturas de (arroz, milho e soja), conduzidas sob preparo do solo convencional e plantio direto.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro tratamentos Tabela 2, e quatro repetições, em esquema de parcela subdividida (“Split plot”). As parcelas compreendem os tratamentos, que são formados pelos sistemas de uso do solo, e as subparcelas compreenderam as profundidades de 0-10, 10,20 e 20-40 coleta de amostras de solo. A área de cada parcela foi de 100m x 50m (5.000 m²), como cada bloco (tratamento) foi composto por 4 repetições (subdivisões da parcela), a área total de cada tratamento foi de 20.000 m².

Tabela 2- Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos no experimento na fazenda Juparanã Paragominas 2012.

| Tratamentos | Sistemas de manejo do solo | Sigla de identificação |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| T1 | Plantio direto com 7 anos | PD7 |
| T2 | Plantio direto com 4 anos | PD4 |
| T3 | Plantio direto com 3 anos | PD3 |
| T4 | Plantio convencional com 6 anos | PC |

(T1, T2, T3 e T4)= são os tratamentos e PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos, no município de Paragominas.

O tratamento T1 Figura 3(a), (Plantio direto com 7 anos de implantação), cultivado sob rotação de milho/soja desde 2005. O tratamento T2, Figura 3(b), (Plantio direto com 4 anos de implantação), cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2008. O tratamento T3, Figura 4(a) (Plantio direto com 3 anos de implantação), cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2009. Já o tratamento T4 Figura 4(b) (Plantio convencional de 6 anos, cultivado desde 2006), cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2005.



(a)

(b)

Figura 3- Tratamento T1(a), (Plantio direto com 7 anos) e T2 (b), (Plantio direto com 4 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.

Fonte: Arquivo pessoal.



(a)

(b)

Figura 4- Tratamento T3 (a), (Plantio direto com 3 anos de implantação) e T4 (b), (Plantio convencional, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA.

Fonte: Arquivo pessoal.

4.4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Em cada tratamento foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas seguintes profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de um trado tipo Sonda, dentro das entrelinhas de plantio a distâncias equivalentes em um percurso em zig-zag em cada parcela dos tratamentos, conforme EMBRAPA (2004). Dentro de cada parcela, foram coletadas 12 amostras simples por profundidade. As amostras simples de cada parcela foram misturadas e homogeneizadas, formando uma amostra composta dentro de cada tratamento. perfazendo, um total de 48 amostras compostas. a determinação do carbono orgânico e matéria orgânica, bem como para as análises granulométricas de cada sistema de uso.

As amostras com estrutura indeformada foram coletadas utilizando-se um trado do tipo Uhland com anéis volumétricos de aço inoxidável com 100 cm³. Em cada parcela foram abertas três pequenas trincheiras em porção representativa da parcela, onde foram coletadas amostras com estrutura preservada dentro das profundidades citadas, constituindo um total de 48 amostras por tratamento e 144 amostras no estudo. Estas amostras indeformadas foram encaminhadas para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Todas as amostras foram analisadas no Laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, conforme a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 2007).

4.5 MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS

4.5.1 Carbono orgânico e matéria orgânica

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, utilizando ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5 %, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal.

Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 1,724 \text{ (g.kg}^{-1}\text{)}$$

Em que: M.O= Matéria Orgânica; % de C_{org}= porcentagem de Carbono orgânico.

4.5.2 Análises físicas do solo

A análise granulométrica foi determinada na camada de 0-0,2 m de profundidade, pois não há variação textural em 0,05 m neste solo. Esta foi determinada após dispersão com NaOH 1 mol L⁻¹, agitação mecânica horizontal e peneiramento úmido obtendo-se a fração areia. A argila foi obtida por sedimentação pelo método da pipeta e o silte por diferença de densidade (EMBRAPA, 2007).

A densidade do solo (Ds) foi determinada de acordo com a metodologia usada pela EMBRAPA, pelo método do anel volumétrico com capacidade para conter amostra indeformada de 100 cm³, sendo calculada pela fórmula:

$$Ds = \frac{m}{V} ; (\text{kg}.\text{dm}^{-3})$$

Onde:

m = massa de solo seco, em kg; V = volume do cilindro, em dm⁻³

4.5.3 Estoque de carbono no solo determinado pelo método laboratorial.

De posse da determinação do carbono orgânico e da densidade do solo, o estoque de carbono em cada profundidade foi calculado segundo Veldkamp (1994), em que:

Est (Mg ha⁻¹) = (COT x D x e), onde:

Est (Mg.ha⁻¹)= o estoque de carbono orgânico total em determinada profundidade;

COT= o teor de carbono (g kg⁻¹);

D= é a densidade (g.cm⁻³) do solo em cada profundidade determinada;

e= espessura da camada considerada (cm).

Para converter o estoque de C em CO₂ utilizou-se o fator de conversão 3,67 (massa molar do CO₂/massa molar do C) conforme reportado por (LEITE *et al.*, 2003).

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Na análise estatística, os sistemas de manejo foram considerados como sendo as parcelas, e as profundidades de amostragem, como subparcelas, constituindo um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. As médias obtidas nas análises físicas do solo, foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e quando

observado valores significativos para o teste F, comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, utilizando o software SISVAR (Statistical Analysis System- SAS Institute, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO EM SISTEMAS DE USO DA TERRA E EM PROFUNDIDADES DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

De acordo com a análise de variância verificou-se efeito significativo entre os sistemas de uso da terra, quanto aos valores de CO (carbono orgânico) analisados (Figura 5). Os maiores valores de CO foram obtidos no sistema plantio direto com média de (13,04 g.kg⁻¹) com tempo de adoção de 7 anos, porém não diferiu dos tratamentos sob plantio direto de 3 e 4 anos. O sistema convencional apresentou menores valor de CO (9,8 g.kg⁻¹) sendo inferior quando comparado aos tratamentos conduzidos sob plantio direto, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estes menores valores de concentração de carbono orgânico encontrados no sistema de preparo convencional pode ser justificado pela maior aração e quebra dos macro agregados do solo, pela incorporação dos resíduos vegetais, que provoca a rápida decomposição com perda do carbono orgânico nativo e a mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico no solo. Isto faz com que grande proporção dos compostos carbonados atinja rapidamente a fase final do processo de mineralização, havendo assim um impedimento na formação de substâncias mais estáveis no solo, como o húmus (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

É importante salientar também que, mesmo durante os primeiros anos de adoção 3 e 4 anos, o plantio direto superou o plantio convencional, por apresentar maiores concentrações de carbono orgânico do solo.

Os teores de carbono orgânico no sistema plantio direto após 7 anos de adoção foram superiores em cerca de 30% em relação aos valores obtidos no plantio convencional. Esses dados são coerentes com várias publicações que indicam a eficácia do plantio direto quanto aos valores de carbono orgânico CO no solo. Segundo Bayer *et al.* (2004) e Azevedo *et al.* (2007), a adoção deste sistema é bastante eficaz, principalmente em Latossolos com baixa fertilidade e que necessitam de corretivos de pH e fertilizantes.

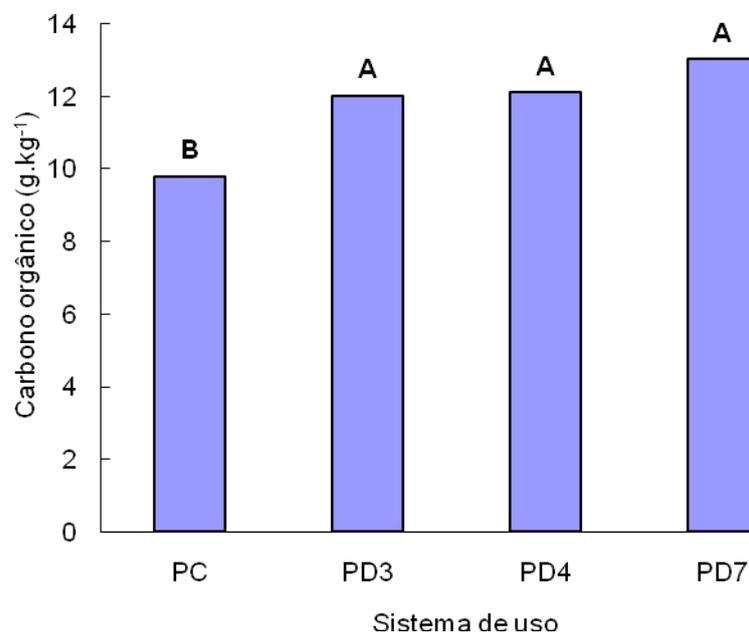


Figura 5- Carbono orgânico em sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos, no município de Paragominas. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para Sidiras e Pavan (1986), a alteração no teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes. Desta forma, podemos considerar que o sistema plantio direto é o mais indicado para o manejo em nossa região, devido as suas características positivas que melhoram a qualidades do solo e consequentemente da produção.

Machado e Silva (2001), afirmaram que os teores de CO, depende ainda da quantidade de palha, tipo de rotação de cultura, revolvimento do solo, clima e doses de fertilizantes aplicadas nas lavouras. Mas, segundo os autores, a quantidade de MO é inicialmente lenta, aparecendo somente após 6 ou 7 anos de início da implementação do sistema plantio direto, como observado nos resultados deste trabalho.

Ao analisarmos os valores de carbono orgânico em profundidade, observa-se efeito significativo quanto aos valores médios de carbono orgânico. Podemos observar que os maiores teores de carbono orgânico (14,04 g.kg⁻¹) no solo foram verificados na camada

superficial (profundidade de 0-10 cm), e na camada de 10-20 cm ($11,61 \text{ g.kg}^{-1}$) os quais foram superiores quando comparados aos teores da camada mais profunda ($9,59 \text{ g.kg}^{-1}$), comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estes maiores valores encontrados na primeira camada, pode ser justificados devido ao maior aporte e deposição de palhada, conforme mencionado por (MUZILLI , 2006).

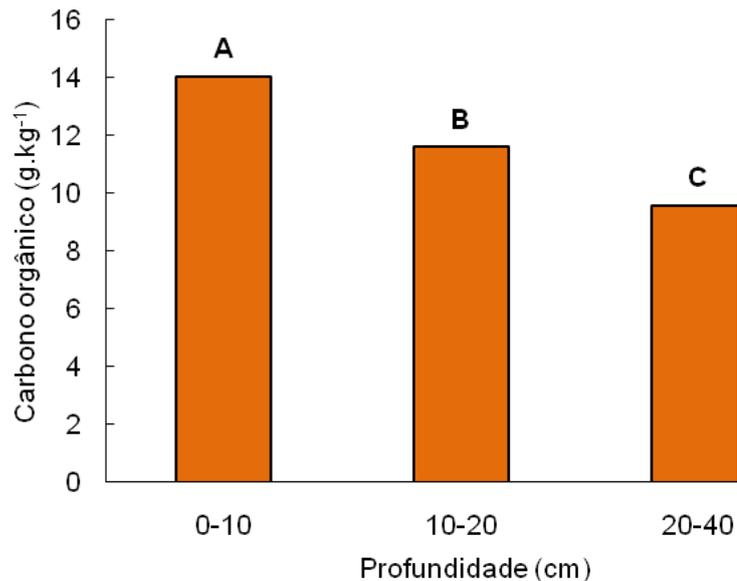


Figura 6- Carbono orgânico em diferentes profundidades, no município de Paragominas. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados, a ausência de preparo do solo (práticas convencionais de aração e de gradagem) e a quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas de interesse econômico em rotação ou sucessão, como das plantas de cobertura ao longo dos anos, acarretam um aumento gradual no teor de carbono e matéria orgânica, principalmente, na camada superficial (0 a 10 cm), o que também foi encontrado por LOPES *et al.* (2004).

5.2 QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBOBO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA E ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO EM PROFUNDIDADES DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

Quanto ao estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra e profundidades do solo, verificou-se que houve influencia da interação entre os sistemas de uso da terra e as profundidades (Tabela 3).

Na primeira camada (0-10 cm), os maiores estoques de carbono orgânico foram observados no sistema PD independentemente do tempo de adoção, os menores valores foram obtidos no sistema de preparo convencional (15,08 Mg.ha⁻¹).

Na camada de 10-20 cm, os maiores estoques de carbono orgânico também foram observados no sistema PD não havendo diferença quanto ao tempo de adoção. Do mesmo modo, os menores valores foram obtidos no sistema de preparo convencional (12,09 Mg.ha⁻¹).

Na camada mais profunda (20-40 cm) observou-se influencia no tempo de adoção do sistema plantio direto, já que aos sete anos de implantação do sistema, verificou-se o maior estoque de carbono, com valor médio da ordem de 28,8 gkg¹. Os valores de estoque de carbono nos anos iniciais de adoção do sistema de plantio direto não diferiram significativamente entre si, porem foram superiores aos valores do sistema convencional.

Tabela 3- Estoque de carbono em diferentes profundidades e sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos, no município de Paragominas.

| Profundidade (cm) | Sistema de uso | | | |
|-------------------|----------------|------------|------------|------------|
| | PC | PD3 | PD4 | PD7 |
| 0-10 | 15,811 b A | 18,459 a B | 20,361 a B | 19,495 a B |
| 10-20 | 12,094 b B | 14,821 a C | 15,493 a C | 16,210 a C |
| 20-40 | 17,722 c A | 23,604 b A | 24,485 b A | 28,792 a A |

Maiúscula = coluna
Minúscula - linha

PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos, no município de Paragominas

Os resultados indicam que o intervalo de um ano não foi suficiente para que as diferenças de estoque de carbono sejam perceptíveis. Havendo diferença somente após um intervalo de três anos, e somente na camada de 20 a 40 cm.

Segundo Freitas *et al.* (2000), em solos argilosos, como o observado neste estudo, a argila tem papel crucial na proteção da decomposição da matéria orgânica, impedindo o revolvimento do solo.

Ao analisarmos os desdobramentos de profundidade dentro de cada sistema de uso da terra, é possível verificar que o estoque de carbono foi influenciado pelo tipo de sistemas, onde houve efeito significativo quanto aos valores médios de estoque de carbono orgânico, quando comparado pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O sistema de preparo convencional do solo apresentou com menores valores médios de estoque de carbono na camada de (20-40 cm) ($17,72 \text{ Mg.ha}^{-1}$), diferindo apenas da camada (10-20 cm), com valores médios na ordem de ($12,09 \text{ Mg.ha}^{-1}$), ao nível de comparação pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 3).

Para o sistema de plantio direto com adoção de 3 (três anos), os maiores valores médios de estoque de carbono foram encontrados na camada de (20-40 cm), com valores médios na ordem de ($23,60 \text{ Mg.ha}^{-1}$), diferindo das duas outras camadas (0-10 e 10-20 cm), ($18,45 \text{ Mg.ha}^{-1}$) e ($14,82 \text{ Mg.ha}^{-1}$), respectivamente, ao nível de comparação pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 3).

Ao analisarmos os resultados do sistema de plantio direto com adoção de 4 (quatro anos), os maiores valores médios de estoque de carbono foram encontrados na camada de (20-40 cm), com valores médios na ordem de ($24,45 \text{ Mg.ha}^{-1}$), diferindo das duas outras camadas (0-10 e 10-20 cm), ($20,36 \text{ Mg.ha}^{-1}$) e ($15,45 \text{ Mg.ha}^{-1}$), respectivamente, ao nível de comparação pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. (Tabela 3).

Por fim, quando analisarmos os resultados do sistema de plantio direto com adoção de 7 (sete anos), os maiores valores médios de estoque de carbono foram encontrados na camada de (20-40 cm), com valores médios na ordem de ($28,80 \text{ Mg.ha}^{-1}$), diferindo das duas outras camadas (0-10 e 10-20 cm), ($19,10 \text{ Mg.ha}^{-1}$) e ($16,20 \text{ Mg.ha}^{-1}$), respectivamente, ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios de argila e estoque de carbono orgânico por profundidade de solo. Quando comparamos os nossos resultados com os obtidos por Neves *et al.*, (2004), observamos que, os teores de carbono total encontrados em PD7 nas duas primeiras camadas (que juntas somam 20 cm), foram equivalentes aos encontrados pelos autores no sistema de cerrado nativo ($35,1 \text{ Mg.h}^{-1}$), entretanto, quando observamos o estoque na última camada, verificamos maior estoque no sistema nativo (Neves *et al.*, (2004).

Tabela 4: Densidade de argila em comparação com o estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo.

| Sistemas | Argila (g.kg ⁻¹) | Estoque de Carbono (Mg.h ⁻¹) |
|-----------------|--|--|
| 0-10 cm | | |
| PC | 640 | 15,81 |
| PD3 | 515,5 | 18,46 |
| PD4 | 610 | 20,36 |
| PD7 | 690 | 19,49 |
| 10- 20 cm | | |
| PC | 620 | 12,09 |
| PD3 | 660 | 14,82 |
| PD4 | 605 | 15,49 |
| PD7 | 640 | 16,21 |
| 20-40 cm | | |
| PC | 660 | 17,72 |
| PD3 | 640 | 23,60 |
| PD4 | 585 | 24,48 |
| PD7 | 730 | 28,79 |

(0-10 cm, 10-20 e 20-40)= profundidades e PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos.

Outra observação relevante, é que no manejo PC, em camadas estudadas, principalmente nas primeiras camadas observam-se menores quantidades de argila, em relação aos demais sistemas, o que explica os menores quantidades de estoque de carbono.

Segundo Fortin *et al.* (1996), o SPD reduz a emissão de carbono em cerca de 2,50 Mg. ha⁻¹ por ano, comparativamente ao preparo convencional, devido à menores perturbações do solo e mais eficaz atividade microbiana. O preparo do solo também contribui para maiores emissões de CO₂ e para a erosão do solo. Neves *et al.*, (2004) em estudo de sete diferentes sistemas, incluindo o cerrado nativo, observaram que os sistemas com menores perturbações do solo acumulam mais CO e outros nutrientes (exceto fósforo) em diferentes profundidades do solo, do que em sistemas mais jovens ainda não estabilizados, como os agrossilvipastoris, embora este sequestro aumente com o passar dos anos. Isso se explica, pelo maior preparo do

solo (revolvimento) que intensifica a aeração e a degaseificação física do gás carbônico dissolvido no solo (JACKSON *et al.*, 2003). Al-Kaisi e Yin (2005) também ressaltam que o não preparo aumenta a umidade do solo, reduzindo a temperatura, por causa do acúmulo de resíduos na superfície do solo.

O maior estoque de carbono observado na profundidade de 20-40 cm (28,79 mg há⁻¹) no sistema plantio direto com sete anos de adoção foi devido a espessura do horizonte (20cm) ser maior que os demais (10cm). Além disso, o elevado fração de argila contribui para manutenção dos valores de estoque de carbono mais elevados. Para efeito de comparação entre as camadas, pode-se dividir por dois os valores de estoque de carbono no solo, na camada de 20-40. Assim, pode observar que há uma redução dos valores de carbono com o aumento da profundidade.

5.3 ESTOQUE DE CARBONO TOTAL EM SISTEMAS DE USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

A estimativa de carbono total permite quantificar a magnitude de carbono em um determinado sistema (SCHROEDER, 1992). Na Figura 7 são apresentados os valores de estoque total de carbono nos diferentes sistemas de uso da terra utilizados neste trabalho para uma profundidade de até 40 cm.

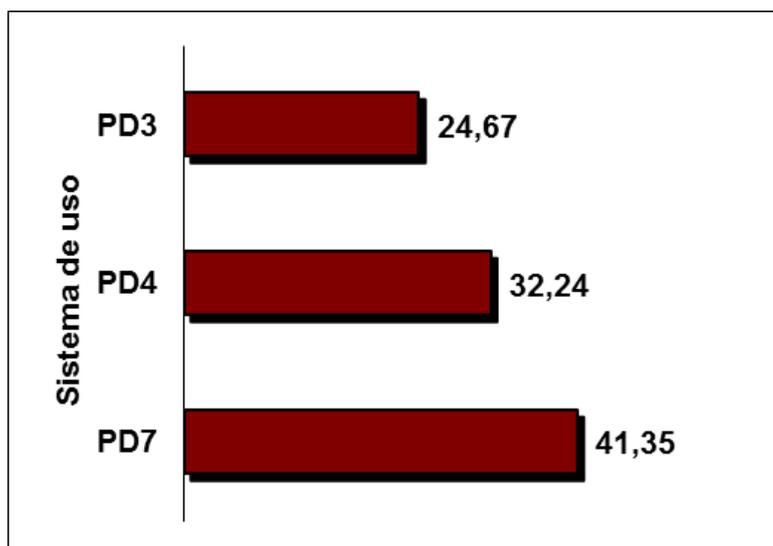


Figura 7- Percentual do estoque de carbono total do solo em sistemas de uso da terra: PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de estoque de carbono total, foram obtidos no sistema de plantio direto observando-se que não houve diferença significativa entre os tempos de adoção.

O sistema de preparo convencional ($45,62 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), por apresentar menores valores apresentou diferença significativa, quando comparado aos tratamentos conduzidos sob plantio direto.

O maior valor de variação percentual estoque de carbono total foi obtido no PD7, mantendo a mesma tendência observada nas figuras anteriores. Após 3 anos de adoção do SPD de Variação percentual estoque total aumentou 24,67%; após 4 anos, subiu 32,24%, e após 7 anos, aumentou cerca de 41,35%.

Conseqüentemente as vantagens do sistema de uso dos SPD são relativamente superiores em relação ao sistema de preparo convencional, principalmente por terem efeito positivo sobre a produção de grãos. Assim os resultados demonstraram uma grande variação percentual do estoque de carbono total contribuindo para a diminuição de CO_2 e de outros gases do efeito estufa, garantindo uma grande melhorias na qualidade do solo (Figura 8).

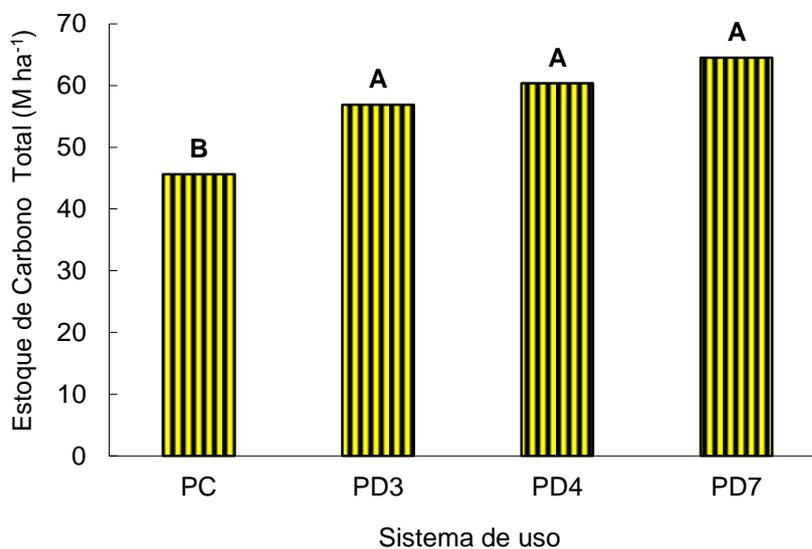


Figura 8- Estoque de carbono total em sistemas de uso da terra: PC = Preparo convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos e PD7 = Plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O maior valor de estoque foi obtido no PD7, mantendo a mesma tendência observada nas figuras anteriores. Após 3 anos de adoção do SPD o estoque aumentou 24,67% em relação ao SPC; após 4 anos, subiu 32,24%, e após 7 anos, aumentou cerca de 41,35%.

Rocha (2000), afirma que o Brasil é ideal para reverter o avanço do aquecimento global, tanto reduzindo a emissão, como também pelo desenvolvimento de práticas que aumentem o estoque de carbono, como os sistemas de plantio direto, reflorestamentos, agroflorestais e agrossilvopastoris, ou seja, sistemas que visam ao sequestro e permanência do carbono no solo.

Portanto, as vantagens do SPD ganharam espaço na mídia, principalmente por terem efeito positivo sobre a produção de grãos no País. Assim os resultados demonstraram a manutenção de matéria orgânica no solo sob SPD contribuindo para a mitigação de CO₂ e de outros gases do efeito estufa, garantindo melhorias na qualidade do solo para o solo e clima local.

6 CONCLUSÕES

O sistema de plantio direto proporcionou incremento de carbono orgânico no solo quando comparado ao preparo convencional.

Os valores de carbono orgânico decrescem com aumento da profundidade em todos os sistemas estudados.

O maior aporte de estoque de carbono orgânico ocorreu no sistema de plantio direto, independente da profundidade estudada.

O sistema de plantio direto proporcionou aumento de carbono orgânico total no solo quando comparado ao preparo convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KAISI, M.M. & YIN, X. **Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotation.** J. Environ. Qual. 34: pp 437-445, 2005.

ANGHINONI, I. **Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Org.). Fertilidade do Solo. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, p 1017, 2007.

AZEVEDO, D. M. P.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L.; DANTAS, J. S. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense.** Revista Ciência Agronômica, v.38, n.1, pp.32-40, 2007.

BAENA, A.R.C.; FALESI, I.C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra em Santarém, estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Orienta. Boletim de Pesquisa, 33). p. 32, 2001.

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, v.39, n.7, pp.677-683, 2004.

BORTHOLIN, E.; GUEDES, B. **Efeito Estufa.** Universidade de São Paulo. Disponível em:<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Efeito_Estufa.html>. Acesso em: 23 de maio de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2011-2012** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, 2011. p. 9-11, 2012.

CAMPANHOLA, C. L. A.J.B.; LUCCHIARI JÚNIOR, A. **O problema ambiental no Brasil: agricultura.** In: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L.A. (Org.). Economia do meio ambiente: temas, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: Unicamp/IE, pp. 265-281, 1997.

CASSOL, E. A.; DERNARDN, J. E.; RAINOL, A. K. **Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água.** In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, V-Tópicos em ciência do solo, Viçosa-MG, p. 497,2007.

CERRI, C. E. P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; FALOON, P.; POWLSON, D. **Simulating soc changs in11 land use change chrnosequences from Brasilian Amazon whith century and Rothc models.** Agric. Ecosys. Environ. pp. 122-46, 2007.

CERRI, C.; BERNOUX, M.; FEIGL B.; PICCOLO, M. **O ciclo de carbono e efeito estufa. Anais do Simpósio sobre Plantio Direto e Meio Ambiente – Seqüestro de Carbono e Qualidade da Água.** Foz do Iguaçu – PR, 18-20 Maio, pp 15-19, 2005.

CERVI, E.V. **A revolução da palha**. Revista Plantio direto, Passo Fundo, n. 73, pp 8-12, 2003.

COLLOZI, A. **Sistema plantio direto com qualidade**. IAPA-PR. 2007.

CONSTANTINO, L. **Desmatamento na Amazônia cai pelo ano consecutivo**. In: Folha de São Paulo, Caderno Ciências, 2006.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J; RESCK, D. V; GOMES, A. C. **Comportamento de diferentes sistemas e manejo como fonte ou depósito de carbono à vegetação do cerrado**. Revista Brasileira de ciência e solo, Viçosa. v. 23, pp 425-432, 1999.

COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera**. Ciência Rural. v. 36, pp. 693-700, 2006.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 2, pp 179-186, 2004.

DAWSON J.; SMITH P. **Carbon losses from soil and its consequences for land management**. Science of the Total Environmental. v. 382, pp 165-190, 2007.

DIJKSTRA, F. **Integração agropecuária em plantio direto**. In: CABEZAS. W. A. R. L.; FREITAS, P. L. (Org.). Plantio direto na integração lavoura –pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, pp. 47-52 2000.

DIRCEU, G. **O controle biológico e o plantio direto**. 2007. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/index.php?body=cont_int&id=798. Acesso em: 23 de maio de 2012.

EL-HUSNY, J. C.; ANDRADE, E. B.; ALMEIDA, L. A.; KLEPKER D.; MEYER M. C.; BRS Tracajá: **Cultivar de soja para a região Sul do Pará**. Comunicado técnico de abril de 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407025/1/com.tec.83.pdf>. Acesso: 25 de Maio de 2012.

FORTIN, M. C.; ROCHETTE, P.; PATTEY, E. **Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping systems**. Soil Science Society America Journal, Madison, v. 60, pp. 1541-1547, 1996.

FREITAS, L. S. **Variação de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA, Belém p 176, 2011.

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

FREITAS, P. L. **Aspectos físicos e biológicos do solo**. In: LANDERS, J. N. (Editor). Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. Goiânia: APDC, pp. 199- 213, 2002.

FREITAS, P. L.; BLANCANGAUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY; 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, pp 157-170, 2000.

GAUDARD, D. M. **A origem do Mercado de Crédito do Carbono.** 2007. Ministério de Minas e Energia, Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/artigos/jartigo.php?segmento=&id_artigo=27> Acesso em: 24 de Maio de 2012.

GENRO JÚNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. **Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação.** Ciência Rural, v.39, pp.65-73, 2009.

GOEDERTE, W. J; OLIVEIRA, S. A. **Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Org). Fertilidade do Solo. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, pp. 991-1017, 2007.

GOUVEIA, N; MESQUITA L. **Mercado de Carbono.** INPI- Instituto Nacional de Propriedade Industrial: Departamento de Patentes e Modelos de Utilidades. Portugal, Lisboa, pp. 5-7, 2011.

GREGORICH, E.; JANZEN, H. **Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter.** In: CARTER, M.; STEWART, B. (Org). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: CRC Press, pp. 167-211, 1996.

GUEDES, E. M. S. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo argiloso e produção de soja em sistemas de manejo, no Município de Paragominas/PA.** Belém, 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

JACKSON, L.E.; CALDERON, K.L.; STEENWERTH, K.M.; SCOW, & ROLSTON, D.E. **Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality.** Geoderma, 114:305-317, 2003.

JONES, J.N.; MOODY, J.E.; SHEAR, G.M. *et al.* **The no-tillage system for com (*Zea mays* L.).** Agronomy Journal, v. 60, pp 17-20, 1968.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; JESUS, C. C.; RENDEIRO, A. C. **Genótipos de milho para plantio em sistema de corte e trituração.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 65). p. 4, 2002.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. **Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto.** Ciência Rural, v. 25, pp.395-398, 1995.

LAL, R R. **World cropland soils as source or sink for atmospheric carbon.** Advances in Agronomy. v. 71, pp. 145-191, 2001.

LAL, R R.. **Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security.** Science, p. 304. 2004.

LAL, R. **Sequestro de carbono pelo solo: incentivos para os agricultores**. Anais do Simpósio sobre Plantio Direto e Meio Ambiente – Sequestro de Carbono e Qualidade da Água. Foz do Iguaçu – PR, 18-20 Maio, pp. 126-135, 2005.

LANDERS, J. N.; FREITAS, P. L. **Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto**. In: Simpósio sobre Economia e Ecologia, Belém, PA. Anais. Belém, p. X – XX, 2002.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, SÁ, E. **Perspectivas e limitações da modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais**. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Tópicos em ciência do solo, Viçosa-MG, v. 5, pp. 181-218, 2007.

LEITE, L. F.; MENDONÇA, SÁ, E; MACHADO, P.; MATOS, E.S. **Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic forest zone, Southeastern Brazil**. Australian Journal of Soil Research, v. 41, n. 4, pp. 717-730, 2003.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G. *et al.* **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. ANDA, São Paulo, p. 115, 2003.

MACHADO, P.L.O. de A.; SILVA, C.A. **Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil**. Nutrient Cycling In Agroecosystems, v. 61, pp.119–130, 2001.

MIGUEZ, JM. **O Brasil e o Protocolo de Quioto**. Cenbio Noticias, v.3, n.8, p3. 2000.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Ministério's Initial National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. National Inventory of Greenhouse Gas Emissions**. Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. 2004.

MUZILLI, O. **Manejo do solo em sistema plantio direto**. In: CASÃO, R.; SIQUEIRA, R (Org). Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, p. 212, 2006.

NEVES, C.M.N.; SILVA M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G.; TOKURA, A.M. **Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 28, n. 5, pp. 1038-1046, 2004.

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. **Balanco do carbono orgânico no solo sob integração lavoura pecuária no sul do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência Solo, v. 32, pp. 2425-2433, 2008.

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, n. 1, p. 59, 2007.

PAVAN, M.A. **Lições de fertilidade do solo**, Londrina: IAPAR, p 47, 1997.

PHILLIPS, S.H. **Introduction to no-tillage**. In: PHILLIPS, R.E.; PHILLIPS, S.H. (Org.). No-tillage agriculture: principles and practices. New York: Was Nostrand Reinhold Company. pp 1-9, 1984.

PIRES, F.R.; SOUSA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. **Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçoso–MG, v. 27; n. 1, pp 121–131, 2003.

PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. **Introdução e histórico**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/plantiodireto/>>. Acesso em: 20 de maio de 2012.

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

RODRIGUES, T E.; GAMA, J. R. F.; OLIVEIRA J. R. C; SILVA, J. L. **Zoneamento Agroecológico do Município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 64,1999.

RODRIGUES, T. T. E.; SILVA, J. L.; OLIVEIRA J.R..C.; GAMA, J.R.F.. **Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental – Documentos, v.162, pp 1-49, 2003.

SÁ, J. C. M. **Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema**, In: Curso sobre Manejo do Solo no Sistema Plantio Direto, 1995, Castro. Anais Castro: Fundação ABC, pp. 9-20, 1995.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. & FONTES, C. Z. **Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, p. 248, 1998.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. de O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro. Planaltina: Embrapa Cerrados**. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3), p. 21, 1999.

SCHROEDER, R. **Carbon storage potential of short rotation tropical tree plantation**. Forest Ecology and Management. v50, pp.31-41. 1992.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S. **Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho (Zea mays L.) no sistema de plantio direto em solo de cerrado**. In: Reunião Brasileira de fertilidade do Solo e Nutrição de plantas, 24, 2001. (Fertibio 2001), Santa Maria, RS. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 3, 2001.

SMITH, P, D; MARTINO, Z. CAI, D. *et al.* **Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation**. In: METZ, B.; DAVIDSON, O.R.; BOSCH, P.R.; DAVE, R.; MEYER, L.A. (Org). Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. , Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 499, 2007.

SMITH, P. **Soil as carbon sinks: the global context**. Soil Use and Management, v. 20, pp. 212- 218, 2004.

TRINDADE, E. F. S. **Atributos físicos-hídricos e matéria orgânica do solo em função de sistemas de uso e manejo da vegetação secundário.** Belém/PA, 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

VELDKAMP, E. **Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation.** Soil Science Society of America Journal, v.58, pp. 175-180, 1994.

VENTURIM, R. T.; BAHIA, V. G. **Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão.** Informe Agropecuário, BH-MG, v. 19,p p. 7-9, 1998.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos.** Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, p. 580, 1991.

WATRIN, O. S. **Levantamento da Vegetação Natural e do Uso da Terra no Município de Paragominas (PA) Utilizando Imagens. TM/LANDSAT,** Belém: Embrapa/CPATU, (Bol. de Pesquisa, 124), p. 40, 1992.